

HERAUSFORDERUNG ZEICHNEN:
SCHWIERIGKEITEN LERNENDER BEI DER KONSTRUKTION
EXTERNER BILDLICHER REPRÄSENTATIONEN
IN BIOLOGISCHEN KONTEXTEN

von
Christian Alexander Scherb
aus Worms

Angenommene Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Naturwissenschaften
Fachbereich 7: Natur- und Umweltwissenschaften
Universität Koblenz-Landau

Berichterstatter:
Prof. Dr. Sandra Nitz, Universität Koblenz-Landau
Prof. Dr. Alexander Kauertz, Universität Koblenz-Landau

Tag der Disputation:
05.12.2022

Danksagung

Ich danke Frau Prof. Dr. Sandra Nitz für die fachliche Betreuung meiner Arbeit und die nicht selbstverständliche Freiheit in Forschung und Lehre während der letzten Jahre. Mein Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. Alexander Kauertz für die Begutachtung dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich mich bei meinen Kolleginnen und Kollegen sowie den wissenschaftlichen Hilfskräften für die vielen anregenden Gespräche während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Universität Koblenz-Landau bedanken.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Teilnehmerinnen und Teilnehmern sowie den involvierten Lehrkräften, ohne deren Bereitschaft eine solche Studie nicht möglich gewesen wäre, sowie bei der Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion des Landes Rheinland-Pfalz für die Genehmigung der Studiendurchführung.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die den wohl größten Anteil daran hatten, dass mich mein bisheriger Bildungsweg bis zur Promotion geführt hat. Auch möchte ich mich bei meinen Freunden für ihre Unterstützung auf vielen Ebenen bedanken.

Inhaltsverzeichnis

I ZUSAMMENFASSUNG	1
II THEORETISCHE RAHMUNG.....	3
1. EINLEITUNG	4
2. REPRÄSENTATIONEN IN DEN NATURWISSENSCHAFTEN.....	7
2.1 SCIENTIFIC LITERACY	7
2.2 REPRÄSENTATIONSKOMPETENZ.....	8
2.3 REPRÄSENTATIONSBEGRIFF, DIFFERENZIERUNG UND SYSTEMATISIERUNG	11
2.4 UNTERSCHIEDE ZWISCHEN DESKRIPTIONALEN UND DEPIKTIONALEN REPRÄSENTATIONEN	13
3. ZEICHNEN IN BIOLOGISCHEN KONTEXTEN	16
3.1 DEFINITION DES ZEICHNEN-BEGRIFFS UND TYPOLOGIE.....	16
3.2 BEDEUTSAMKEIT DES ZEICHNENS.....	19
3.3 KOGNITIONSPSYCHOLOGISCHE GRUNDLAGEN.....	23
3.4 ZEICHNEN AUF GRUNDLAGE VON TEXTEN	27
3.4.1 Generatives Lernen.....	28
3.4.2 Drawing.....	29
3.4.3 Cognitive Model of Drawing Construction.....	32
3.4.4 Mapping	35
3.4.5 Konstruktion von Ablaufdiagrammen auf Grundlage von Texten	36
3.5 ZEICHNEN AUF GRUNDLAGE DER BEOBACHTUNG VON OBJEKTEN	39
3.5.1 Relevanz und Anwendungsbereiche.....	40
3.5.2 Modell zum Zeichnen von Objekten	42
3.5.3 Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen auf Grundlage der Beobachtung von Objekten	44
3.6 ZEICHENPROZESS.....	48
3.7 SCHWIERIGKEITEN UND FEHLER	54
III EMPIRISCHER TEIL.....	60
4. ZIELE, FORSCHUNGSFRAGEN UND OPERATIONALISIERUNG	61

4.1 UNTERSUCHUNGSZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN	61
4.2 ÜBERBLICK ZUR OPERATIONALISIERUNG.....	66
5. ERHEBUNGSINSTRUMENTE UND -METHODEN	69
5.1 MATERIALENTWICKLUNG: ABLAUFDIAGRAMME.....	69
5.1.1 Übersicht über die Kontexte	69
5.1.2 Begründung der Kontexte.....	70
5.1.3 Leitlinien der Kontextwahl und der Textgestaltung	72
5.1.4 Konzeption der Aufgabenstellungen.....	75
5.2 MATERIALENTWICKLUNG: MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNGEN	76
5.2.1 Maßnahmen der Standardisierung für den Umgang mit dem Mikroskop	76
5.2.2 Auswahlprozess geeigneter Präparate	77
5.2.3 Begründung der verwendeten Präparate	79
5.2.4 Leitlinien der Textgestaltung	80
5.2.5 Konzeption der Aufgabenstellungen.....	82
5.3 METHODE DES LAUTEN DENKENS.....	84
5.3.1 Erkenntniswert und Begründung der Methode.....	84
5.3.2 Warm-up.....	86
5.3.3 Anwendung.....	87
5.4 LESEGESCHWINDIGKEITS- UND -VERSTÄNDNISTEST	88
5.5 ERFASSUNG FACHLICHER UND ZEICHNERISCHER VORERFAHRUNG.....	89
5.5.1 Interviewfragen	90
5.5.2 Zeichnen-Test.....	91
5.6 VERSTÄNDNISFRAGEN ZUM KONTEXT	92
5.7 SELBSTEINSCHÄTZUNG UND REFLEXION.....	93
5.7.1 Selbsteinschätzung.....	93
5.7.2 Mündliche Reflexionsfragen	95
5.8 ERGÄNZEND ERHOBENE MERKMALE	96
5.9 UNTERSUCHUNGSDESIGN	98
5.9.1 Überblick über das Untersuchungsdesign.....	98
5.9.2 Beschreibung des Untersuchungsablaufs	99
5.9.3 Entwicklung und Konzeption des Studienbegleitmaterials.....	101

5.10 TECHNISCHE REALISIERUNG DER STUDIENDURCHFÜHRUNG	103
5.10.1 Bestimmung des technischen Rahmens.....	104
5.10.2 Beschreibung der technischen Realisierung.....	105
6. STICHPROBE UND ZUGANG ZUM FELD.....	108
6.1 FESTLEGUNG DER ALTERSGRUPPE	108
6.2 VERFAHREN DER STICHPROBENZIEHUNG UND BESCHREIBUNG DER STICHPROBE	108
7. DATENAUFBEREITUNG, -AUSWERTUNG UND -ANALYSE.....	113
7.1 ÜBERBLICK	113
7.2 AUSWERTUNG DER LGVT-TESTHEFTE	115
7.3 TRANSKRIPTION DER AUDIOAUFZEICHNUNGEN	116
7.4 KRITERIENGELEITETE BEURTEILUNG DER ZEICHNUNGEN	119
7.4.1 Kriterien zur Beurteilung der Ablaufdiagramme	119
7.4.2 Kriterien zur Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen	120
7.4.3 Beurteilungsskala	122
7.5 AUSWERTUNG DER FACHLICHEN UND ZEICHNERISCHEN VORERFAHRUNG.....	123
7.5.1 Auswertung der Interviewfragen zur fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung	123
7.5.2 Auswertung der Zeichnen-Tests.....	125
7.6 AUSWERTUNG DER ABLAUFDIAGRAMME UND DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN.....	126
7.7 AUSWERTUNG DES LAUTEN DENKENS.....	127
7.8 AUSWERTUNG DER KONTEXTBEZOGENEN VERSTÄNDNISFRAGEN.....	128
7.9 AUSWERTUNG DER SELBSTEINSCHÄTZUNG UND DER MÜNDLICHEN REFLEXIONSFRAGEN	129
7.10 BERECHNUNG DER LEISTUNG	130
7.11 ERSTELLUNG VON SCHÜLERPROFILIEN	132
7.12 KATEGORIENSYSTEME ZU SCHWIERIGKEITEN	132
7.12.1 Auswahl einer geeigneten qualitativen Analysetechnik.....	132
7.12.2 Ablauf der inhaltlichen Strukturierung.....	135
7.12.3 Bezug der Kategorien zu Modellen und Theorien	143
7.13 KATEGORIENSYSTEME ZU TÄTIGKEITEN	154
7.13.1 Erkenntniswert und Vorbemerkungen	154

7.13.2 Entwicklung der Kategoriensysteme	155
7.13.3 Bezug der Kategorien zu Modellen und Theorien	159
7.13.4 Auswertung und Visualisierung der Tätigkeitsabfolge.....	164
7.13.5 Variablen der Tätigkeitsanalyse.....	167
7.13.6 Auswertung und Visualisierung der Prozessstruktur	170
7.14 TYPENBILDUNG.....	173
7.14.1 Verfahren der Typenbildung im Überblick.....	174
7.14.2 Prämissen für eine sinnstiftende Typisierung.....	176
7.14.3 Bezug der Typisierungen zu Modellen und Theorien.....	176
8. SICHERUNG GUTER WISSENSCHAFTLICHER PRAXIS	179
8.1 BEHÖRDLICHE GENEHMIGUNG DER STUDIE	179
8.2 MAßNAHMEN DER QUALITÄTSSICHERUNG	179
8.3 INHALTSANALYTISCHE GÜTEKRITERIEN	185
8.4 ERMITTLUNG DER ÜBEREINSTIMMUNG ZWISCHEN BEURTEILENDEN IN UNTERSCHIEDLICHEN BEURTEILUNGSSITUATIONEN	189
9. ERGEBNISSE	191
9.1 TÄTIGKEITEN WÄHREND DES ZEICHENPROZESSES	191
9.1.1 Tätigkeiten während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen.....	192
9.1.2 Tätigkeiten während der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen.....	194
9.2 SCHWIERIGKEITEN BEI DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN	196
9.2.1 Attentive Schwierigkeiten.....	198
9.2.2 Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler	204
9.2.3 Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen	208
9.2.4 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis.....	213
9.2.5 Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung	217
9.2.6 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen.....	219
9.2.7 Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage	222
9.3 SCHWIERIGKEITEN BEI DER KONSTRUKTION VON MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN	236
9.3.1 Attentive Schwierigkeiten.....	238
9.3.2 Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler	242
9.3.3 Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen	245

9.3.4 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis.....	255
9.3.5 Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung.....	264
9.3.6 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen.....	265
9.3.7 Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung.....	269
9.4 FALLVERGLEICH UND TYPENBILDUNG.....	275
9.4.1 Typen zur Konstruktion von Ablaufdiagrammen	275
9.4.2 Typen zur Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen	282
9.5 FALLBESCHREIBUNGEN	289
9.5.1 Laura – S7A (Typ I, Ablaufdiagramm)	290
9.5.2 Lisa – S8B (Typ II, Ablaufdiagramm)	297
9.5.3 Klara – S10.1A (Typ III, Ablaufdiagramm)	303
9.5.4 Carolin – S10.1C (Typ I, Mikroskopische Zeichnung).....	308
9.5.5 Hannah – S10.2A (Typ II, Mikroskopische Zeichnung).....	313
9.5.6 Jonas – S7D (Typ III, Mikroskopische Zeichnung)	319
9.6 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE.....	324
10. DISKUSSION.....	331
10.1 TÄTIGKEITEN IM ZEICHENPROZESS.....	331
10.2 SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER IM ZUSAMMENHANG MIT DEM ZEICHNEN	336
10.3 SCHÜLERTYPEN.....	343
10.4 LIMITATIONEN DER STUDIE.....	353
10.4.1 Methodische Limitationen	353
10.4.2 Inhaltliche Limitationen.....	356
10.5 IMPLIKATIONEN DER STUDIE.....	361
10.5.1 Wissenschaftliche Implikationen.....	361
10.5.2 Implikationen für die Lehrerbildung und die Unterrichtspraxis.....	364
11. FAZIT.....	370
LITERATURVERZEICHNIS	373
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	394
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	395
TABELLENVERZEICHNIS	400

ANHANG	405
ANHANG 1: MATERIALIEN UND ERWARTUNGSHORIZONTE ZU DEN KONTEXTEN DER ABLAUFDIAGRAMME	406
Anhang 1.1: Kontext 7 - Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder	407
Anhang 1.2: Kontext 8 – Kohlenstoffkreislauf.....	409
Anhang 1.3: Kontext 10.1 – Herz-Kreislauf-Erkrankungen	411
Anhang 1.4: Kontext 10.2 – Schilddrüse und hormonelle Regulation.....	413
ANHANG 2: MATERIALIEN UND ERWARTUNGSHORIZONTE ZU DEN KONTEXTEN DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN.....	415
Anhang 2.1: Kontext 7 – Zellen des Wassernetzes.....	416
Anhang 2.2: Kontext 8 – Amöbe	418
Anhang 2.3: Kontext 10.1 – Zellen des Laubmoosblättchens.....	420
Anhang 2.4: Kontext 10.2 – Epidermis der Tulpe.....	422
ANHANG 3: ERWARTUNGSHORIZONT ZUM ZEICHNEN-TEST.....	424
ANHANG 4: EXEMPLARISCHES MANUAL	425
ANHANG 5: EXEMPLARISCHES AUFGABENHEFT	436
ANHANG 6: TRANSKRIPTE	455
Anhang 6.1: Kontext 7.....	456
Anhang 6.2: Kontext 8.....	482
Anhang 6.3: Kontext 10.1	511
Anhang 6.4: Kontext 10.2	530
ANHANG 7: SCHÜLERPROFILE.....	546
Anhang 7.1: Ablaufdiagramme, Kontext 7	547
Anhang 7.2: Ablaufdiagramme, Kontext 8	565
Anhang 7.3: Ablaufdiagramme, Kontext 10.1.....	586
Anhang 7.4: Ablaufdiagramme, Kontext 10.2.....	598
Anhang 7.5: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 7	610
Anhang 7.6: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 8	630
Anhang 7.7: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 10.1	655
Anhang 7.8: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 10.2.....	669
ANHANG 8: KODIERLEITFÄDEN UND -MANUALS.....	682
Anhang 8.1: Kodierleitfaden/-manual für Schwierigkeiten/Fehler: Ablaufdiagramme	682

Anhang 8.2: Kodierleitfaden/-manual für Schwierigkeiten/Fehler: Mikroskopische Zeichnungen	689
Anhang 8.3: Kodierleitfaden/-manual für Schülertätigkeiten: Ablaufdiagramme	696
Anhang 8.4: Kodierleitfaden/-manual für Schülertätigkeiten: Mikroskopische Zeichnungen	700
Anhang 8.5: Ausführliche Darstellung der Visualisierung der Prozessstruktur	704
ANHANG 9: TEST- UND PHASENBEZOGENE AUSWERTUNGEN	707
Anhang 9.1: Dauer der Untersuchungsphasen	708
Anhang 9.2: Auswertung des LGVT	709
Anhang 9.3: Vorerfahrungen mit dem Kontext und mit Ablaufdiagrammen	710
Anhang 9.4: Beurteilung der Zeichnungen des Zeichnen-Tests	712
Anhang 9.5: Beurteilung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen	715
Anhang 9.6: Schülertätigkeiten bei Ablaufdiagrammen	719
Anhang 9.7: Schülertätigkeiten bei mikroskopischen Zeichnungen	725
Anhang 9.8: Vorgehen beim Lesen der Textgrundlage	732
Anhang 9.9: Selbsteinschätzung	734
Anhang 9.10: Kontextbezogenes Verständnis	735
Anhang 9.11: Leistungen der Schülerinnen und Schüler	736
Anhang 9.12: Auswertung des Anteils deskriptional, depiktional oder hybrid dargestellter Elemente	738
ANHANG 10: FALLBESCHREIBUNGEN	739
Anhang 10.1 Laura – S7A	740
Anhang 10.2 Isabelle – S7B	747
Anhang 10.3 Nathalie – S7C	758
Anhang 10.4 Jonas – S7D	767
Anhang 10.5 Florian – S7E	772
Anhang 10.6 Mara – S7F	783
Anhang 10.7 Sara – S8A	794
Anhang 10.8 Lisa – S8B	802
Anhang 10.9 Nora – S8C	808
Anhang 10.10 Johanna – S8D	818
Anhang 10.11 Sophia – S8E	826
Anhang 10.12 Emma – S8F	836
Anhang 10.13 Ben – S8G	845
Anhang 10.14 Klara – S10.1A	855
Anhang 10.15 Paul – S10.1B	861
Anhang 10.16 Carolin – S10.1C	871
Anhang 10.17 Leah – S10.1D	876

Inhaltsverzeichnis

Anhang 10.18 Hannah – S10.2A	886
Anhang 10.19 Melinda – S10.2B.....	891
Anhang 10.20 Victoria – S10.2C.....	901
Anhang 10.21 Pablo – S10.2D.....	910
LEBENSLAUF.....	919

I Zusammenfassung

In der Biologie stellt das Zeichnen eine zentrale Arbeitstechnik dar. Viele Studien konnten auf einen positiven Effekt des Zeichnens für bestimmte Situationen hinweisen. Schülerinnen und Schüler müssen diese Technik jedoch zunächst erlernen. Hierbei können zahlreiche Schwierigkeiten auftreten, die die inhaltliche Auseinandersetzung gefährden. Jedoch wurden sowohl Schwierigkeiten im Umgang mit unterschiedlichen Repräsentationsformen als auch der Zeichenprozess bislang nur lückenhaft untersucht. Die Studie dieser Arbeit hat daher zum Ziel, (I) den Zeichenprozess auf der Ebene der Sichtstruktur zu beschreiben, (II) die manifesten Schwierigkeiten von Lernenden zu erfassen, auf die sie während der Konstruktion biologisch bedeutsamer Repräsentationsformen (Ablaufdiagramme, mikroskopische Zeichnungen) treffen, (III) und auf Grundlage der empirischen Befunde Schülertypen abzuleiten. Vor diesem Hintergrund waren 21 Schülerinnen und Schüler angehalten, jeweils ein Ablaufdiagramm auf Grundlage eines Texts und eine mikroskopische Zeichnung auf Grundlage eines Präparats zu konstruieren und dabei laut zu denken. Fragen zur Vorerfahrung sowie retrospektiv gestellte Fragen zum Vorgehen der Teilnehmenden umrahmten den videografisch dokumentierten Prozess. Die Ergebnisse zeigen, dass der Zeichenprozess mehr als zehn unterschiedliche Tätigkeiten umfassen kann, wobei die Kerntätigkeit des Zeichnens durchschnittlich nur rund ein Drittel des Prozesses ausmacht. Die Prozessstruktur zwischen Fällen variiert erheblich. Weiterhin konnten etwa 30 Schwierigkeiten bzw. Fehler identifiziert werden, die während der Konstruktion beider Repräsentationsformen auftreten. Diese können dabei sowohl einzelne als auch mehrere Tätigkeiten betreffen und zu Tätigkeitsabbrüchen führen. Schwierigkeiten stehen häufig in Verbindung mit Tätigkeiten, die außerhalb der Kerntätigkeit des Zeichnens liegen (z. B. Abgleich mit der Textgrundlage). Bezogen auf Ablaufdiagramme stellt das Verhältnis depiktional bzw. deskriptional dargestellter Textinformationen den Ausgangspunkt der Typisierung dar: Typ I: realistisch abbildend, II: alternierend abbildend und III: schriftorientiert abbildend. Für mikroskopische Zeichnungen war die Häufigkeit des Abgleichs mit dem Objekt grundlegend für die Typisierung: Typ I: oberflächlich abbildend, II: objektorientiert abbildend und III: undifferenziert detailliert abbildend. Die Studie liefert erstmals Kategoriensysteme, die es erlauben, die Prozessstruktur des Zeichnens sichtbar und zwischen Fällen vergleichbar zu machen sowie schwierigkeitsbezogenes Grundlagenwissen zur Konstruktion von Zeichnungen, basierend auf Texten und Beobachtungen. Die Übertragbarkeit der Befunde auf andere Repräsentationsformen ist an vielen Stellen denkbar. Die theoretisch fundierte Systematisierung von Schwierigkeiten kann von weiterführenden Untersuchungsansätzen aufgegriffen werden und erlaubt die Verortung situationsangemessener Unterstützungsmaßnahmen.

Abstract

In biology, drawing represents a central method for learning. Many studies indicate a positive effect of drawing for certain situations. But first, students must learn to draw properly. While drawing, numerous difficulties can arise, which limit the benefits of this method. However, neither difficulties in dealing with different forms of representations nor the drawing process have been researched extensively yet. This study therefore aims to (I) describe the drawing process at the level of visual structure, (II) identify difficulties learners encounter during the construction of representations that are relevant to biology (diagrams depicting processes, drawings of microscope observations), (III) and derive learner types based on these empirical findings. Therefore, while thinking aloud, 21 students were asked to construct two drawings: a diagram that depicted a biological process (based on a text) and a drawing of a microscope observation. Questions regarding prior knowledge as well as retrospective questions about the participants' approach were embedded in the video recorded process. The results show that the drawing process can include more than ten different types of activities, whereby the core activity of drawing only accounts for about one third of the process on average. The drawing process varied considerably between the participants. Furthermore, about 30 difficulties were identified during the construction of both kinds of representations. Difficulties can affect single activities as well as multiple activities and can lead to interruptions in drawing or other activities. Difficulties are often associated with activities outside the core activity of drawing (e.g., comparison with the text base). Regarding diagrams depicting processes, information depicted as pictures or texts could be typified as: type I: depicting as pictures, II: hybrid depicting, and III: text oriented description. Regarding drawings of microscope observations, the number of times the drawing was compared to the microscopic object was fundamental to the typification: type I: shallowly depicting, II: object-oriented depicting, and III: meticulously depicting. This study provides, for the first time, categorization of difficulties that allows the process of drawing to be made visible and comparable between cases. It also provides foundational knowledge about difficulties related to the construction of drawings based on texts and observations. It is likely that the study results are transferable to other forms of representations. The theoretically based categorization of difficulties can be used for subsequent research approaches and will allow the identification of suitable strategies that can support learning through drawing in biology.

II Theoretische Rahmung

1. Einleitung

Zeichnungen werden von Menschen schon seit mehr als 40.000 Jahren angefertigt (Brumm et al., 2021; Lorblanchet, 2001). Auch sind sie in der Wissenschaft (vgl. z. B. Honomichl et al., 2013) seit der Antike ein unverzichtbares Hilfsmittel und erst der Buchdruck erlaubte die vereinfachte Vervielfältigung (Robin, 1992). Frühe historisch bedeutsame biologische Darstellungen stammen beispielsweise von Leonardo da Vinci, der zahlreiche anatomische Studien anfertigte oder von Georg Dionysius Ehret, der eine Vielzahl von Pflanzen und deren morphologische Merkmale zu verschiedenen Taxa von Carl von Linné abbildete (Blunt & Stearn, 1994; Hentschel, 2014; Saunders, 1988; Zöllner & Nathan, 2021). Im Zeitalter der Digitalisierung ist die Anfertigung von eigenen Zeichnungen dennoch nicht obsolet geworden und kommt in vielen Disziplinen zum Einsatz (z. B. Rathnam, 2018; Roam, 2008; Tornincasa, 2021). Speziell in den Naturwissenschaften ist das Zeichnen neben dem Schreiben und Lesen für Lehrende und Lernende noch immer unverzichtbar (Katz, 2017), auch wenn neben Stift und Papier vermehrt digital gezeichnet wird (Ainsworth & Scheiter, 2021). Bereits bei kleinen Kindern gehört das Zeichnen verschiedenster Objekte und Vorstellungen auf und in unterschiedlichen Medien zum natürlichen Ausdrucksvermögen (Anning, 1999; Brooks, 2009; van Sommers, 2009). Auch in Schulbüchern machen Zeichnungen einen Großteil der Abbildungen aus und sind Gegenstand von Aufgabenstellungen (Brandstetter-Korinth, 2016; Brunner, 2018; Hannemann, 2018). Zusammenfassend stellt das Zeichnen eine Kulturtechnik dar, die in vielerlei Hinsicht relevant für den Biologieunterricht ist und auch allgemeine Bildungsziele verfolgt (Retzlaff-Fürst, 2020, S. 317). Weiterführend liefert das Konzept der scientific literacy (2.1) Antworten darauf, welche Relevanz diese Arbeitstechnik für Lernende in naturwissenschaftlichen Zusammenhängen haben sollte. So sind aus der international geführten Diskussion über dieses Konzept verschiedenste Dimensionen hervorgegangen, die als Voraussetzungen für die ganzheitliche Partizipation eines Individuums am gesellschaftlichen Diskurs angesehen werden (Fischler et al., 2018; Roberts, 2007). Ein fundamentales Ziel besteht beispielsweise darin, Lernende zum Umgang mit naturwissenschaftlicher Sprache zu befähigen (Yore et al., 2007). Das erweiterte naturwissenschaftliche Sprachverständnis schließt den adäquaten Umgang mit verschiedensten Darstellungsformen, sogenannten externen Repräsentationen (2.2, 2.3), ein (Nitz, 2016). So müssen Lernende beispielsweise in der Lage sein, externe Repräsentationen zu interpretieren, zu konstruieren oder ineinander zu überführen (en.: translate) (Nitz, 2012; 2.2). Zeichnen als Arbeitstechnik des Biologieunterrichts (vgl. Mayer; 3.1) ist sowohl der

Teilkompetenz der Konstruktion als auch der der Translation zuzuordnen (Ainsworth, 1999; van Meter & Garner, 2005).¹

Ferner kann das Zeichnen auch aus anderen Blickwinkeln als wertvolle Fähigkeit angesehen werden. Aus normativer Fachperspektive verweisen nationale und internationale curriculare Steuerungsdokumente explizit auf die Anfertigung von Zeichnungen in vielfältigen biologischen Kontexten (z. B. KMK, 2005; MfBWJK, 2010). Aus unterrichtspraktischer bzw. erfahrungsbasierter Perspektive werden von Lehrkräften zahlreiche Gründe für den gezielten Einsatz des Zeichnens im Unterricht angeführt (z. B. Dokumentation von Wissen; Scherb & Nitz, 2020). Aus empirischer Perspektive wurde während der letzten Jahre vor allem das Potential des Zeichnens als Lernstrategie (3.2, 3.4) und Promotor zur aktiven Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten untersucht (Stieff, 2017). Diese Studien beschränkten sich vor allem auf das Zeichnen auf Grundlage von Texten. Deutlich weniger empirische Untersuchungen lassen sich für andere Formen des Zeichnens finden, wie z. B. für das auf Beobachtungen basierende Zeichnen (3.5), dem vor dem Hintergrund des makroskopischen und mikroskopischen Formenschatzes der Biologie eine hohe Bedeutung zukommt (vgl. Lerner, 2007; Leslie, 2021; Weiss, 2021). Darüber hinaus konnten mehrere Studien zeigen, dass Zeichnen eine kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit darstellt und im Zeichenprozess (3.6) auftretende Schwierigkeiten (3.7) das Lernen auf Grund der limitierten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (3.3) beeinträchtigen können (Colliot & Jamet, 2018, 2019; Fiorella & Zhang, 2018; Leutner & Schmeck, 2014, 2022; Stull & Mayer, 2007; van Meter & Firetto, 2013). Während unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen erprobt wurden, die die unerwünschte kognitive Belastung reduzieren (z. B. van Meter et al., 2006), erfolgte eine Untersuchung der Schwierigkeiten, auf die Lernende treffen, nur vereinzelt (z. B. Lachmayer et al., 2007 für Liniendiagramme, Jiménez-Aleixandra et al., 1999 für technische Schwierigkeiten im Umgang mit dem Mikroskop). Des Weiteren wurde der Zeichenprozess im Gegensatz zu anderen relevanten Prozessen des naturwissenschaftlichen Unterrichts, wie z. B. das Experimentieren (vgl. Arndt, 2016; Kambach, 2018), bislang nur fragmentarisch untersucht. So beschränkte sich beispielsweise die Studie von van Meter (2001) nur auf die Selbstregulation von Lernenden (z. B. Stellen einer Frage) und die von Scott und Dreher (2016) ausschließlich auf Denkprozesse während des Zeichnens (z. B. Begründungen von

¹ Die Teilkompetenz der Konstruktion und die der Translation schließen grundsätzlich mehr als nur das Zeichnen ein, nämlich beispielsweise auch das Erstellen einer schriftlichen Zusammenfassung oder einer Collage (3). Vor diesem Hintergrund stellt das Zeichnen einen Ausschnitt zuvor genannter Teilkompetenzen dar. Darüber hinaus sei darauf hingewiesen, dass Zeichnungen in Abgrenzung zu linearen Texten und nicht-bildlichen Darstellungsformen auch als externe *bildliche* Repräsentationen bezeichnet werden können (2.3, 2.4), da sie stets bildliche Eigenschaften aufweisen (z. B. Pfeile in meist textlastigen Ablaufdiagrammen). Zugleich macht das zuvor genannte Beispiel einer Collage deutlich, dass nicht alle externe bildliche Repräsentationen zugleich Zeichnungen darstellen (3).

Lernenden für eine gewählte Darstellungsform). Eine Kategorisierung, die es erlaubt, den Zeichenprozess auf der Ebene der Sichtstruktur lückenlos zu beschreiben und dahingehend zwischen Fällen oder Gruppen vergleichbar zu machen, liegt bislang nicht vor.

Die Studie dieser Arbeit hat daher zum Ziel, (I) den Zeichenprozess anhand der Sichtstruktur, wie ihn auch Lehrkräfte im Unterricht wahrnehmen können, zu beschreiben, (II) die Schwierigkeiten im Umgang mit zwei für den Biologieunterricht relevanten externen bildlichen Repräsentationsformen (Ablaufdiagramme, mikroskopische Zeichnungen) zu untersuchen und (III) auf dieser Basis Schülertypen zu identifizieren (4.1).

2. Repräsentationen in den Naturwissenschaften

In diesem Kapitel wird zunächst das Konzept der scientific literacy geklärt, da dieses normativ gesetzt und grundlegend für den Umgang mit fachspezifischen Repräsentationen ist (2.1). Daran anschließend werden unterschiedliche Kompetenzen zum Umgang mit Repräsentationen benannt (2.2) sowie der Repräsentationsbegriff näher betrachtet und eine Systematisierung von externen bildlichen Repräsentationen vorgestellt (2.3). Abschließend werden die Unterschiede zwischen deskriptionalen und depiktionalen Repräsentationsformen erläutert (2.4).

2.1 Scientific Literacy

Der Begriff der scientific literacy entstammt dem englischen Sprachraum und war bzw. ist ebenso wie das Konzept der (naturwissenschaftlichen Grund-)Bildung einem kontinuierlichen Wandel unterlegen (Fischler et al., 2018; Gräber & Nentwig, 2002). Beide Begriffe werden in der Literatur teilweise synonym verwendet (Münsche, 2009), obwohl sich hinsichtlich der Rolle der Lernenden wesentliche Unterschiede ausmachen lassen, beispielsweise hinsichtlich der Selbstbestimmung des Individuums bei der Auseinandersetzung mit den naturwissenschaftlichen Zusammenhängen (Fischler et al., 2018; Sjöström & Eilks, 2017). Der Erwerb von scientific literacy steht für das Erlangen eines Grundverständnisses der Naturwissenschaften, das über disziplinspezifisches Wissen hinausgeht (Norris & Phillips, 2003). Die OECD (2019, S. 100) definierte scientific literacy zuletzt als Fähigkeit, sich als mündige Bürgerin bzw. als mündiger Bürger mit naturwissenschaftlichen Fragen und wissenschaftlichen Ideen auseinanderzusetzen.¹ Ein Konsens zu den konkreten Inhalten der scientific literacy scheint bislang nicht gefunden (Daniel et al., 2018). Auf Grund der überwiegenden Verknüpfung empirischer Studien mit der scientific literacy (Fischler et al., 2018; Tang & Danielsson, 2018) wird sich nachfolgend auf dieses Konzept anstatt auf den Bildungsbegriff bezogen.

Tabelle 2.1 zeigt einen häufig rezitierten Vorschlag zur Gliederung der inhaltlichen Dimensionen der scientific literacy nach Yore et al. (2007). Dabei wird zwischen der fundamental sense und der derived sense unterschieden. Die derived sense umfasst das Verständnis der wesentlichen Inhalte einer Bezugsdisziplin, ein epistemologisches Verständnis dieser sowie deren Rolle im Spannungsfeld aus Wissenschaft, Technologie, Gesellschaft und Umwelt (Yore, 2012). Dahingegen umfasst die fundamental sense im Wesentlichen die Fähigkeiten, die ein Individuum benötigt, um innerhalb einer Bezugsdisziplin einen Diskurs zu verstehen

¹ Im Original: „Scientific literacy is the ability to engage with science-related issues, and with the ideas of science, as a reflective citizen.“ (OECD, 2019, S. 100).

und zu führen, um letztendlich an einer gesellschaftlichen Debatte teilhaben zu können (Yore et al., 2007, S. 571). Dabei kommt der Biologie innerhalb des naturwissenschaftlichen Unterrichts durch ihre Stellung als „Brückenfach“ (Kattmann, 2020b, S. 144) zwischen Natur- und Sozialwissenschaften eine besondere Bedeutung zu (Kattmann, 2020a).

Tabelle 2.1 Inhaltliche Dimensionen der scientific literacy nach Yore et al. (2007, S. 568), eigene Übersetzung

Fundamental sense	Derived sense
Kognitive und metakognitive Fähigkeiten	Verständnis der großen Ideen und verbindenden Konzepte der Wissenschaft
Kritisches Denken, nachvollziehbares Argumentieren	Natur der Naturwissenschaften (en.: Nature of Science)
Denkgewohnheiten (en.: Habits of mind)	Wissenschaftliche Untersuchung
Naturwissenschaftliche Sprache (inklusive mathematische Sprache)	Technologisches Design
Informations- und Kommunikationstechnologien	Beziehungen zwischen Wissenschaft, Technologie, Gesellschaft und Umwelt

Ein fundamentales Ziel besteht darin, Lernende zum angemessenen Umgang mit naturwissenschaftlicher Sprache zu befähigen (Yore et al., 2007). Im Gegensatz zum linguistischen Sprachverständnis ist das naturwissenschaftliche Verständnis von Sprache damit breiter (Bezemer & Kress, 2016; Lemke, 1998; Nerdel, 2017; Nitz, 2016; Tytler et al., 2022; Yore, 2018; Yore & Hand, 2010). Der Umgang mit naturwissenschaftlicher Sprache umfasst nach Yore (2012) die Bereiche Reden und Zuhören, Schreiben und Lesen sowie Repräsentieren und Interpretieren. Hierbei spielt der adäquate Umgang mit Repräsentationen eine entscheidende Rolle. Nachfolgend werden die Anforderungen an Lernende näher spezifiziert sowie die assoziierten Teilkompetenzen vorgestellt, deren Erwerb wiederum fester Bestandteil der scientific literacy ist (Lemke, 2004; Yore & Hand, 2010).

2.2 Repräsentationskompetenz

Nach einer häufig zitierten Definition von Weinert (2001, S. 27) sind Kompetenzen „die bei Individuen verfügbaren oder durch sie erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, um bestimmte Probleme zu lösen, sowie die damit verbundenen motivationalen, volitionalen und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, um die Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können“. Da der Umgang mit externen Repräsentationen jeweils spezifische Anforderungen mit sich bringt, wurden verschiedene Teilkompetenzen zum Umgang mit diesen diskutiert und zum Teil empirisch untersucht: In englischsprachiger Literatur wird häufig auf die meta-representational competence (diSessa, 2004; diSessa & Sherin, 2000) sowie auf die representational competence (Kozma et al., 2000; Kozma & Russell, 1997, 2005) verwiesen. Letztere bezieht sich auf den

Kontext der Chemie. Halverson (2011) hat im Zusammenhang mit Stammbäumen gezeigt, dass eine Übertragung auf biologische Kontexte möglich ist.

Beide Auffassungen zeigen inhaltliche Ähnlichkeiten, wobei die representational competence mehr Teilkompetenzen umfasst als die meta-representational competence. Nitz (2012) hat die Teilkompetenzen der beiden Auffassungen in sechs Kategorien zusammengefasst: Interpretation, Konstruktion, Translation, Vergleich und Kritik, Epistemologie und Funktionsweise sowie Argumentation (Tab. 2.2). Diese Teilkompetenzen müssen weit gedacht werden. Am Beispiel der Konstruktion bedeutet dies, dass sie multiple Fähigkeiten im Umgang mit unterschiedlichen Repräsentationen einschließt z. B. die Anfertigung von Bildern, Diagrammen, Karten, Modellen oder Tabellen (Yore, 2012).

Tabelle 2.2 Fähigkeiten (Kategorien) im Umgang mit Repräsentationen auf Grundlage der representational competence nach Kozma und Russell (1997, 2005) und der meta-representational competence nach diSessa (2004; diSessa & Sherin, 2000), verändert nach Nitz (2012, S. 9)

Kategorie	representational competence	meta-representational competence
Interpretation	Merkmale und Eigenschaften von Repräsentationen identifizieren und beschreiben sowie Repräsentationen nutzen, um Zusammenhänge zu beschreiben	Erläuterung von Repräsentationen
Konstruktion	Angemessene Repräsentation auswählen und/oder konstruieren	Entwicklung und Gestaltung neuer Repräsentationen
Translation	Verschiedene Repräsentationen miteinander verbinden, ineinander überführen und die Beziehung zwischen ihnen erklären	-
Vergleich und Kritik	Aussagekraft verschiedener Repräsentationen vergleichen sowie deren Zweckmäßigkeit beurteilen	Vergleichen und kritisieren der Angemessenheit von Repräsentationen sowie Beurteilung ihrer Eignung für verschiedene Zwecke
Epistemologie und Funktionsweise	Epistemologische Sichtweise einnehmen, dass Repräsentationen mit den Zusammenhängen korrespondieren, aber distinkt von ihnen sind	Verständnis des allgemeinen Nutzens und des Nutzens von Repräsentationen in bestimmten Kontexten sowie der Funktionsweise von Repräsentationen
Argumentation	Repräsentationen und ihre Merkmale als Evidenz nutzen, um im sozialen Diskurs Behauptungen zu unterstützen, Schlussfolgerungen zu ziehen und Vorhersagen zu treffen	-

Anmerkung. Das „-“ Symbol bedeutet, dass es keine entsprechende Teilkompetenz gibt.

Die Entwicklung der zuvor genannten Kompetenzen ist dabei im Wesentlichen von der Quantität und der Qualität der unterrichtlichen Lerngelegenheiten bestimmt (Hubber et al., 2010; Prain & Waldrip, 2006; Tytler et al., 2006; Waldrip et al., 2006; sowie die Beiträge in Eilam & Gilbert, 2014a). Dabei spielt auch die representational competence der Lehrkraft eine wesentliche Rolle (Eilam & Gilbert, 2014b).

In Ergänzung zu den Teilkompetenzen schlagen Kozma und Russell (2005) fünf Stufen vor, auf denen sich Lernende hinsichtlich der representational competence befinden können.

Von der niedrigsten bis zur höchsten Stufe ergibt sich eine Graduierung, die einzelne Entwicklungsschritte auf dem Weg von Novizinnen und Novizen (Stufe 1) zu Expertinnen und Experten (Stufe 5) beschreibt. Vor dem Hintergrund der Pluralität an Kontexten und Repräsentationsformen in den Naturwissenschaften verweisen Kozma und Russell (2005) zugleich auf den möglicherweise kontext- und repräsentationsspezifisch eingeschränkten Geltungsbereich dieser Stufung.

Während der letzten Jahre wurden Modelle entwickelt, die die zu erwerbenden Fähigkeiten im Umgang mit einzelnen Repräsentationsformen näher beschreiben. Für das Lernen biologischer Zusammenhänge durch die Translation zwischen multiplen externen Repräsentationen haben Tsui und Treagust (2013, S. 10) ein dreidimensionales theoretisches Modell (en.: three-dimensional theoretical model or *the cube model* for learning biology with multiple external representations (MERs) through translation) vorgeschlagen (Abb. 2.1).

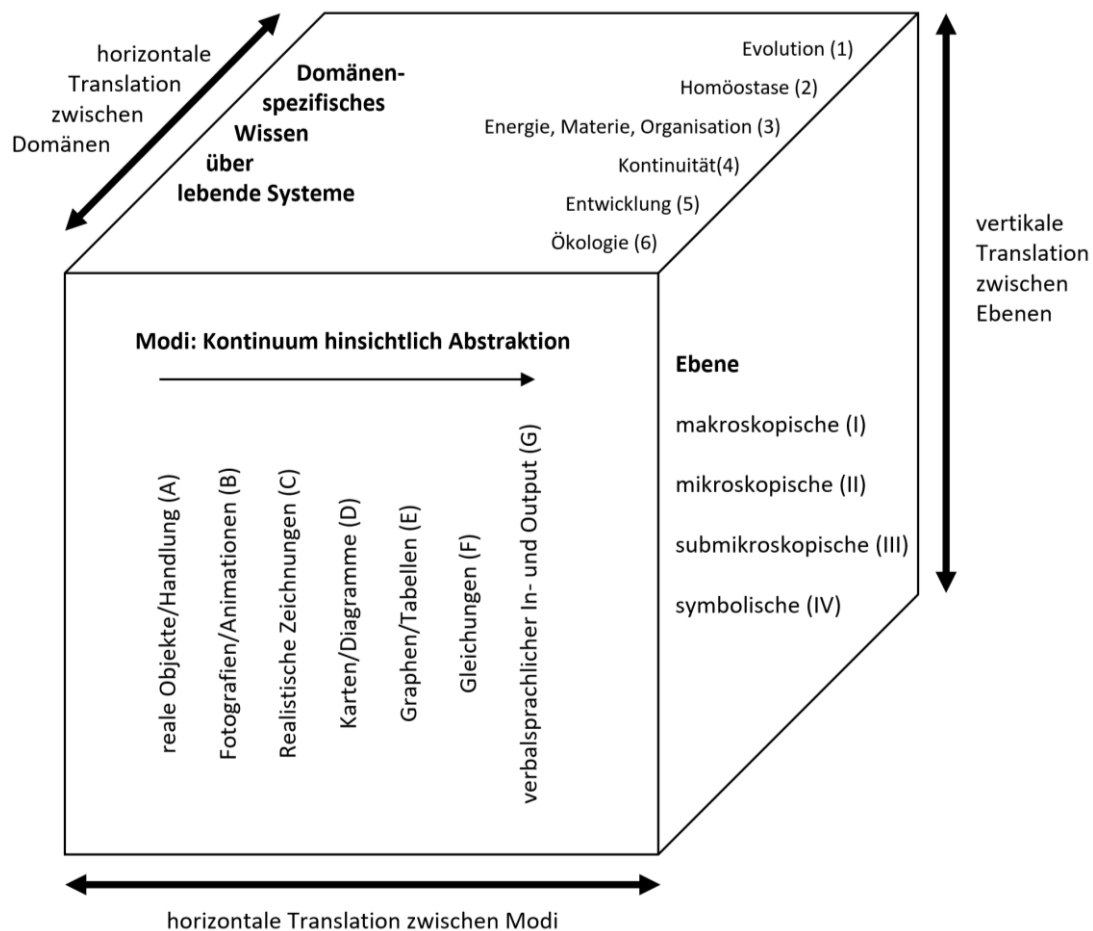


Abbildung 2.1 Dreidimensionales theoretisches Modell oder „the cube model“ für das Lernen biologischer Zusammenhänge durch die Translation zwischen multiplen externen Repräsentationen, verändert nach Tsui und Treagust (2013, S. 10), eigene Übersetzung

Die Dimension des domänenspezifischen Wissens über lebende Systeme umfasst sechs Unterkategorien (1 bis 6 in Abb. 2.1), die aus einem curricularen Steuerungsdokument hervorgehen (vgl. BSCS, 2006). Obwohl die Unterkategorien fachspezifisch für die Biologie sind, greifen sie auf Erkenntnisse anderer Disziplinen, wie z. B. Chemie, Physik und Mathematik, zurück (Tsui & Treagust, 2013). Überschneidungen mit den drei in den Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife beschriebenen Basiskonzepten – Struktur und Funktion, System sowie Entwicklung – lassen sich erkennen (z. B. KMK, 2005). Weiterhin umfasst das Modell vier unterschiedliche Ebenen von Repräsentationen (I bis IV in Abb. 2.1). Die makroskopische, die submikroskopische und die symbolische Ebene sind an die drei Ebenen für den Umgang mit chemischen Zusammenhängen nach Johnstone (1982) angelehnt. Auf Grund der Bedeutsamkeit der zellulären Organisation von Organismen für die Biologie fügten Tsui und Treagust (2013) als vierte Ebene die mikroskopische hinzu. Die letzte Dimension des Modells umfasst die unterschiedlichen Modi für die Darbietung naturwissenschaftlicher Informationen (A bis G in Abb. 2.1). Diese werden abhängig vom Abstraktionsgrad geordnet dargestellt (vgl. Pozzer & Roth, 2003). Nachfolgendes Beispiel zeigt, dass das Modell es erlaubt, Lernprozesse anhand der drei unterschiedlichen Dimensionen zu analysieren: Das Betrachten und Zeichnen eines mikroskopischen Präparats eines Wurzelquerschnittes (II in Abb. 2.1) bezieht sich auf reale Objekte (A in Abb. 2.1). Die resultierende Zeichnung besitzt einen geringen Abstraktionsgrad (C in Abb. 2.1). Diese Unterrichtsmaßnahme trägt zum Erkenntnisgewinn im Bereich der zellulären Organisation (3 in Abb. 2.1) bei. Die erkannten Strukturen können im Unterrichtsgespräch geklärt werden (G in Abb. 2.1). Die Translation kann grundsätzlich in allen drei Dimensionen des Modells erfolgen.

2.3 Repräsentationsbegriff, Differenzierung und Systematisierung

Nachdem die vorausgegangenen Schilderungen die Bedeutsamkeit des adäquaten Umgangs mit Repräsentationen im Zusammenhang mit der (meta-)representational competence hervorhoben, soll nachfolgend der Begriff der Repräsentationen genauer betrachtet werden. So werden verschiedenste Darstellungsformen (z. B. Diagramme, Texte) in Abgrenzung zu internen Repräsentationen (z. B. Mentale Modelle) häufig als externe Repräsentationen bezeichnet (Krey & Schwanewedel, 2018). In der Literatur wird alternativ zur Differenzierung zwischen internen Repräsentationen (en.: internal representations) und externen Repräsentationen (en.: external representations) auch teilweise zwischen internen Visualisierungen (en.: internal visualizations) und externen Visualisierungen (en.: external

visualizations) unterschieden, wobei *intern* mental oder kognitiv meint und *extern* der Welt zugänglich (Gilbert, 2013). Vereinfacht wird häufig nur von Repräsentationen oder Visualisierungen gesprochen ohne die gleichzeitige Nennung von extern oder intern. Externe Repräsentationen können nach Gilbert (2008) dabei unterschiedliche Dimensionen bedienen, nämlich 1D (z. B. Symbol, Gleichung), 2D (z. B. Fotografie, Diagramm, Tabelle) oder 3D (z. B. physisches Modell, Gestik). Sie können weiterhin hinsichtlich der Modalität, die sie originär bedienen, unterschieden werden: bildlich (z. B. Fotografie, Diagramm, Animation), gegenständlich (z. B. plastisches DNA-Modell), gestisch (z. B. Körperbewegung), symbolisch (z. B. mathematische oder chemische Gleichung) oder verbalsprachlich (schriftlicher Text, mündliche Äußerung) (Gilbert, 2008, 2013). In der Literatur finden sich alternative Systemisierungsvorschläge (z. B. Leisen, 2015; Tsui, 2003; Wu & Puntambekar, 2012). Eine trennscharfe Zuordnung von externen Repräsentationen zu einzelnen Kategorien lässt sich in manchen Fällen nur schwer realisieren: So können Ablaufdiagramme beispielsweise als Darstellungsform mit bildlichen und verbalsprachlichen Anteilen angesehen werden.

Der Begriff der Visualisierung (en.: visualization) ist zugleich die Bezeichnung für einen Typ von externen Repräsentationen. Letzterer Auffassung folgend bezeichnen Scheiter et al. (2009, S. 68) Visualisierungen als spezielle Form externer Repräsentationen, die Informationen in visuell-räumlicher Anordnung präsentieren und die im visuellen Verarbeitungssystem weiterverarbeitet werden¹ (3.3). Die vielfältigen Visualisierungsformen von Informationen sind kulturhistorisch gewachsen und in der Welt des 21. Jahrhunderts in Alltag, Schule und Wissenschaft unverzichtbar (Coopmans et al., 2014; Hentschel, 2014; Lynch & Woolgar, 1990; Stapelkamp, 2012). Die Abgrenzung zwischen bildlichen und verbalsprachlichen externen Repräsentationen ist in der englischsprachigen Literatur an zahlreiche Begriffspaare gebunden: „visual vs. textual (or verbal), graphic vs. legible, iconic vs. symbolic, diagrammatic vs. sentential, imagistic vs. verbal code, logocentric vs. iconocentric [...]“ (Hentschel, 2014, S. 28). Wie am vorherigen Beispiel zu Ablaufdiagrammen deutlich gemacht, ist eine eindeutige Abgrenzung zwischen einzelnen externen Repräsentationsformen nicht immer möglich. Im Rahmen dieser Arbeit werden unter externen *bildlichen* Repräsentationen statische Darstellungen verstanden, die in Abgrenzung zu einem Text anteilmäßig bildhafte, grafische bzw. depiktionale Eigenschaften (2.4) aufweisen. Nach diesem Verständnis sind Ablaufdiagramme trotz verbalsprachlicher Elemente den externen bildlichen Repräsentationen zuzuordnen, da sie Pfeile oder Linien zum Veranschaulichen von Relationen umfassen

¹ Im Original: „Visualizations are a specific form of external representation that are intended to communicate information by using a visuo-spatial layout of this information and that are processed in the visual sensory system.“ (Scheiter et al., 2009, S. 68).

(3.4.5). Diese Darstellungsform besitzt somit bildhafte bzw. grafische Eigenschaften, die lineare Texte nicht aufweisen.

Weiterhin wurden in der Literatur ähnliche Begriffe geprägt, wie z. B. bildliche Repräsentation (en.: visual representation) (Ainsworth & Newton, 2014; Eilam & Gilbert, 2014b; Lohse et al., 1994) oder grafische Repräsentation (en.: graphic representation) (Roth et al., 2007; Scott & Dreher, 2016; Stern et al., 2003). Diese beziehen sich in der Regel ebenfalls auf statische, also nicht-dynamische Darstellungen. Letztendlich zielen die zuvor genannten Begriffe auf eine Abgrenzung zu anderen externen Repräsentationsformen, wie z. B. zu rein verbalsprachlichen Repräsentationen, ab.

Zur Unterscheidung zwischen unterschiedlichen externen bildlichen Repräsentationen führt Schnotz (2006) eine häufig zitierte, aber hinsichtlich Breiten- und Tiefenstruktur wenig differenzierte, Systematisierung¹ an. Er unterscheidet drei Bildarten: Realistische Bilder, Analogiebilder und logische Bilder. Zu den realistischen Bildern zählen z. B. Fotografien, Karten, Piktogramme und Zeichnungen (z. B. mikroskopische, 3.5.3). Analogiebilder stellen nicht das Gemeinte, sondern eine Analogie dazu dar, z. B. das Bild eines Luftballons in einer Glasglocke mit Gummimembran als Analogie zur Funktionsweise der Lunge und des Zwerchfells. Logische Bilder wiederum besitzen zwar keine phänotypische Übereinstimmung mit dem Original, aber sie veranschaulichen abstrakte qualitative oder quantitative Merkmale, die in unterschiedlichen Diagrammformen (z. B. Ablaufdiagramme, 3.4.5) abgebildet werden können (Schnotz, 2006). Bilder können als depiktionale Repräsentationen bezeichnet werden und Texte als deskriptionale Repräsentationen (Schnotz, 2002). Zugleich können logische Bilder sowohl deskriptionale als auch depiktionale Eigenschaften aufweisen (z. B. Textbausteine, Pfeile und Umrandungen in einem Ablaufdiagramm). Mit den Unterschieden zwischen diesen beiden grundlegenden Repräsentationsformaten beschäftigt sich das nachfolgende Unterkapitel.

2.4 Unterschiede zwischen deskriptionalen und depiktionalen Repräsentationen

Semiotik ist die Wissenschaft, die sich mit unterschiedlichen Zeichensystemen befasst (D. Chandler, 2022). Deskriptionale Repräsentationen (z. B. Texte, mathematische oder chemische Gleichungen) und depiktionale Repräsentationen (z. B. realistische Bilder, Diagramme) basieren auf unterschiedlichen Zeichensystemen (Schnotz & Bannert, 1999).

¹ Im Vergleich zu beispielsweise Lohse et al. (1994) oder Desnoyers (2011).

Deskriptionale Repräsentationen bestehen aus Symbolen. Diese wurden arbiträr festgelegt, d. h. sie sind durch Konventionen bestimmt, und besitzen in ihrem Erscheinungsbild keine Ähnlichkeit mit dem Gemeinten (D. Chandler, 2022; Nöth, 2000; Peirce, 1906). Mit Nomen werden Objekte oder Ereignisse und mit Verben sowie Präpositionen Relationen bezeichnet, wohingegen Adjektive Eigenschaften beschreiben (Schnotz, 2014). Dabei müssen die Lernenden mit der Bedeutung von Wörtern vertraut sein, also Vorwissen zu den symbolischen Konventionen besitzen, um ein gelesenes Wort, wie z. B. *konkav*, zu verstehen und ggf. zeichnerisch darzustellen (van Meter & Firetto, 2013). Deskriptionale Repräsentationen können nach Palmer (1978) als extrinsische Repräsentationen (en.: extrinsic representations) eingestuft werden, da die Bedeutungszuschreibung auf Konventionen beruht.

Depiktionale Repräsentationen bestehen aus ikonischen Zeichen, die strukturelle Ähnlichkeiten zu dem Gemeinten zeigen (Schnotz & Bannert, 1999). Bei realistischen Bildern liegen diese Ähnlichkeiten beispielsweise in der Höhe, Breite oder Farbe, die sowohl in der depiktionalen Repräsentation als auch im Original vorhanden sind (Schnotz, 2002). Bei Diagrammen handelt es sich bei den Ähnlichkeiten um Analogierelationen, wie z. B. quantitative Zusammenhänge (Schnotz, 2002). Depiktionale Repräsentationen können nach Palmer (1978) als intrinsische Repräsentationen (en.: intrinsic representations) angesehen werden, da die Ähnlichkeiten bzw. Eigenschaften vom Objekt selbst abgeleitet werden.

Deskriptionale und depiktionale Repräsentationen besitzen unterschiedliche Vor- und Nachteile. So können abstrakte Konzepte mit deskriptionalen Repräsentationen leichter wiedergegeben werden als mit depiktionalen Repräsentationen (Schnotz, 2014). Das Wort *Nahrungsmittel* ist eine prägnante deskriptionale Repräsentation, wohingegen die depiktionale Repräsentation von Nahrungsmitteln Zeichnende vor eine Herausforderung stellt. Auch die Beschreibung logischer und zeitlicher Zusammenhänge kann mit deskriptionalen Repräsentationen leichter realisiert werden (Scheiter et al., 2009).

Depiktionale Repräsentationen bieten dahingegen Vorteile, wenn relevante Informationen abgelesen und Schlussfolgerungen gezogen werden sollen (vgl. Kosslyn, 1994; Schnotz, 2014; Weidenmann, 2002). So können anhand des Bilds eines Flügels Schlussfolgerungen über das Fliegen gezogen werden, anhand des Wortes *Flügel* jedoch nicht. Eine Abbildung eines Flügels liefert zudem möglicherweise weitere Informationen über die Beschaffenheit des Flügels oder die Art. Auch können depiktionale Repräsentationen präziser sein und Polysemie verhindern (Scheiter et al., 2009). Beispielsweise kann die Zeichnung eines Stiftes diesen relativ präzise und unzweideutig darstellen, wohingegen das Wort *Stift* vielfältige Auslegungen zulässt. Ein Vorteil depiktionaler Repräsentationen liegt auch in der kompakten Darstellung von Informationen, die, im Gegensatz zur linearen Form eines Texts, das Überblicken vereinfacht (Scheiter et al., 2009; 3.3). Auf Grund des Überblickscharakters von

depiktionalen Repräsentationen besteht aber zugleich die Gefahr, dass die Lernenden sich auf einen oberflächlichen Ersteindruck beschränken (Weidenmann, 2006). Ein oberflächlicher Umgang mit geringer Verarbeitungstiefe ist aber auch bei Texten möglich, wodurch die semantische Verarbeitung von Informationen gering ist oder ausbleibt (Buchner & Brandt, 2017; Kaup & Dudschig, 2017). Viele depiktionale Repräsentationen bieten zusätzlich den Vorteil, dass sie sprachübergreifend verständlich sind (Katz, 2017).

Während Sprachen und deskriptionale Repräsentationen klaren Regeln folgen (Adamzik, 2010; Bremer & Müller, 2021), sind die Elemente depiktionaler Repräsentationen deutlich variabler in der Darstellung und den Kombinationsmöglichkeiten (Scheiter et al., 2009). Insbesondere logischen Bildern, aber auch anderen Formen der depiktionalen Repräsentationen, liegen repräsentationsspezifische Konventionen zu Grunde (vgl. z. B. Kattmann, 2020c; Lachmayer et al., 2007; Stapelkamp, 2012; 3.4.5, 3.5.3). Zudem erfolgt die kognitive Verarbeitung deskriptionaler und depiktionaler Repräsentationen unterschiedlich (Schnotz, 2022; 3.3, 3.4.3, 3.5.2).

Im Verlauf des nachfolgenden Kapitels (3) werden mit Blick auf den Biologieunterricht zwei typische Vertreter von externen bildlichen Repräsentationen vorgestellt, nämlich Ablaufdiagramme, die meist einen hohen deskriptionalen Anteil (z. B. Textbausteine) und einen niedrigen depiktionalen Anteil aufweisen (z. B. Pfeile, Umrandungen, Verbindungslinien; 3.4.5), und mikroskopische Zeichnungen, die einen hohen depiktionalen Anteil (z. B. Zellstrukturen) und einen niedrigen deskriptionalen Anteil (z. B. Beschriftung; 3.5.3) besitzen.

3. Zeichnen in biologischen Kontexten

Wie im vorherigen Kapitel beschrieben, kommt der Konstruktion von und der Translation zwischen verschiedenen Repräsentationen in biologischen Kontexten eine hohe Bedeutung zu. Im Unterricht sind diese häufig durch die Arbeitstechnik des Zeichnens präsent (vgl. z. B. Ainsworth, 1999; van Meter & Garner, 2005). Die Konstruktion und Translation (2.2) decken jedoch mehr Situationen ab als nur die des Zeichnens. So ist das Erstellen einer schriftlichen Zusammenfassung zwar der Teilkompetenz der Konstruktion, aber nicht dem Zeichnen zuzuordnen. Während Zeichnungen darüber hinaus den externen bildlichen Repräsentationen (2.3) zugehörig sind, können nicht alle externe bildliche Repräsentationen zugleich als Zeichnungen eingestuft werden. So stellt eine Collage aus verschiedenen Materialien zwar eine externe bildliche Repräsentation aber keine Zeichnung dar. Zusammenfassend stellt die Fähigkeit zu Zeichnen ein Teilelement der Konstruktion und Translation ausgewählter externer bildlicher Repräsentationen dar (z. B. Ablaufdiagramme, mikroskopische Zeichnungen).

Nachfolgend wird sich in diesem Kapitel ausschließlich auf das für diese Arbeit zentrale Zeichnen beschränkt, das, wie die vorausgegangenen Schilderungen zeigen konnten, in enger Verbindung mit übergeordneten Konzepten (scientific literacy, 2.1; (meta-)representational competence, 2.2) steht. Hierzu wird zunächst der Begriff des Zeichnens definiert (3.1) und dessen Relevanz aus normativ fachbezogener, erfahrungsbasierter und empirischer Perspektive aufgezeigt (3.2). Das daran anschließende Unterkapitel stellt relevante kognitionspsychologische Grundlagen für den Umgang mit externen Repräsentationen vor (3.3). Hiernach werden zwei unterschiedliche Formen des Zeichnens, nämlich das Zeichnen auf Grundlage von Texten am Beispiel von Ablaufdiagrammen (3.4) und das Zeichnen von biologischen Strukturen auf Grundlage von Beobachtungen am Beispiel von mikroskopischen Zeichnungen betrachtet (3.5). Das Kapitel schließt mit einer vertiefenden Betrachtung der empirischen Befunde zum Zeichenprozess (3.6) und der Schwierigkeiten bzw. Fehler im Konstruktionszusammenhang (3.7).

3.1 Definition des Zeichnen-Begriffs und Typologie

In der biologiedidaktischen Literatur finden sich unterschiedliche Definitionen und Beschreibungen des Begriffs des Zeichnens. Spörhase (2010b, S. 145) definiert das Zeichnen als „fachgemäße Arbeitsweise, mit der biologische Objekte, Strukturen oder Abläufe als gezeichnetes Bild dokumentiert werden.“¹. Sie betont außerdem, dass Lernende zu den

¹ Für die Unterscheidung zwischen Arbeitsweise und -technik vgl. 3.5.3.

erkannten Strukturen zunächst eine subjektive Vorstellung entwickeln, bevor sie in der Lage sind, diese in der Zeichnung abzubilden (Spörhase, 2010b, S. 145). Retzlaff-Fürst (2020, S. 316) gibt an, dass es sich beim Zeichnen „um das Darstellen von Objekten oder Zusammenhängen mit Linien und Strichen“ handelt. Gropengießer et al. (2012, S. 88) betonen, dass es beim Zeichnen in Abgrenzung zum Malen vorrangig nicht um das bunte Gestalten einer Fläche geht; es werden Objekte, Sachverhalte oder Zusammenhänge dargestellt. Eine international häufig zitierte Definition des Zeichnens ist die von Quillin und Thomas (2015, S. 2); sie „definieren Zeichnen im weitesten Sinne als eine von den Lernenden selbst erstellte externe bildliche Repräsentation, die jede Art von Inhalt, sei es eine Struktur, eine Beziehung oder ein Prozess, in statischen zwei Dimensionen in einem beliebigen Medium abbildet.“¹ Nach der Dudenredaktion (o. J.) bedeutet Zeichnen „mit einem Stift, einer Feder o. Ä. in Linien, Strichen (künstlerisch) gestalten; mit zeichnerischen Mitteln herstellen“. Die zuvor angeführten Definitionen beinhalten jeweils wichtige Aspekte. Wie die anschließenden Ausführungen zeigen werden, sind die bisherigen Definitionen jedoch auf unterschiedliche Weise limitiert. Zunächst soll deshalb eine eigene Definition des Zeichnens vorgeschlagen werden, die sich in ihrem Geltungsbereich auf die fachliche Auseinandersetzung in biologischen Kontexten beschränkt:

Zeichnen in der Biologie meint das Darstellen von subjektiven Vorstellungen zu Abläufen, Objekten, Prozessen, Strukturen oder Zusammenhängen in statischer zweidimensionaler Form, wobei folgende Bedingungen erfüllt sein müssen: I) Die Darstellung muss bildliche/grafische Eigenschaften aufweisen. II) Die Tätigkeit steht im Zusammenhang mit dem Lernen. III) Das Bestreben, sich künstlerisch auszudrücken, spielt keine oder eine untergeordnete Rolle. IV) Die Zeichnung ergibt sich als Emergenz aus der Summe der dargestellten Punkte, Linien, Flächen und Symbole.

Die vorgeschlagene Definition betont die konstruktivistische Lernauffassung (z. B. Ameln, 2004; Zabel, 2020) durch den Verweis auf die subjektive Vorstellung, die eine Person beispielsweise während der Beobachtung eines Objekts gewinnt (Gropengießer, 2020b; van Sommers, 1989; 3.5.2, 3.5.3). Die eigene Wahrnehmung, Vorerfahrungen und andere Faktoren prägen die zeichnerische Darstellung (van Meter & Firetto, 2013). Außerdem verdeutlicht die Definition, dass biologische Darstellungen neben Objekten und Strukturen auch Abläufe, Prozesse oder Zusammenhänge zeigen können (z. B. Brandstetter-Korinth, 2016; Brunner, 2018; Hannemann, 2018). Die resultierende Darstellung ist statisch und

¹ Im Original: „[...] we define drawing broadly as a learner-generated external visual representation depicting any type of content, whether structure, relationship, or process, created in static two dimensions in any medium.“ (Quillin & Thomas, 2015, S. 2).

zweidimensional (van Sommers, 1989). Auch ist es notwendig zu betonen, dass diese bildliche, grafische bzw. depiktionale Eigenschaften aufweisen muss (z. B. Scheiter et al., 2009; 2.4), andernfalls wäre die Produktion eines linearen Texts auch durch den Begriff des Zeichnens abgedeckt. Zeichnen erfolgt im Gegensatz zu einer Kritzelei absichtsvoll in einem Lernzusammenhang und es geht primär nicht darum, sich künstlerisch auszudrücken (Ainsworth & Scheiter, 2021). Zudem kann aus Sicht der Semiotik zwischen ikonischen Zeichen (Punkte, Linien, Flächen) und Symbolen mit arbiträr festgelegter Bedeutung unterschieden werden (2.4). Bezogen auf die Definition sei abschließend darauf hingewiesen, dass eine Abgrenzung zwischen dem biologischen Zeichnen und dem Schreiben in einigen Fällen schwer vorzunehmen ist, wie das Beispiel textlastiger Darstellungen (z. B. Ablaufdiagramm, Mindmap, Concept Map) vor Augen führt, die hauptsächlich Symbole, d. h. Schriftzeichen, umfassen (3.4.4).

Ein Blick in internationale englischsprachige Veröffentlichungen zeigt, dass das Zeichnen bzw. dessen Produkt – die Zeichnung – im Zusammenhang mit dem Lernen auf vielfältige Weise bezeichnet werden. So sprechen Autorinnen und Autoren von learner-generated drawing (z. B. Schmidgall et al., 2019; van Meter & Garner, 2005), learner-generated visualization (z. B. Quillin & Thomas, 2015; Schmidgall et al., 2019), learner-generated external visual representation (z. B. Quillin & Thomas, 2015; Scherb & Nitz, 2020), construction of graphic representations (z. B. Scott & Dreher, 2016; List, 2019), learner-generated graphic representation (z. B. Ott, 2020), drawing visual representations (z. B. Ainsworth & Scheiter, 2021; Oliveira et al., 2021), representation construction (z. B. Cirkony et al., 2022; Tytler et al., 2018), constructing representations (z. B. Prain & Tytler, 2012; Tytler & Hubber, 2016), construction of static visuospatial representation (z. B. Ainsworth & Scheiter, 2021) oder in der Kurzform von drawing (to learn) (z. B. Ainsworth et al., 2011; Cromley et al., 2020) sowie von sketching (z. B. Scheiter et al., 2017; Stieff & DeSutter, 2021). Drawing und sketching können dabei als synonym betrachtet werden (Ainsworth & Scheiter, 2021). Die zuvor genannte Bezeichnung drawing to learn ist namentlich an die beiden Forschungsströmungen reading to learn (vgl. z. B. Richardson et al., 2012) und writing to learn (vgl. z. B. Chmarkh, 2021) angelehnt, die aus zahlreichen empirischen Studien zum Lesen und Schreiben hervorgingen.

Aus typologischer Sichtweise wird in der Literatur auf eine Differenzierung von Zeichnungen hinsichtlich ihres Abstraktionsgrads in Skizze (Wiedergabe des originären Erscheinungsbilds; erscheinungsaffin), Schema (vereinfachte Muster, mitunter starke Generalisierung; merkmalsaffin) und Symbol (vereinbarte Bild- und Schriftzeichen; inaffin) verwiesen (z. B. Gropengießer et al., 2012, S. 88; Retzlaff-Fürst, 2020, S. 316). Skizzen und Schemata

ordnet Spörhase (2010b) den Freihandzeichnungen zu und grenzt diese von originalgetreuen Zeichnungen ab, die den Einsatz von Hilfsmitteln bedürfen. Zeichnungen in der Biologie variieren zudem hinsichtlich der Bezugsgröße (atomare bis globale Ebene), dem Anteil an Schriftzeichen (keine bis viele) und dem Abstraktionsgrad (Quillin & Thomas, 2015). Des Weiteren lassen sich vier Funktionen von Zeichnungen unterscheiden: dekorative, repräsentationale (Darstellung eines einzigen Aspekts, der mit Hilfe der Zeichnung veranschaulicht werden soll), organisatorische (z. B. Blattquerschnitt, der die Lage unterschiedlicher Zelltypen zeigt) und erklärende (z. B. Darstellung der Entstehung eines Blutgerinnsels) (Levin & Mayer, 1993; R. E. Mayer, 1993).

Die vorangegangenen Ausführungen zeigen, dass die Definition des biologischen Zeichnens in Abgrenzung zu anderen Formen der Konstruktion kein triviales Unterfangen darstellt und mehrerer Einschränkungen bedarf. Auch können als zeichnerisches Produkt sehr unterschiedliche Darstellungsformen wie z. B. Ablaufdiagramme (3.4.5) oder mikroskopische Zeichnungen (3.5.3) resultieren. Nachfolgend schließt ein Überblick zur Relevanz des Zeichnens aus unterschiedlichen Perspektiven an.

3.2 Bedeutsamkeit des Zeichnens

Die Literatur zum Zeichnen ist über ein sehr weites Feld verstreut (Quillin & Thomas, 2015). Auf die Bedeutsamkeit dieser Arbeitstechnik wird an vielfältigen Stellen verwiesen. Nachfolgend wird die Relevanz des biologischen Zeichnens aus der normativen, der erfahrungsbasierten sowie der empirischen Perspektive berichtet. Ebenso werden in diesem und den nachfolgenden Unterkapiteln die Grenzen des Zeichnens aufgezeigt.

Die **normative Perspektive** ergibt sich, wie bereits vorgestellt, aus den Forderungen der scientific literacy (2.1) oder denen der (meta-)representational competence (2.2). Der Konstruktionsaspekt ist darin, wie zuvor dargestellt, fest verankert. Auch der curriculare Rahmen des Unterrichts ist im Wesentlichen normativ gesetzt. Bezogen auf Deutschland liefern die unterschiedlichen Bildungsstandards auf Bundesebene mehrfach Hinweise auf die Anfertigung von Zeichnungen durch Lernende (z. B. KMK, 2005, 2020). Auf Landesebene werden beispielsweise in den Lehrplänen für das Bundesland Rheinland-Pfalz zahlreiche konkrete Situationen genannt, in denen die Anfertigung von Zeichnungen in Biologie aber auch in anderen naturwissenschaftlichen Fächern vorgesehen ist (z. B. MfBWJK, 2010; MfBWWK, 2014). Verschiedene curriculare Dokumente verdeutlichen zudem, dass die von den Lernenden generierten Zeichnungen, ebenso wie z. B. die Produktion von Texten, als kompetenzorientierte Leistungen angesehen werden können und damit einer

Leistungsbeurteilung zugänglich sind (vgl. z. B. KMK, 2020, S. 25; MfBWJK, 2010, S. 50). Der Aspekt der Leistungsbeurteilung wird in Unterkapitel 3.7 im Zusammenhang mit fachlichen Fehlern vertieft. Darüber hinaus werden in diesem Kapitel (3.4.5, 3.5.3) sowie an späterer Stelle (5.1, 5.2) Ablaufdiagramme und mikroskopische Zeichnungen als bedeutsame Vertreter biologischer Zeichnungen vertiefend curricular verankert.

Die **erfahrungsbasierte Perspektive** (en.: wisdom of practice) beruht im Rahmen der nachfolgenden Schilderung auf den von Lehrkräften genannten Gründen für den Einsatz des Zeichnens im Unterricht. Scherb und Nitz (2020) haben aus verschiedenen unterrichtspraktischen Beiträgen und wissenschaftlichen Publikationen Gründe für den Einsatz von Zeichnungen im Biologieunterricht in einem deduktiven Kategoriensystem zusammengetragen, diese Kategorien durch Interviews mit 13 Lehrkräften unterschiedlicher Schulen bestätigt und induktiv erweitert. Etwa die Hälfte der befragten Lehrkräfte sieht das Potential des Zeichnens beispielsweise in der intensiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand oder dem bewussten Einsatz zum Zwecke der Lernstandsdiagnose begründet. Tabelle 3.1 verdeutlicht zudem, dass einige der in der Literatur erwähnten Gründe für das Zeichnen nicht von den Lehrkräften genannt wurden ($n = 0$). Die befragten Lehrkräfte verwiesen ebenso auf die Grenzen des Zeichnens. Diese ergeben sich vor dem Hintergrund der Pluralität an alternativen Unterrichtsmethoden, durch den erhöhten Zeitbedarf der Anfertigung einer Zeichnung im Vergleich zur Nutzung einer bereits vorhandenen Abbildung sowie angesichts der von Lehrkräften wahrgenommenen Schwierigkeiten und Fehler im Zusammenhang mit dem Zeichnen (Scherb & Nitz, 2020). Letztere werden in Unterkapitel 3.7 vertieft.

Tabelle 3.1 Gründe für den Einsatz des Zeichnens im Unterricht und Anzahl der Belege (n) aus den Interviews mit Lehrkräften ($N = 13$), verändert nach Scherb und Nitz (2020, S. 2544)

Grund für das Zeichnen im Unterricht	n	Quelle
Dokumentation von Wissen	7	Ainsworth et al., 2011; Spörhase, 2010b
Entwicklung einer fachwissenschaftlich korrekten Vorstellung	7	Borsum, 1987; Hmelo-Silver et al., 2007; Spörhase, 2010b
Intensive Auseinandersetzung und aktives selbstgesteuertes Lernen	7	Lerner, 2007; Ridley & Rogers, 2010; van Meter & Garner, 2005
Lernstandsdiagnose	7	Ainsworth et al., 2011; Spörhase, 2010b
Motivation bzw. Freude beim Zeichnen	7	Ainsworth et al., 2011; Alias et al., 2002; van Meter & Garner, 2005
Zeichnen als bewährte Methode, Kulturtechnik	7	Spörhase, 2010b
Erlernen von akkuratem, präzisem oder gewissenhaftem Arbeiten	6	Spörhase, 2010b
„Schulung der Sinne“ (genaue Beobachtung)	6	Spörhase, 2010b
Zugewinn im Kompetenzbereich Fachwissen	6	KMK, 2005
Erlernen von Abstraktionsfähigkeit	5	<i>Induktive Kategorie</i>

Tab. 3.1 (Fortsetzung)

Grund für das Zeichnen im Unterricht	<i>n</i>	Quelle
(Alternative Form der) Lernerfolgskontrolle	4	Ainsworth et al., 2011; Spörhase, 2010b
Förderung psychomotorisch-instrumenteller Fertigkeiten	4	Gropengießer et al., 2012
Kompakte und übersichtliche Darstellungen von Informationen	4	Cox, 1999; Gropengießer et al., 2012; Retzlaff-Fürst, 2020
Zeichnen zum Aufdecken von Unklarheiten und Missverständnissen oder zur Evaluation und zur Förderung von Metakognition	4	Dikmenli, 2010; Köse, 2008; Pelaez et al., 2005; Retzlaff-Fürst, 2020
Zeichnung als Mittel der Kommunikation	4	Ainsworth et al., 2011; Quillin & Thomas, 2015; Schwarz et al., 2009
Zugewinn im Kompetenzbereich Fachwissen	4	KMK, 2005
Berufs- und wissenschaftspropädeutische Funktion	3	<i>Induktive Kategorie</i>
Förderung der Konzentrationsfähigkeit und Erhöhung von Frustrationstoleranz/Geduld	3	<i>Induktive Kategorie</i>
Zugewinn im Bereich Erkenntnisgewinnung	3	KMK, 2005
Pädagogische Maßnahme zum Beruhigen der Lernenden	2	<i>Induktive Kategorie</i>
Persönliche Bedeutsamkeit des Lernprodukts	2	<i>Induktive Kategorie</i>
Anfertigung eigener Zeichnung beim Nichtvorhandensein adäquater Abbildungen	1	diSessa, 2004
Problematisierung eines Sachverhaltes oder Zusammenhangs	1	Retzlaff-Fürst, 2020
Wertschätzung des Gezeichneten und Entwicklung einer ästhetischen Sichtweise auf Naturobjekte	1	Gropengießer et al., 2012
Zugewinn im Kompetenzbereich Bewertung	1	KMK, 2005
Alternative Ausdrucksform für Lernende mit sprachlichen Schwierigkeiten	0	Borsum, 1987; Retzlaff-Fürst, 2020
Maßnahme zur Binnendifferenzierung	0	Borsum, 1987; Spörhase, 2010b
Organisation von Wissen	0	Cox, 1999; Retzlaff-Fürst, 2020

Anmerkung. Die genannten Quellen sind als exemplarische Belege einer deduktiven Kategorie zu verstehen.

Die **empirische Perspektive** liefert unter anderem Hinweise darauf, in welchen Situationen und unter welchen Bedingungen der Einsatz des Zeichnens im Vergleich zu anderen Methoden einen Vorteil bieten kann. Im Gegensatz zur erfahrungsbasierten Perspektive beruht sie nicht auf individuellen Erfahrungen oder Intuition (Krüger & Vogt, 2007). Neben der Bedeutsamkeit des Zeichnens im Sinne einer I) Lernstrategie (en.: drawing as a learning strategy; z. B. Leutner & Schmeck, 2014, 2022; van Meter & Firetto, 2013; van Meter & Garner, 2005) nennen Ainsworth et al. (2011) vier weitere Bereiche, die den Einsatz des Zeichnens vor dem Hintergrund empirischer Erkenntnisse sinnvoll erscheinen lassen: II) Zeichnen zur Förderung der Auseinandersetzung (en.: drawing to enhance engagement; z. B. Prain & Tytler, 2012; Stieff, 2017), III) Zeichnen, um das Darstellen in den Naturwissenschaften zu lernen (en.: drawing to represent in science; z. B. Lemke, 1998; Lerner, 2007; Yore, 2012), IV) Zeichnen, um naturwissenschaftlich zu schlussfolgern (en.: drawing to reason in science; z. B. Tytler et al., 2013; Tytler et al., 2020) und V) Zeichnen zur Kommunikation (en.: drawing to communicate; z. B. Fan, 2015; Köse, 2008; Park et al., 2021; Schwarz et al., 2009). Auch das Framework of representational construction affordances

von Prain und Tytler (2012) verweist in Anlehnung an empirische Erkenntnisse auf multiple Funktionen der Konstruktion externer Repräsentationen, bezieht sich jedoch nicht nur auf das Zeichnen, sondern auch auf andere Konstruktionsformen.

Studien zur Wirksamkeit des Zeichnens beschränken sich bislang vor allem auf das Potential des Zeichnens als Lernstrategie (vgl. I) und zur aktiven Auseinandersetzung mit naturwissenschaftlichen Inhalten (vgl. II) (Stieff, 2017). Einen ersten umfangreichen Überblick zu den Potentialen des Zeichnens im Sinne einer Lernstrategie (I) lieferten van Meter und Garner (2005). Den bereits erwähnten Begriff learner-generated drawing (3.1) definieren sie als Strategie, „bei der die Lernenden Zeichnungen anfertigen, um ein Lernziel zu erreichen“¹ (van Meter & Garner, 2005, S. 287). Zeichnen stellt nach dieser Auffassung ebenso wie die Zusammenfassung eines Texts eine Strategie dar. In ihrem Beitrag führen van Meter und Garner (2005) viele Studien an, die den Mehrwert dieser Strategie in Verbindung mit dem Lesen von Texten im Vergleich zu anderen Maßnahmen (z. B. schriftliche Zusammenfassung, Lesen eines Texts mit ergänzenden Abbildungen) für unterschiedliche Kontexte (z. B. biologische) und Stichproben (z. B. Primarschulbereich, weiterführende Schule) untersucht haben.

Vor dem Hintergrund der empirischen Erkenntnisse dieser und weiterer Studien zum Zeichnen sind verschiedene Ansätze hervorgegangen, wie z. B. das (generative) drawing principle (vgl. Leutner & Schmeck, 2014, 2022; 3.4.2), learning by drawing (vgl. Fiorella & Mayer, 2015; 3.4.2) bzw. drawing to learn (vgl. Ainsworth et al., 2011), learning by mapping (vgl. Fiorella & Mayer, 2015; 3.4.4), die Generative Theory of Drawing Construction (vgl. van Meter & Garner, 2005; 3.4.2) und das Cognitive Model of Drawing Construction (vgl. van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3). Die zuvor genannten Ansätze beziehen sich nahezu ausschließlich auf die Anfertigung von externen bildlichen Repräsentationen auf Grundlage von Texten. Zeichnungen können aber auch auf Grundlage von anderen Ausgangsmaterialien, wie z. B. Animationen, das Lernen unterstützen (vgl. Lowe & Mason, 2017; Mason et al., 2013; Stieff, 2017). Auch können abstrakte Vorlagen, der Klang eines Objekts, haptische Wahrnehmung oder Vorstellungen die Grundlage für eine Zeichnung darstellen (z. B. van Sommers, 1989). Zudem spielt bei der Konstruktion dieses Vorwissen eine wesentliche Rolle (z. B. van Meter & Firetto, 2013; 3.4, 3.5). Bezugnehmend auf die vorangegangenen Anmerkungen liefert Abbildung 3.1 einen Überblick zu unterschiedlichen Ressourcen (Input), die bei der Anfertigung einer Zeichnung (Output) genutzt werden können. Die resultierenden Zeichnungen sind abstrakt bis realistisch angelegt, vollständig depiktional oder besitzen deskriptionale Anteile (2.4). Zugleich verweist Abbildung 3.1 auf die Struktur der

¹ „[...] learner-generated drawing is defined as a strategy in which learners construct drawing(s) to achieve a learning goal.“ (van Meter und Garner, 2005, S. 287).

nachfolgenden Unterkapitel: Dabei bezieht sich Unterkapitel 3.3 auf die kognitionspsychologischen Grundlagen mit einer Relevanz für das Zeichnen. Die beiden danach folgenden Unterkapitel nehmen die Generierung von Zeichnungen auf Grundlage von Textinformationen (3.4) sowie das Zeichnen von biologischen Objekten bzw. Strukturen (3.5) in den Blick. In diesem Zusammenhang werden Ablaufdiagramme und mikroskopische Zeichnungen als typische und für den Biologieunterricht bedeutsame Vertreter für die beiden zuvor genannten Formen des Zeichnens vorgestellt. Der Zeichenprozess, der im Zuge der Generierung beider Darstellungsformen durchlaufen werden muss, wird in Unterkapitel 3.6 vertiefend betrachtet. Die theoretische Rahmung schließt mit Unterkapitel 3.7, das mögliche Schwierigkeiten bzw. Fehler im Konstruktionszusammenhang beleuchtet.

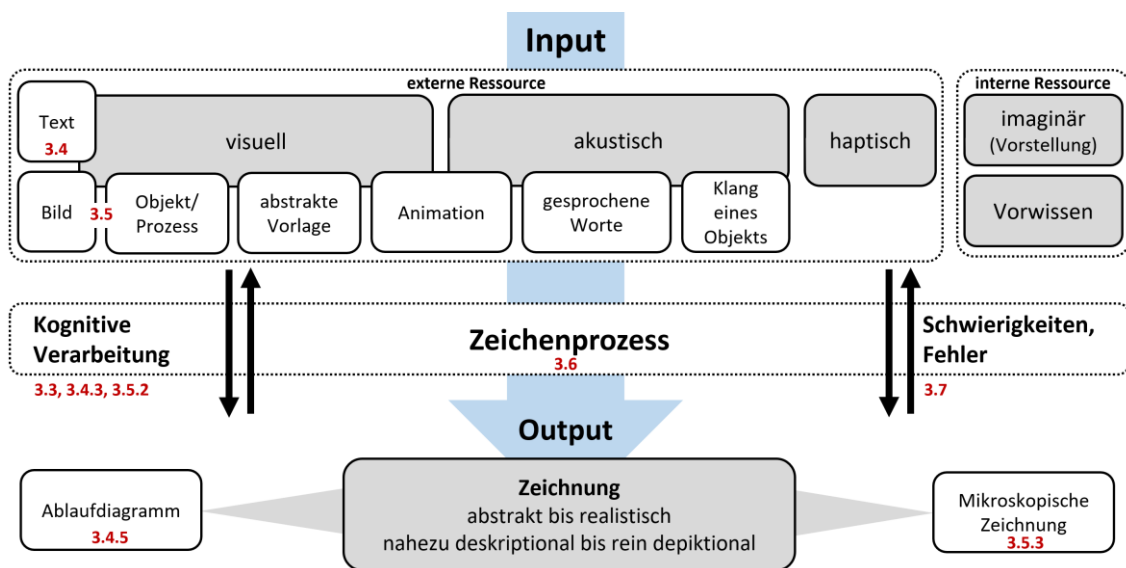


Abbildung 3.1 Externe und interne Ressourcen für die Generierung von Zeichnungen sowie Kapitelreferenzen

Anmerkung. Die Darstellung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.¹

3.3 Kognitionspsychologische Grundlagen

Nachfolgend werden das Mehrspeichermodell des Gedächtnisses, die Cognitive Load Theory und unterschiedliche Ebenen des Verstehens von Texten und Bildern vorgestellt, die grundlegend für die kognitive Verarbeitung unterschiedlicher Ausgangsmaterialien (Texte, Objekte, Bilder) und die Produktion von Zeichnungen sind (Abb. 3.1 in 3.2). Für die Konstruktion eines Ablaufdiagramms (3.4.5) auf Grundlage eines Texts ist es beispielsweise erforderlich, zunächst die Symbole (2.4) der Textgrundlage zu erkennen und weiter kognitiv zu verarbeiten. Ebenso muss vor sowie parallel zur Konstruktion einer mikroskopischen

¹ Alle nachfolgend angeführten Tabellen und Abbildungen ohne Literaturangaben sind als eigene Darstellung zu verstehen.

Zeichnung (3.5.3) eine kognitive Auseinandersetzung mit dem mikroskopischen Objekt erfolgen. Auf die Darstellung von Modellen bzw. Theorien zur kognitiven Verarbeitung von Texten und Bildern¹ wird in diesem Unterkapitel verzichtet, da sie keine weiterführenden Erklärungsansätze zur Externalisierung der Kognitionen (der internen Repräsentationen) in Form einer Zeichnung (der externen Repräsentation) bieten. Im Verlauf des weiteren Kapitels werden alternativ dazu zwei geeignetere Bezugsmodelle beschrieben, die sich auf die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten (3.4.3) und Objekten (3.5.2) beziehen.

Mehrspeichermodell des Gedächtnisses

Unabhängig davon, ob Bilder betrachtet oder selbst konstruiert werden, ist der damit verbundene Umgang durch die Gedächtnisleistung des Individuums beeinflusst. Im Zusammenhang mit der Gedächtnisleistung wird häufig auf das Drei-Speicher-Modell bzw. das Mehrspeichermodell verwiesen. Dieses Modell geht ursprünglich auf Atkinson und Shiffrin (1968) zurück und wurde seit seinem Erscheinen durch verschiedene Autorinnen und Autoren kritisiert und modifiziert (Abb. 3.2; Myers & Wilson, 2014).

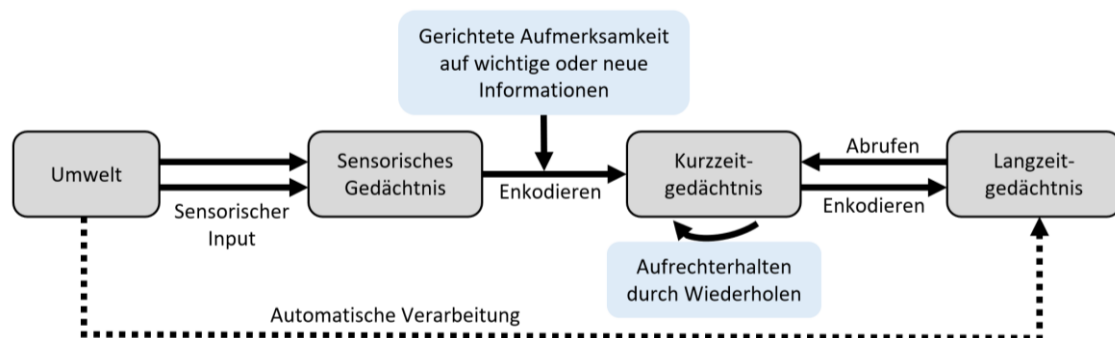


Abbildung 3.2 Modifiziertes Dreistufen-Verarbeitungsmodell des Gedächtnisses, verändert nach Myers und Wilson (2014, S. 330)

Das Kernmodell besteht aus drei unterschiedlichen Speichern, dem sensorischen Gedächtnis (bzw. sensorischen Register, Ultrakurzzeitgedächtnis), dem Kurzzeitgedächtnis (bzw. Arbeitsgedächtnis) und dem Langzeitgedächtnis. Das sensorische Gedächtnis hält wahrgenommene Umgebungsreize für wenige hundert Millisekunden bereit (Buchner & Brandt, 2017). Durch gerichtete Aufmerksamkeit können relevante Informationen fokussiert und im Kurzzeitgedächtnis weiterverarbeitet werden. Das Kurzzeitgedächtnis kann die Informationen bereits etwas länger halten. Man nimmt einen ungefähren Wert von

¹ Vgl. R. E. Mayer (2022) für die Kognitive Theorie des Multimedialen Lernens sowie Schnotz (2022) für das integrative Modell des Text- und Bildverstehens.

bis zu 20 Sekunden an, wobei mit zunehmender Dauer und ohne Wiederholung kontinuierlich weniger Informationen erinnert werden können (Gruber, 2011). Nach Miller (1956) umfasst die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses sieben plus minus zwei Informationseinheiten, wobei einzelne Informationen gebündelt werden können (*chunking*), woraus wiederum größere Informationseinheiten resultieren. Nach der Verarbeitung im Kurzzeitgedächtnis können Informationen in das Langzeitgedächtnis überführt und dort über sehr lange Zeiträume gespeichert werden (Myers & Wilson, 2014). Der rückwärtige Vorgang erfolgt, wenn Lernende Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis abrufen, um mit diesem im Kurzzeitgedächtnis zu operieren (Zoelch et al., 2019). Zur Abspeicherung des Wissens im Langzeitgedächtnis werden unterschiedliche Wissensrepräsentationen angenommen, nämlich beispielsweise propositionale Repräsentationen, semantische Netzwerke, Schemata, Skripts, mentale Modelle und metakognitives Wissen (Zoelch et al., 2019), die als Operationalisierung neuronaler Prozesse verstanden werden können (Mienert & Pitcher, 2011). Auf Grund der aktiven Rolle des Kurzzeitgedächtnisses bei der Informationsverarbeitung wird dieses häufig als Arbeitsgedächtnis bezeichnet (Myers & Wilson, 2014, S. 330).

Das Arbeitsgedächtnis kann wiederum in weitere Komponenten unterteilt werden, wie z. B. die phonologische Schleife (für akkustische und sprachliche Informationen), den räumlich-visuellen Notizblock (visuelle Informationen) und die zentrale Exekutive (Baddeley, 1992, 2003; Baddeley & Hitch, 1974). Das Modell des Arbeitsgedächtnis wurde auf Grund der empirischen Befundlage im Laufe der Zeit modifiziert (z. B. Baddeley, 2000). Die zentrale Exekutive kann als „modalitätsunspezifische Kontrolleinheit“ (Gruber, 2011, S. 43) angesehen werden, die Prozesse im Arbeitsgedächtnis sowohl initiiert als auch koordiniert, Informationen transformiert, die Aufmerksamkeit steuert und in Verbindung mit dem Langzeitgedächtnis steht (Baddeley, 2020; Gruber, 2011). In Abhängigkeit vom Alter werden Bilder meist leichter erinnert als Worte (picture superiority effect, vgl. z. B. Defeyter et al., 2009).

Zusammenfassend stellt das Verarbeitungsmodell des Gedächtnisses den grundlegenden Rahmen für die Konstruktion von Zeichnungen dar. Das sensorische Register liefert den sensorischen Input (z. B. Symbole der Textgrundlage, Strukturen eines mikroskopischen Bilds; Abb. 3.1) und das Arbeitsgedächtnis initiiert und koordiniert die Bearbeitung einer Aufgabenstellung unter Einbezug von relevanten Informationen aus dem sensorischen Register sowie den im Langzeitgedächtnis abgespeicherten Informationen (z. B. repräsentationsspezifische Konventionen, 3.5.3).

Cognitive Load Theory

Wie bereits Baddeley und Hitch (1974) beim Vorschlag ihres Modells des Arbeitsgedächtnisses anmerkten, ist dieses hinsichtlich der Speicher- und Verarbeitungskapazität limitiert. Das Konzept limitierter Kapazitäten wurde von Sweller (1988, 1989) aufgegriffen und in Form der Cognitive Load Theory beschrieben (vgl. P. Chandler & Sweller, 1991; Sweller et al., 2011). Es kann zwischen intrinsischer Belastung (en.: intrinsic load), lernbezogener Belastung (en.: germane load) und extrinsischer Belastung (en.: extraneous load) unterschieden werden (Sweller et al., 2011). Die intrinsische Belastung stellt diejenige Belastung des Arbeitsgedächtnisses dar, die sich durch die Komplexität der Aufgabe ergibt. Diese Belastung steigt, wenn die Anzahl an Informationen, die gleichzeitig bearbeitet werden, zunimmt (Sweller, 1994). Die lernbezogene Belastung meint den „mentalen Aufwand beim Aufbau von Wissensrepräsentationen“ (Zoelch et al., 2019, S. 43), d. h. die Belastung, die sich aus dem Lernprozess selbst ergibt und die in Abhängigkeit von dem Vorwissen eines Lernenden variieren kann (Zoelch et al., 2019). Die extrinsische Belastung ergibt sich wiederum aus einer unvorteilhaften Gestaltung der Lernumgebung und sollte möglichst reduziert werden, sodass dem eigentlichen Lernen mehr Kapazitäten zur Verfügung stehen (Sweller, 2010; Sweller et al., 2011). Die unterschiedlichen Arten der kognitiven Belastung sind additiv; übersteigt die Summe erforderlicher Kapazitäten die verfügbare Kapazität des Arbeitsgedächtnisses, wird das kognitive System bei der Verarbeitung scheitern (kognitive Überlastung, en.: overload), zumindest partiell (Sweller et al., 2011, S. 58). Zur Überlastung des Arbeitsgedächtnisses kann es im Zusammenhang mit dem Zeichnen beispielsweise dann kommen, wenn die inhaltliche Auseinandersetzung mit der Lernaufgabe (intrinsische, lernbezogene Belastung) zu kurz kommt, da die im Zeichenprozess auftretenden Schwierigkeiten (extrinsische Belastung) die verfügbare kognitive Kapazität übersteigen (vgl. z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2022).

Ebenen des Verstehens von Bildern und Texten¹

Beim Betrachten von unterschiedlichen Darstellungsformen (z. B. Diagramme) verbleiben Lernende oftmals bei einem oberflächlichen Ersteindruck, da sie davon ausgehen, dass sie diesen auf einen Blick hinreichend Informationen entnehmen könnten (Schnotz, 2002, S. 73). Zum Verstehen von Bildern ist zumeist sowohl eine präattentive (subsemantische Verarbeitung) als auch eine attentive Wahrnehmung (semantische Verarbeitung) notwendig (Schnotz, 2002, 2006). Zu den präattentiven Prozessen zählen visuelle Routinen, die

¹ Diese Darstellungen beschränken sich auf natürliches Bildverstehen; für indikatorisches Bildverstehen vgl. z. B. Weidenmann (2006).

automatisiert entlang von Wahrnehmungsgesetzen ablaufen (Horz, 2020, S. 139). So erkennen Interessierte bereits bei einem flüchtigen Blick auf eine Zeichnung, welche Linien eher nahe beieinander liegen oder welche ungefähren Größenverhältnisse einzelne Objekte zueinander haben. Attentive Prozesse sind wiederum die Voraussetzung dafür, dass einerseits mehr Einzelheiten und andererseits die genauen Zusammenhänge zwischen den dargestellten Informationen identifiziert werden (Weidenmann, 2006). Attentive Prozesse sind weiterhin sowohl vom Vorwissen als auch von der Zielsetzung der Lernenden beeinflusst (Schnotz, 2002, S. 71). Übertragen auf das Beispiel des Betrachtens eines mikroskopischen Objekts ist das Erkennen von Strukturen (z. B. Zellwand, Zellmembran, Zellorganellen) unmittelbar vom Vorwissen zum Aufbau von Zellen beeinflusst.

Ein oberflächlicher Umgang mit geringer Verarbeitungstiefe ist ebenfalls im Zusammenhang mit Texten möglich, wenn die semantische Verarbeitung von Informationen gering ausfällt (z. B. Buchner & Brandt, 2017; Kaup & Dudschig, 2017; 2.4). Die geringe Verarbeitungstiefe kann dabei in Anlehnung an unterschiedliche Modelle (vgl. z. B. Schnotz, 2022; van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3) mit einzelnen Schritten der kognitiven Verarbeitung der Textinformationen in Verbindung gebracht werden (z. B. Auswahl und Organisation von Elementen).

Weiterführende Erläuterungen zur Verarbeitung von unterschiedlichen Ausgangsmaterialien (Abb. 3.1 in 3.2) erfolgen im Rahmen der Vorstellung des Modells zur Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten (3.4.3) und des Modells des Zeichnens von Objekten (3.5.2).

3.4 Zeichnen auf Grundlage von Texten

Wie bereits dargestellt, gibt es unterschiedliche Gründe, die für einen Einsatz des Zeichnens im Unterricht sprechen (3.2). Dieses Unterkapitel bezieht sich auf die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten. Die resultierenden Zeichnungen können realistisch bis abstrakt ausfallen und der deskriptionale Anteil (z. B. Beschriftungen) kann variieren: Der Begriff *drawing* wird in der Literatur stellenweise für eher realistische Formen der Darstellung verwendet, bei denen der depiktionale Anteil hoch ist (z. B. vereinfachte Darstellung der Anatomie einer Niere, vgl. van Meter & Firetto, 2013), wohingegen der Begriff *mapping* die Erstellung eher abstrakter Zeichnungen betrifft, bei denen der deskriptionale Anteil hoch ist (z. B. Concept Map zum Blutkreislauf, vgl. Haugwitz et al., 2010). Diese beiden Subformen des Zeichnens auf Grundlage von Texten können als Lernstrategie (z. B. Ainsworth et al., 2011; van Meter & Garner, 2005, 3.2) und als generative Form des Lernens angesehen werden (z. B. Fiorella & Mayer, 2015, 2022; 3.4.1). Wiederum

andere Autorinnen und Autoren verwenden den Begriff drawing sowohl für abstrakte als auch für realistische Zeichnungen sowie zugleich für Zeichnungen mit hohem oder niedrigem depiktionalen Anteil; sie schließen mapping damit ein (z. B. Quillin & Thomas, 2015). Vor dem Hintergrund unterschiedlicher empirischer Befunde zu diesen beiden Subformen des Zeichnens auf Grundlage von Texten, wird die Unterscheidung zwischen drawing (3.4.2) und mapping (3.4.4) beibehalten. Im nachfolgenden Unterkapitel soll jedoch zunächst das Konzept des generativen Lernens dargestellt werden (3.4.1), das in der Literatur mit dem drawing und mapping in Verbindung gebracht wird (z. B. Fiorella & Mayer, 2015) und wiederum die Entstehung von Theorien und Modellen im Zusammenhang mit dem Zeichnen beeinflusste (3.4.3). Am Ende dieses Unterkapitels wird mit den Ablaufdiagrammen ein typischer Vertreter von Zeichnungen vorgestellt, die auf Grundlage von Texten konstruiert werden können (3.4.5).

3.4.1 Generatives Lernen

Zeichnen kann eine Form des generativen Lernens (en.: generative learning) darstellen, insofern die Lernenden zu einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand gelangen, indem sie ausgewählte neue Informationen reorganisieren und mit bereits vorhandenem Vorwissen in Verbindung bringen, d. h. integrieren (Fiorella & Mayer, 2016, S. 717). Der Begriff des generativen Lernens geht dabei auf das Generative Modell des Lernens (en.: Generative Model of Learning) von Wittrock (1974) zurück. Das Modell umfasst die vier Komponenten: I) Aufmerksamkeit, die einer Aufgabe beigemessen wird, II) Generation, d. h. das Erlangen des Verständnisses von Zusammenhängen sowie die Bedeutungskonstruktion, III) Motivation, im Sinne der volitionalen Eingebundenheit in den Lernprozess sowie IV) sämtliche kognitive Prozesse, die Vorwissen, Lernstrategien und Metakognition betreffen (Wittrock, 1989). Wittrock (1980) betont vor dem Hintergrund neuropsychologischer Erkenntnisse die Rolle von Lernenden, die im Sinne des Konstruktivismus die sie umgebende Welt aktiv erschließen und beispielsweise individuelle Erwartungen, Vorerfahrungen und Strategien der Informationsverarbeitung mitbringen. Das SOI-Modell (select, organize, integrate) von R. E. Mayer (vgl. Fiorella & Mayer, 2015) weist Bezüge zu dem Generativen Modell des Lernens von Wittrock (1974) auf und erst das Zusammenwirken von Selektion, Organisation und Integration kann die Basis für generatives Lernen schaffen (Fiorella & Mayer, 2016). Nach dieser Sichtweise ergibt sich der Vorteil des Zeichnens insbesondere dadurch, dass Lernende bei der Konstruktion einer Zeichnung neben der Selektion und Organisation von Textinformationen zur Integration förmlich gezwungen werden (van Meter & Firetto, 2013; van Meter & Garner, 2005). Auf das Potential des Zeichnens zur

intensiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand wurde bereits zuvor sowohl aus erfahrungsbasierter als auch empirischer Perspektive verwiesen (3.2).

3.4.2 Drawing

Im Zusammenhang mit der Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten im Sinne des drawings haben sich während der letzten Jahre in der Literatur die Generative Theory of Drawing Construction (van Meter & Garner, 2005), das Cognitive Model of Drawing Construction (van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3) und der Begriff des generative drawing principle (Leutner & Schmeck, 2014) bzw. des drawing principles (Leutner & Schmeck, 2022) etabliert.

Die **Generative Theory of Drawing Construction** von van Meter und Garner (2005) soll nachfolgend skizziert werden. Sie stellt den Vorläufer zum Cognitive Model of Drawing Construction dar, auf das in Unterkapitel 3.4.3 ausführlich eingegangen wird. Schmeck (2010) hat die mit dem Lesen und dem Zeichnen verbundenen kognitiven Prozesse, auf die sich van Meter und Garner (2005) in der Beschreibung ihrer Theorie beziehen, grafisch veranschaulicht (Abb. 3.3). Nach dieser einfach gehaltenen modellhaften Darstellung entnehmen Lernende einer Textgrundlage relevante Informationen. Im Arbeitsgedächtnis werden diese Informationen in einem verbalen Modell organisiert. Beginnen die Lernenden daraufhin mit dem Zeichnen, entsteht in Wechselwirkung mit dem Gezeichneten ein bildhaftes Modell. Durch die Interaktionen zwischen dem verbalen und dem bildhaften Modell kann in Verbindung mit Vorwissen ein elaboriertes mentales Modell entstehen (van Meter & Garner, 2005). Der Zeichenprozess darf dabei nicht als linear verstanden werden, da er metakognitive Prozesse wie Monitoring und Regulation einschließt (Leutner & Schmeck, 2014, 2022).

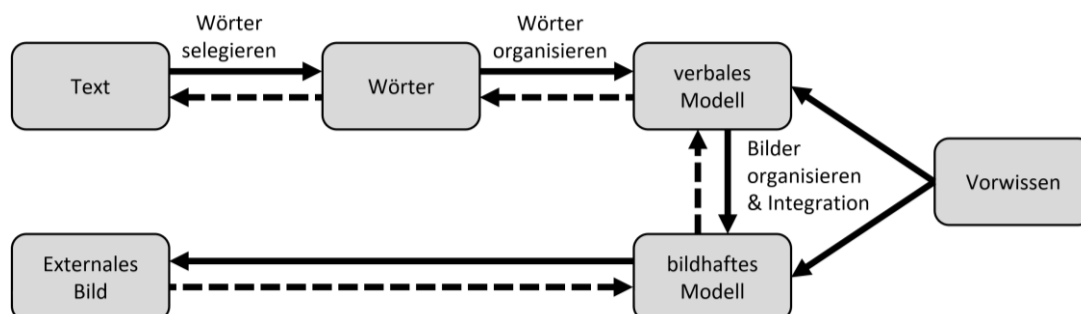


Abbildung 3.3 Illustration zur Generative Theory of Drawing Construction von van Meter und Garner (2005), nach Schmeck (2010, S. 29)

Die Generative Theory of Drawing Construction kann als einer der ersten Ansätze betrachtet werden, der neben der kognitiven Verarbeitung von Textinformationen (3.3.3) ebenfalls den Blick auf deren Externalisierung in Form einer Zeichnung lenkt. Im Gegensatz dazu liefern die Theorien zur kognitiven Verarbeitung von Texten und Bildern (z. B. R. E. Mayer, 2022; Schnotz, 2022), wie bereits zuvor angemerkt (3.3), keine Erklärungsansätze für den an das Verständnis der Ausgangsmaterialien (Bild, Text) anschließenden Schritt der Externalisierung.

Das **generative drawing principle** (Leutner & Schmeck, 2014) bzw. das **drawing principle** (Leutner & Schmeck, 2022) knüpft an multimediales (vgl. R. E. Mayer, 2022) und generatives Lernen (3.4.1) an und betrachtet Zeichnen als Strategie, um Lernenden zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zu bewegen. Dabei spielt die Selektion und Organisation von Textinformationen sowie die Integration dieser mit Vorwissen eine zentrale Rolle (Leutner & Schmeck, 2022). Die Zeichnungen, die Lernende innerhalb von Studien, die sich dem (generative) drawing principle zuordnen lassen, konstruiert haben, sind meist wenig abstrakt und der deskriptionale Anteil ist gering. Müssen Lernende während des Zeichnens Probleme bewältigen, die nicht im Lernzusammenhang stehen (extrinsische Belastung), sind sie auf Grund der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses außerdem unter Umständen nicht mehr in der Lage, vom Zeichnen zu profitieren, da Kapazitäten für die Bewältigung der Probleme benötigt werden und nicht mehr für die inhaltliche Auseinandersetzung (intrinsische, lernbezogene Belastung) zur Verfügung stehen (Leutner & Schmeck, 2014; 3.3). In solchen Fällen ist das (generative) drawing principle nicht gegeben. Im Zusammenhang mit dem (generative) drawing principle berichten Leutner und Schmeck (2014) auch vom prognostic drawing principle: Die Ergebnisse empirischer Studien (z. B. Schwamborn, Mayer et al., 2010; van Meter, 2001; van Meter et al., 2006) konnten zeigen, dass Lernende, die genaue Zeichnungen anfertigten, in Lernerfolgstests besser abschnitten als Lernende, deren Zeichnungen eher ungenau ausfielen.

Eine große Anzahl an Studien stützt das (generative) drawing principle, zeigt aber zugleich, dass das Zeichnen eine kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit darstellt und Unterstützungsmaßnahmen (z. B. Hinweise zur Darstellung oder zum Umgang mit der Textgrundlage, Zeigen von Beispieldarstellungen, gezieltes Training) erfordern kann, um einen Mehrwert zu bieten (Fiorella & Zhang, 2018; Leopold & Leutner, 2015; Quillin & Thomas, 2015; Stieff, 2017; van Meter & Firetto, 2013). Vor diesem Hintergrund ist es wenig überraschend, dass die Befundlage von Studien zum Zeichnen insgesamt sehr heterogen ausfällt: Einige Studien zeigen, dass Lernende ohne wesentliche Unterstützungsmaßnahmen von der Anfertigung von Zeichnungen auf Grundlage von Texten profitieren können (z. B. Alesandrini, 1981;

Gobert & Clement, 1999; Leopold & Leutner, 2012). Andere Studien ergaben, dass insbesondere oder ausschließlich bei dem Vorhandensein von Unterstützungsmaßnahmen positive Effekte für das Zeichnen festgestellt werden konnten (z. B. Ainsworth, 2010; Leopold, 2009; Schwamborn, Mayer et al., 2010; Schwamborn, Thillmann et al., 2010; van Meter, 2001; van Meter et al., 2006; Zhang & Fiorella, 2021). Fiorella und Mayer (2015) führen 26 empirische Belege – Studien und Teilstudien – an, bei denen Lernende, die zeichneten, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe bessere Leistungen im Bereich Verständnis oder Transfer zeigten. Wiederum andere Studien konnten keine wesentlichen Vorteile oder sogar Nachteile des Zeichnens gegenüber anderen Strategien feststellen (z. B. Ainsworth & Iacovides, 2005; Gobert, 2005; Leutner et al., 2009; Rasco et al., 1975; Schwamborn et al., 2011; Tirre et al., 1979; Zhang & Fiorella, 2019).¹

Fiorella und Zhang (2018) argumentieren auf Grundlage ihres Literaturüberblicks, dass eindeutige positive Effekte des Zeichnens (bezogen auf Verständnis- und Transfertestergebnisse) meist nur im Vergleich zu textbasierten Strategien oder im Vergleich zum alleinigen Lesen von Texten festgestellt wurden. Vergleicht man dahingehend Zeichnen zu elaborierten Alternativen, wie z. B. die Auseinandersetzung mit einem Text inklusive einer diesen erläuternden Abbildung, fallen die Ergebnisse weniger eindeutig aus und sind eher von Unterstützungsmaßnahmen und anderen Faktoren abhängig (Fiorella & Zhang, 2018). Wie zuvor dargestellt, kann Zeichnen ohne Unterstützungsmaßnahmen zu einer Überlastung des Arbeitsgedächtnisses führen, wobei die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zu kurz kommt (Leutner & Schmeck, 2014). Van Meter und Firetto (2013) argumentieren wiederum, dass die Ergebnisse von Studien, die von einem neutralen oder negativen Effekt des Zeichnens im Vergleich zu anderen Methoden berichten, sich auf Grund der nicht bereitgestellten Unterstützungsmaßnahmen oder anhand der falschen Testinstrumente erklären lassen könnten. Die Wahl ungeeigneter Testinstrumente machen van Meter und Firetto (2013, S. 274) an folgendem Beispiel deutlich: „Ein Lernender, der eine Zeichnung anfertigt und beschriftet, die die anatomischen Strukturen der Niere umfasst, schneidet bei einem Anatomietest wahrscheinlich gut ab, würde aber bei Aufgaben, die das Wissen über physiologische Prozesse in der Niere betreffen, schlechter abschneiden.“²

¹ Für einen inhaltlichen Überblick zu ausgewählten Studien zum Zeichnen auf Grundlage von Texten vgl. z. B. Fiorella und Mayer (2015); Fiorella und Zhang (2018); Leutner und Schmeck (2014, 2022); van Meter und Firetto (2013); van Meter und Garner (2005).

² Im Original: „[...] a learner who constructs a drawing that shows and labels the anatomical structures of the kidney may do well on anatomy test items but would perform more poorly on items testing knowledge of physiological processes within the kidney.“ (van Meter und Firetto, 2013, S. 274).

3.4.3 Cognitive Model of Drawing Construction

Das Cognitive Model of Drawing Construction von van Meter und Firetto (2013; Abb. 3.4) erweitert die bereits vorgestellte Generative Theory of Drawing Construction (van Meter & Garner, 2005; Abb. 3.3 in 3.4.2). Das Modell vereint Inhalte aus dem Integrativen Modell des Text- und Bildverstehens von Schnotz (2005), der Kognitiven Theorie des Multimedialen Lernens von R. E. Mayer (2005) sowie der Selbstregulationsmechanismen von Winne (Winne & Hadwin, 1998). Das Cognitive Model of Drawing Construction beschreibt wie auf Grundlage eines Ausgangsmaterials, in der Regel eines Texts, eine Zeichnung entsteht. Dabei wird Zeichnen als eine Strategie verstanden, die zu generativem Lernen führen kann (van Meter & Firetto, 2013; 3.4.1). Wie bereits im Zusammenhang mit dem (generative) drawing principle (3.4.2) deutlich gemacht, verweisen van Meter und Firetto (2013) auf die Bedeutsamkeit von Unterstützungsmaßnahmen zur Reduzierung der mit dem Zeichnen verbundenen Anforderungen.

Das Modell umfasst interne Repräsentationen, Vorwissen, kognitive Prozesse (durchgehende Pfeile) und illustriert den Einfluss von Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen (gestrichelte Pfeile) (Abb. 3.4). Lernende lesen beispielsweise einen Ausschnitt eines Schulbuchttexts und bilden auf dieser Grundlage zunächst eine Oberflächenrepräsentation (en.: surface representation), die linguistische Eigenschaften des Texts umfasst (van Meter & Firetto, 2013). Bei diesem Vorgang handelt es sich um eine subsemantische Verarbeitung (Schnotz, 2014). Verbale Organisationsprozesse haben dabei zum Ziel, Sprachinformationen morphologisch und syntaktisch zu verarbeiten (Schnotz, 2002). Die Textoberflächenrepräsentation entspricht damit weitestgehend der Formulierung des Texts und erlaubt wortwörtliches Wiederholen, ohne dass dieser inhaltlich verstanden werden muss (Schnotz, 2006, S. 156). Die ausgewählten Informationen werden im Anschluss in einer propositionalen Repräsentation (en.: propositional representation) organisiert, die Elemente und Relationen der Textgrundlage umfasst und durch Vorwissen beeinflusst werden kann (van Meter & Firetto, 2013). Grundlage hierfür ist die semantische Verarbeitung (Schnotz, 2014). Diese führt dazu, dass eine elaboriertere propositionale Repräsentation entsteht, die multiple Verknüpfungen von Symbolen in Form von komplexen Symbolen umfasst (Schnotz & Bannert, 1999). Die propositionale Repräsentation erlaubt sinngemäßes Wiederholen des Texts; die ursprünglichen Formulierungen sind jedoch nicht mehr abrufbar (Schnotz, 2006). Die so entstandene modalitätsspezifische propositionale Repräsentation liefert in Verbindung mit dem Vorwissen die Voraussetzung zur Entstehung eines mentalen Modells, das als „modalitätsunspezifische analoge Repräsentation“ (Schnotz, 2006, S. 174) verstanden werden kann. Ein mentales Modell ist nicht an eine spezifische sensorische

Modalität gebunden, verwirft unrelevante Details des ursprünglichen Ausgangsmaterials, geht zugleich über dieses hinaus, indem es Vorwissen aus dem Langzeitgedächtnis einbezieht und stellt den Übergang von einer deskriptionalen zu einer depiktionalen Repräsentation dar (Schnotz & Bannert, 2003, S. 143). Zusätzlich können weitere Interaktionen zwischen allen internen Repräsentationen angenommen werden (Schnotz & Bannert, 2003). Um zu einer Zeichnung zu gelangen, kann ausgehend vom mentalen Modell ein Erscheinungsbild (en.: perceptual image) der Zeichnung abgeleitet werden. Dieses besitzt im Gegensatz zum modalitätsunspezifischen mentalen Modell bereits strukturelle depiktionale oder deskriptionale Eigenschaften (2.4) der späteren Zeichnung in der Außenwelt (Abb. 3.4). Weiterhin betonen van Meter und Firetto (2013, S. 255), dass es auch möglich ist, eine Zeichnung ohne Bildung eines mentalen Modells zu erzeugen: In diesem Fall muss im Modell eine direkte Verbindung zwischen der Textoberflächenrepräsentation bzw. der propositionalen Repräsentation hin zum Erscheinungsbild der Zeichnung gedacht werden. Dabei wird jedoch die Wirksamkeit des Zeichnens als Lernstrategie gemindert (van Meter & Firetto, 2013). Die Bildung eines mentalen Modells ist auf Grund der intensiven Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand jedoch wahrscheinlich, da die Übersetzung (Translation; 2.2) eines textbasierten Ausgangsmaterials in eine externe bildliche Repräsentation die Selektion, Organisation und Integration zwischen interner verbaler und bildlicher Repräsentation erfordert (van Meter & Firetto, 2013).

Ebenso wie Leutner und Schmeck (2022) verweisen auch van Meter und Firetto (2013) darauf, dass der Zeichenprozess selbst nicht linear verläuft und rekursiv ist; Lernende wechseln dabei wiederholt zwischen der Textgrundlage und der Zeichnung, während sie die internen Repräsentationen erweitern bzw. verändern. Untersuchungen konnten zeigen, dass Lernende prozessbegleitend von metakognitiven Strategien Gebrauch machen (Kollmer et al., 2020; Schleinschok et al., 2017; Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; 3.6), indem sie sich beispielsweise selbst eine Frage stellen. In diesem Zusammenhang greift das Cognitive Model of Drawing Construction – im Gegensatz zur Generative Theory of Drawing Construction – die Selbstregulationsmechanismen von Winne auf (Winne & Hadwin, 1998). Einige empirische Befunde lassen ferner vermuten, dass nicht das Zeichnen selbst, sondern die durch diese Aktivität ausgelöste Selbstregulation das Lernen positiv beeinflusst (vgl. Stieff, 2017). Selbstregulierte Lernende legen Standards für ihre Zeichnung fest (z. B. Abstraktionsgrad, Anzahl der Inhalte), entwickeln einen Plan zur Realisierung dieser, wählen bedarfsgerecht metakognitive Strategien aus, die die Zielerreichung unterstützen, und erst die Ausführung des Plans führt zur Entstehung des mentalen Modells und zur Übersetzung in eine externe bildliche Repräsentation (van Meter & Firetto, 2013, S. 252, 254). Infolge des wiederholten Abgleichs zwischen Ist- und Sollzustand im Verlauf des

Zeichenprozesses kann das eigene Selbstmonitoring zur Änderung des initialen Plans und zur Auswahl alternativer Strategien führen (van Meter & Firetto, 2013, S. 253). Eine vertiefte Auseinandersetzung mit empirischen Befunden zum Zeichenprozess schließt in Unterkapitel 3.6 an.

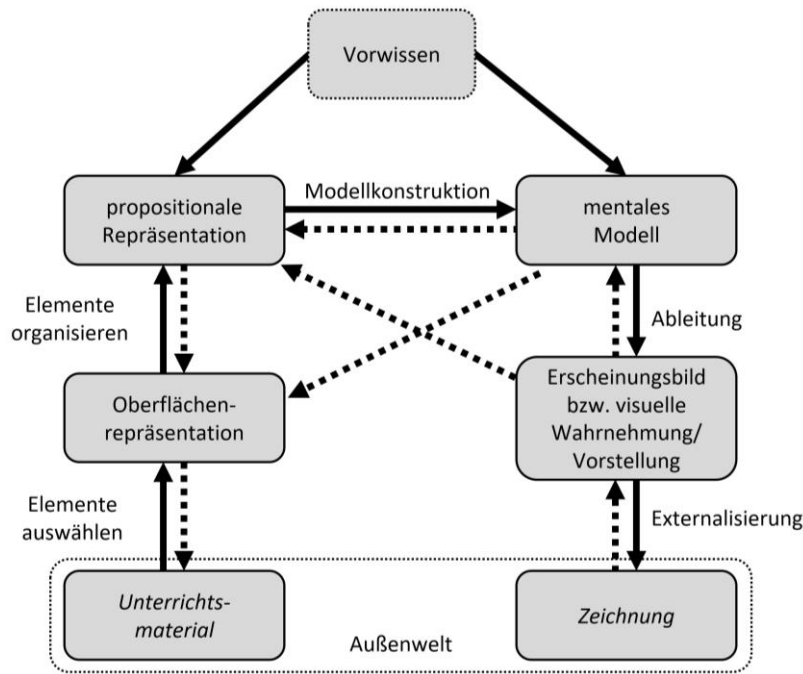


Abbildung 3.4 Illustration des Cognitive Model of Drawing Construction, nach van Meter und Firetto (2013, S. 256), eigene Übersetzung¹

Obwohl sich das Cognitive Model of Drawing Construction auf das Integrative Modell des Text- und Bildverstehens nach Schnotz (2005) bezieht, sprechen van Meter und Firetto (2013) von Oberflächenrepräsentation (en.: surface representation) anstatt von Textoberflächenrepräsentation (en.: text surface representation, vgl. Schnotz, 2014) und von Unterrichtsmaterial (en.: instructional material) anstatt explizit von Texten (en.: text, vgl. Schnotz, 2014). Man könnte daher zu der Annahme gelangen, dass das Modell die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von nicht-textbasierten Ausgangsmaterialien (z. B.

¹ Die Übersetzung des Cognitive Model of Drawing Construction erfolgte unter Zuhilfenahme der Übersetzung der Generative Theory of Drawing Construction (vgl. Schmeck, 2010 für die deutsche Übersetzung bzw. van Meter & Garner, 2005 für das englischsprachige Original) sowie der Übersetzung des Integrativen Modells des Text- und Bildverstehens (vgl. Schnotz, 2002 für die deutsche bzw. Schnotz, 2003 für die englische Version des Modells). Der von van Meter und Firetto (2013) geprägte Begriff perceptual image wurde sowohl in Form einer direkten Übersetzung als Erscheinungsbild benannt als auch, in Anlehnung an Schnotz (2002, 2003, 2014), als visuelle Wahrnehmung/Vorstellung übersetzt, da einerseits eine visuelle Vorstellung vom mentalen Modell abgeleitet wird und andererseits eine Wahrnehmung des bereits konstruierten Bilds (Zeichnung) entsteht. Der Begriff der visuellen Vorstellung bezieht sich nicht auf die Wahrnehmung durch sensorische Eindrücke, sondern auf ein gedachtes Bild; die zugrunde liegenden kognitiven Mechanismen sind dabei identisch (Schnotz & Bannert, 2003).

Bild, Beobachtung; Abb. 3.1 in 3.2) ebenfalls abdeckt, doch die von van Meter und Firetto (2013) angeführten empirischen Befunde, die das Cognitive Model of Drawing Construction stützen, beziehen sich ausschließlich auf Zeichnungen, die auf Grundlage eines Texts entstanden. Die Erweiterung des Modells für andere Ausgangsmaterialien wird jedoch als *D desiderat* formuliert (vgl. van Meter & Firetto, 2013).

3.4.4 Mapping

Die im Zusammenhang mit dem (generative) drawing principle (3.4.2) und dem Cognitive Modell of Drawing Construction (3.4.3) angeführten Studien betrachten fast ausschließlich die Generierung von wenig abstrakten Zeichnungen mit meist geringem deskriptionalen Anteil auf Grundlage eines Texts. Wie zu Beginn des Unterkapitels 3.4 dargestellt, unterscheidet sich drawing von mapping. Beim mapping entstehen die Zeichnungen zwar ebenfalls wie beim drawing auf Grundlage eines Texts, allerdings weisen die entstandenen Zeichnungen (z. B. Concept Map, Wissenslandkarte, grafische Organizer) primär verbalsprachliche Eigenschaften auf, d. h. geschriebene Wörter oder kurze Sätze, deren räumliche Anordnung die Zusammengehörigkeit repräsentiert (Adesope et al., 2022; Fiorella & Mayer, 2016). Der Aufbau der resultierenden Darstellungen in Form mehrerer Elemente (Textbausteine) und Relationen (Pfeile, Verbindungslinien) ist an die angenommene propositionale Wissensrepräsentation im Langzeitgedächtnis angelehnt (vgl. Jüngst, 1998; Zoelch et al., 2019). Ähnlich wie drawing kann auch mapping zum generativen Lernen führen, da sich Lernende aktiv mit dem Lerngegenstand auseinandersetzen, indem sie einen linearen Text durch Selektion, Organisation und Integration in eine Zeichnung übersetzen (Konstruktion, Translation; 2.2), die Beziehungen zwischen Textinformationen räumlich abbildet (Fiorella & Mayer, 2015). Mapping kann zudem als Organisationsstrategie angesehen werden, da das Ausgangsmaterial transformiert und in nicht-linearer Weise reorganisiert wird (Weinstein et al., 2011). In neuer Literatur wird auch vom **mapping principle** gesprochen (vgl. Adesope et al., 2022).

Nesbit und Adesope (2006) konnten in ihrer Metaanalyse, die 55 Studien zu Concept Maps und Wissenslandkarten umfasste, für viele Lernsituationen und Kontexte einen Mehrwert der Anfertigung oder Nutzung solcher Darstellungen gegenüber anderen Methoden (z. B. schriftliche Zusammenfassung eines Texts) feststellen. Eine ähnliche Befundlage ergibt sich auch für die erweiterte Metaanalyse von Schroeder et al. (2018). Ebenfalls führen Fiorella und Mayer (2015) 39 Studien an, die die Konstruktion von Concept Maps, Wissenslandkarten oder grafischen Organizern mit anderen Methoden im experimentiellen Design verglichen haben. In fast allen Fällen setzten sich Lernende, die eine der zuvor

genannten Darstellungen konstruiert haben, gegenüber unterschiedlichen Kontrollgruppen durch.

Auch beim mapping kann die inhaltliche Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand zu kurz kommen, wenn die mit der Bearbeitung der Aufgabenstellung verbundene extrinsische Belastung zu hoch ist (Colliot & Jamet, 2018, 2019; Stull & Mayer, 2007). Fiorelle und Mayer (2015, 2016) verweisen im Zusammenhang mit dem mapping darauf, dass Unterstützungsmaßnahmen (z. B. gezieltes Training, teilvervollständige Abbildungen) die Anfertigung von Zeichnungen erleichtern können. Außerdem weisen einzelne Untersuchungen darauf hin, dass die Generierung solcher Darstellungsformen eher für Lernende mit geringen Erfahrungen oder Fähigkeiten nützlich sein kann (vgl. z. B. Haugwitz et al., 2010 für das Beispiel des Blutkreislaufs).

3.4.5 Konstruktion von Ablaufdiagrammen auf Grundlage von Texten

In diesem Unterkapitel werden Ablaufdiagramme als typische und für den Biologieunterricht bedeutsame Vertreter von Zeichnungen vorgestellt, die auf Grundlage von Texten konstruiert werden können. Die nachfolgenden Ausführungen machen zugleich deutlich, dass Ablaufdiagramme sowohl dem zuvor vorgestellten mapping (3.4.4) als auch dem drawing (3.4.2) zugeordnet werden können.

Im Rahmen dieser Arbeit wird unter Ablaufdiagramm (Synonym: Abfolgediagramm) eine Form der Zeichnung verstanden, bei der der Ablauf eines Prozesses mit Hilfe von Elementen (z. B. einzelne Wörter, kurze Sätze) und Relationen (z. B. Pfeile, Verbindungslinien) dargestellt wird (Abb. 3.5a). Wie die nachfolgenden Erläuterungen zeigen werden, erlauben Ablaufdiagramme es, komplexe Prozesse übersichtlich und auf das Wesentliche reduziert darzustellen. Die Relationen veranschaulichen dabei die Zusammenhänge zwischen den Elementen. Die Konstruktion von Ablaufdiagrammen auf Grundlage von Texten kann sowohl als Konstruktion als auch als Übersetzung (Translation) zwischen Repräsentationsformen angesehen werden (2.2). Empirische Befunde zeigen, dass die Bedeutung von Pfeilen oder Verbindungslinien als diagrammspezifische Konventionen zu Missverständnissen führen können (vgl. Wright et al., 2014 für biologische Beispiele).

Verschiedene curriculare Steuerungsdokumente beziehen sich konkret auf Ablaufdiagramme: So verweist beispielsweise der Rahmenlehrplan Naturwissenschaften für die fünfte und sechste Klassenstufe im Bundesland Rheinland-Pfalz auf die Darstellung von Prozessen mit Hilfe von Ablaufdiagrammen (MfBWJK, 2010, S. 44). Als Themen für Ablaufdiagramme im naturwissenschaftlichen Sinne bieten sich z. B. der Wasserkreislauf, die

Herstellung einer Creme oder die Salzgewinnung (MfBWJK, 2010) bzw. bezogen auf rein biologische Zusammenhänge z. B. die Immunabwehr nach Eindringen eines Krankheitserregers oder der Ablauf der Meiose und Mitose (MfBWWK, 2014) an. Letztere Prozesse sind gute Beispiele dafür, dass ein Ablaufdiagramm nicht zwangsläufig auf einzelne Wörter oder kurze Sätze beschränkt sein muss (mapping, 3.4.4), sondern depiktionale Teilzeichnungen umfassen kann (drawing, 3.4.2). Im Fall der Meiose oder Mitose können Teilzeichnungen die unterschiedliche Lage und Gestalt von Chromosomen in der jeweiligen Phase darstellen. Ablaufdiagramme, die wiederum ausschließlich auf Textbausteine und Pfeile oder Verbindungslinien zurückgreifen, können auf Grund des Nicht-Übereinstimmens mit dem Gemeintem als logische Bilder angesehen werden (vgl. Schnotz, 2006; 2.3). Erfolgt die Konstruktion ausschließlich auf Grundlage eines Texts und ohne Visualisierung (ergänzendes Bild) kommt dem Vorwissen eine besonders bedeutsame Rolle zu (van Meter & Firetto, 2013, S. 255).

Die Schulbuchanalyse von Brunner (2018) konnte zeigen, dass in ausgewählten Biologieschulbüchern führender Schulbuchverlage¹ für die Mittelstufe² durchschnittlich 6.9% ($SD = 4.7$) aller Aufgabenstellungen, welche die Konstruktion einer externen bildlichen Repräsentation fordern, die Erstellung eines Ablaufdiagramms betreffen. Eine ähnliche Befundlage ergibt sich für ausgewählte Biologieschulbücher der Oberstufe³ ($M = 8.6$, $SD = 6.3$).

Auf Grund von Ähnlichkeiten zwischen Ablaufdiagrammen und verwandten Darstellungsformen wird nachfolgend eine Differenzierung zwischen diesen vorgenommen: So können Pfeildiagramme im wörtlichen Sinne als Überbegriff für alle Darstellungsformen verstanden werden, die Relationen zwischen Elementen (z. B. einzelne Textbausteine) durch Pfeile ausdrücken. Alternativ zu diesem Verständnis können Pfeildiagramme ebenso als einfachste Form solcher Darstellungen angesehen werden. Im schulischen Kontext fallen Pfeildiagramme weniger komplex aus als Ablauf- oder Flussdiagramme (vgl. Kattmann, 2020c). Der Rahmenlehrplan Naturwissenschaften für die fünfte und sechste Klassenstufe im Bundesland Rheinland-Pfalz nennt als ein Beispiel für Pfeildiagramme die Darstellung der Nahrungsbeziehung zwischen Lebewesen (vgl. MfBWJK, 2010, S. 30).

Bezogen auf die Biologiedidaktik verwendet Kattmann (2020c, S. 361, 364) die Bezeichnung *Abfolgediagramm* für Darstellungen, die Abläufe bzw. Abfolgen von Prozessen mittels

¹ Der Marktanteil der drei großen Verlage Cornelsen, Klett und Westermann liegt bei etwa 90% und die verbleibenden 10% werden durch etwa 70 weitere Verlage bedient (Brandenberg, 2006, S. 52).

² Region: Rheinland-Pfalz; Bücher: Biologie heute aktuell (Westermann), Bioskop (Westermann), Linder Biologie (Westermann), Natura (Klett), Prisma Biologie (Klett); vgl. Brunner (2018).

³ Region: Rheinland-Pfalz; Bücher: Biologie heute aktuell (Westermann), Biologie Oberstufe (Cornelsen), Bioskop (Westermann), Natura (Klett); vgl. Hannemann (2018).

Blöcken (z. B. umrandete Wörter) und Pfeilen (Relationen) darstellen. Den wesentlich gebräuchlicheren Begriff¹ der Ablaufdiagramme erwähnt Kattmann (2020c) nicht. Der Abgleich zwischen den Beispielen, die Kattmann (2020c) für Abfolgediagramme anführt, zeigt, dass diese strukturell und funktional Ablaufdiagrammen entsprechen und der Begriff der Blöcke mit dem der Elemente gleichzusetzen ist.

Demgegenüber gehen Concept Maps „meist von der psychologischen Modellvorstellung der netzartigen Wissensspeicherung in Elementen und Relationen aus“ (Jüngst, 1998, S. 25). Dabei handelt es sich in der Regel um eine Sammlung von Assoziationen zu einem oder mehreren Begriffen (Elementen), die mit Linien oder Pfeilen verbunden sind (Relationen), ohne, dass dabei ein Ablauf oder Prozess intendiert ist (Abb. 3.5b; vgl. z. B. Novak & Cañas, 2006; Vanides et al., 2005). Mindmaps zeigen Assoziationen zu einem zentral notierten Begriff; ausgehend von diesem ergeben sich Verzweigungen in Form von Ästen zu den untergeordneten Begriffen (Weidenmann, 2006).

Flussdiagramme veranschaulichen wiederum „den Fluss von Informationen, Stoffen oder Energie innerhalb eines Systems bzw. durch ein System“ (Scherb, 2018, S. 24). Nach Kattmann (2020c) stellen die Pfeile dabei keine Relationen, sondern Flüsse dar, wobei die Blöcke Apparate, Organe, Organismen oder Speicher repräsentieren können. Als Beispiele für Flussdiagramme nennt er beispielsweise Regelkreissysteme, Stoffkreisläufe, Energieflüsse und Reiz-Reaktionsdiagramme. Kattmann (2020c, S. 364) verdeutlicht, dass Abfolgediagramme häufig fälschlicherweise als Flussdiagramme bzw. Fließdiagramme bezeichnet werden (Abb. 3.5c).

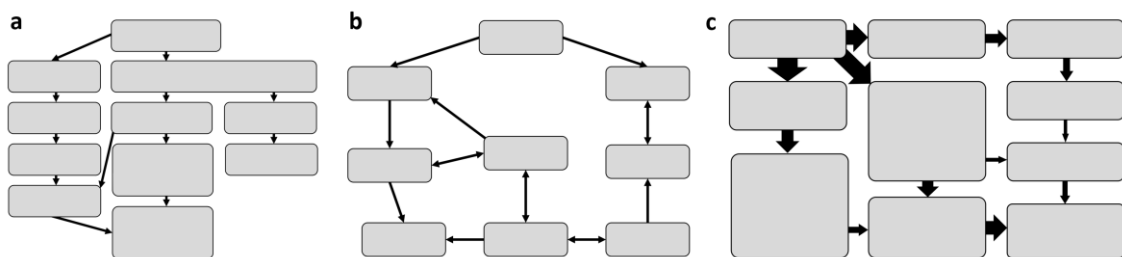


Abbildung 3.5 Charakteristische Struktur unterschiedlicher Darstellungsformen: **a)** Ablaufdiagramm, **b)** Concept-Map und **c)** Flussdiagramm, verändert nach Scherb (2018)

¹ Der Begriff Abfolgediagramm erzielt in einer Google-Scholar-Suche lediglich sieben Ergebnisse, wovon sich drei Ergebnisse auf Kattmann (2013c) beziehen, und in einer Google-Suche 117 Ergebnisse. Der Begriff Ablaufdiagramm erzielt dahingegen 5620 Suchergebnisse in Google-Scholar und 109000 Ergebnisse in einer Google-Suche. Die Abfrage erfolgte am 10. März 2022.

Während Kattmann (2020c) Stickstoffkreisläufe als Flussdiagramm ansieht, fassen Lohse et al. (1994) diese Darstellungsform als ein Prozessdiagramm (en.: process diagram) auf. In Abgrenzung dazu bezeichnen Lohse et al. (1994) die schematische Darstellung des Aufbaus eines Motors oder des Herzens als Strukturdiagramm (en.: structure diagram), wohingegen Schnotz (2006, S. 162) verdeutlicht, dass Strukturdiagramme den logischen Bildern zuzuordnen sind und nur die Beziehungen zwischen qualitativen Merkmalen veranschaulichen. Das von Schnotz (2006, S. 163) angeführte Beispiel für ein Strukturdiagramm ähnelt wiederum strukturell dem in Abbildung 3.5a dargestellten Beispiel für Ablaufdiagramme. Weidenmann (2006, S. 444) übersetzt Concept Maps mit Begriffslandkarten, wohingegen Fiorella und Mayer (2015) in Anlehnung an empirische Befunde Concept Maps von Wissenslandkarten (en.: knowledge map) und grafischen Organizern unterscheiden. Im Hinblick auf die widersprüchlichen Auffassungen, Zuordnungen und Abgrenzungen soll an dieser Stelle auf Desnoyers (2011, S. 120) verwiesen werden, der vor dem Hintergrund seines Systematisierungsbestrebens von externen bildlichen Repräsentationen die festgestellte Polysemie zwischen Autorinnen und Autoren als „Quelle der Verwirrung“¹ bezeichnet. In englischsprachigen Publikationen wird teilweise auch auf die konkrete Benennung der Darstellungsform verzichtet und nur von der Visualisierung von Prozessen gesprochen (z. B. Tytler et al., 2018 für das Beispiel des Kreislaufs der Gesteine).

Vor diesem Hintergrund wurde die zu Beginn dieses Unterkapitels vorgeschlagene weite Definition von Ablaufdiagrammen gewählt, die in Abgrenzung zu Concept Maps den Ablauf- oder Prozesscharakter des Dargestellten betont, wohl wissend, dass der Übergang zu anderen Repräsentationsformen fließend sein kann und hybride Darstellungsformen (vgl. Brandstetter-Korinth, 2016; Brunner, 2018; Hannemann, 2018) entstehen können.

3.5 Zeichnen auf Grundlage der Beobachtung von Objekten

Wie in Unterkapitel 3.2 dargestellt, gibt es vielfältige Gründe, die dafür sprechen können, Lernende eigene Zeichnungen anfertigen zu lassen. Aus empirischer Sicht wurde dem Zeichnen als Lernstrategie besonders viel Aufmerksamkeit geschenkt (vgl. Cromley et al., 2020; Fiorella & Zhang, 2018; Leutner & Schmeck, 2014; van Meter & Firetto, 2013; van Meter & Garner, 2005; 3.4.2). In diesen Studien stellt das Ausgangsmaterial für die Konstruktion in der Regel eine Textgrundlage dar und die resultierende Zeichnung enthält im Falle des drawings (3.4.2) überwiegend depiktionale Anteile und im Falle des mappings (3.4.4)

¹ Im Original: „source of confusion“ (Desnoyers, 2011, S. 120).

überwiegend deskriptionale Anteile. Dieses Unterkapitel bezieht sich dahingegen auf das Zeichnen von biologischen Objekten auf Grundlage von Beobachtungen. Das Ausgangsmaterial stellt hierbei keine Textgrundlage, sondern eine Beobachtung, also die visuelle Wahrnehmung¹ eines Objekts, z. B. der eines mikroskopischen Präparats, dar. Bezogen auf dieses Beispiel zeigt sich, dass die entstandene mikroskopische Zeichnung vor allem depiktionale Charakteristika (z. B. Zellstrukturen) aufweist. Der deskriptionale Anteil einer solchen Zeichnung beschränkt sich lediglich auf die Beschriftung von Strukturen. Da sich das Zeichnen von biologischen Objekten auf Grundlage von Beobachtungen von dem bereits vorgestellten Zeichnen auf Grundlage von Texten fundamental unterscheidet (z. B. hinsichtlich des Ausgangsmaterials und der kognitiven Verarbeitung), werden nachfolgend zunächst dessen Relevanz sowie mögliche Anwendungsbereiche skizziert (3.5.1). Daran anknüpfend wird ein Modell zum Zeichnen von Objekten erläutert (3.5.2) und mikroskopische Zeichnungen als bedeutsame Vertreter dieser Form des Zeichnens vorgestellt (3.5.3). Hierbei wird der Blick insbesondere auf den Biologieunterricht gerichtet.

3.5.1 Relevanz und Anwendungsbereiche

Während es viele Studien gibt, die Lernende dazu auffordern, Zeichnungen von biologischen Objekten aus der Erinnerung (visuelle Vorstellung) zu konstruieren (z. B. Anderson et al., 2014; Bartoszeck & Tunnicliffe, 2017; Caine et al., 2017; Holthusen, 2002; Patrick, 2017; Shepardson et al., 2007), um beispielsweise Schülervorstellungen aufzudecken, gibt es nur sehr wenige Studien, die das Zeichnen von Strukturen auf Grundlage von Beobachtungen (visuelle Wahrnehmung) untersucht haben (z. B. Balemans et al., 2016; Fox & Lee, 2013; Panagiotopoulos et al., 2016; Rafi et al., 2017; Tytler et al., 2020). Doch welche Gründe sprechen für die zeichnerische Dokumentation einer Beobachtung? Die Beobachtung selbst stellt eine wesentliche Arbeitsweise der Biologie dar (Gropengießer, 2020a). Eine geeignete Form der Beschreibung dieser Beobachtung kann die Anfertigung einer biologischen Zeichnung darstellen (Dempsey & Betz, 2001). Das Zeichnen biologischer Strukturen „zwingt zum genauen Hinsehen, zur Erfassung der Gestalt und der Maßverhältnisse“ (Killermann et al., 2013, S. 134). Dabei können die Stärken depiktionaler Repräsentationen gegenüber deskriptionaler Repräsentationen gezielt genutzt werden (2.4). Die depiktionale

¹ Nach Schnotz (2014) gilt es zwischen der visuellen Wahrnehmung und der visuellen Vorstellung zu unterscheiden. Eine visuelle Wahrnehmung beruht auf sensorischen Eindrücken, wohingegen eine visuelle Vorstellung mit bereits vorhandenen mentalen Repräsentationen in Verbindung stehen kann. Zeichnungen, die auf Vorstellungen basieren, werden häufig im Zusammenhang mit Untersuchungen zur Aufdeckung von Schülervorstellungen generiert. Auch die Zeichnung eines geplanten Versuchsaufbaus kann auf einer visuellen Vorstellung beruhen. Dokumentiert eine Schülerin oder ein Schüler dahingegen ein Objekt in der Außenwelt, dann bezieht sich die resultierende Zeichnung auf die visuelle Wahrnehmung dieses Objekts.

Repräsentation hilft dabei, das zu erkennen und zu dokumentieren, „wozu sonst viele erklärende Worte notwendig wären“ (Gropengießer et al., 2012, S. 88). Zeichnen erlaubt zudem eigene Darstellungen zu generieren, wenn keine passende Darstellung vorliegt (Scherb & Nitz, 2020). Auch kann die intensive Auseinandersetzung mit dem Zeichenobjekt Schlussfolgerungen über dessen Fortbewegung oder Verhalten erlauben (z. B. im Fall von Wirbellosen, vgl. Tytler et al., 2018). Das Zeichnen biologischer Strukturen unterstützt den Erkenntnisprozess, indem Zeichnende darüber reflektieren, was sie sehen (z. B. Stadien der Zellteilung in der Wurzelspitze, vgl. Gropengießer et al., 2012). Dabei kann ein zeichnerischer Abgleich zwischen naiven Vorstellungen, wie sie vor einer Beobachtung vorliegen (erste Zeichnung), und elaborierten Vorstellungen, unmittelbar nach einer Beobachtung (zweite Zeichnung), erfolgen (z. B. Borsum, 1987; Caine et al., 2017). An außerschulischen Lernorten kann Zeichnen zudem die genaue Beobachtung fördern (Borsum, 1987).

Dabei geht es beim Zeichnen im Unterricht meist nicht darum, das Gezeichnete möglichst originalgetreu unter Verwendung von Hilfsmitteln abzubilden (Spörhase, 2010b)¹, sondern charakteristische Merkmale zu erfassen und vereinfacht darzustellen (Leslie, 1995, 2021; Retzlaff-Fürst, 2020). Durch den Abgleich zwischen Original, Vorstellung und Zeichnung lernen Zeichnende, Wesentliches von Unwesentlichem zu unterscheiden (Spörhase, 2010b, S. 146). Hiervon profitieren auch Schülerinnen und Schüler mit sprachlichen Schwierigkeiten (Borsum, 1987; Gropengießer et al., 2012). Für ungeübte Zeichnende bietet sich insbesondere das Darstellen von Pflanzen an, da sich diese nicht fortbewegen und eine gleichmäßige Beobachtung erlauben (Dempsey & Betz, 2001), sowie einfache humanbiologische und zoologische Strukturen (z. B. äußerlicher Aufbau des Auges, Stadien von Kaulquappen, vgl. Borsum, 1987).

Bezogen auf die deutschen Bildungsstandards ist das Zeichnen biologischer Strukturen insbesondere für die Kompetenzbereiche Erkenntnisgewinnung und Fachwissen relevant (Spörhase, 2010b). Im Biologieunterricht findet die Anfertigung von Zeichnungen häufiger im Zusammenhang mit dem Mikroskopieren statt (Scherb & Nitz, 2020). Biologisches Zeichnen, insbesondere in Verbindung mit dem Mikroskop, bedarf jedoch Übung (Gropengießer et al., 2012) und ist durch Konventionen bestimmt (Retzlaff-Fürst, 2020; 3.5.3).

¹ Vgl. 3.1 zu Typen von Zeichnungen.

3.5.2 Modell zum Zeichnen von Objekten

Während das bereits vorgestellte Cognitive Model of Drawing Construction von van Meter und Firetto (2013; 3.4.3) ausschließlich die Generierung von Zeichnungen auf Grundlage von Texten abdeckt, bezieht sich das Modell von van Sommers (1989) auf die Generierung von Zeichnungen auf Grundlage von abstrakten Darstellungen, Bildern, realen Objekten, gesprochenen Wörtern, Klängen sowie haptischen Inputs. Obwohl einzelne Aspekte des Modells von verschiedenen Autorinnen und Autoren kritisiert wurden (z. B. Cohn, 2012; Guérin et al., 1999), stellt es neben anderen spezielleren Modellen (z. B. Cohn, 2012; Fava, 2011) das umfangreichste dar und kommt vielfach in empirischen Studien zur Anwendung. Im Rahmen dieses Unterkapitels wird sich auf das Teilmodell der Generierung von Zeichnungen auf Grundlage von Objekten beschränkt (Abb. 3.6). Van Sommers (1989) Modell wird beispielsweise häufig im Zusammenhang mit der Kinderzeichnungsforoschung (vgl. z. B. Koepe-Lokai, 1996) herangezogen und basiert auf den Erkenntnissen vieler klinischer Studien zum Zeichnen. Es erweitert das Modell von Bruce und Young (1986), das sich ausschließlich auf die Gesichtserkennung bezieht, um fünf Teilschritte der grafischen Produktion und greift die Objekterfassung von 2D über 2½D hin zu 3D nach Marr (1982) auf. Der Übergang von 2D zu 3D meint die kognitive Verarbeitung des retinalen Abbilds und den Übergang zur dreidimensionalen Modellrepräsentation der real existierenden Welt (Müseler, 2017, S. 41). Das Langzeitgedächtnis kann dabei die Grundlage für die Erkennung und Benennung eines Objekts liefern (Abb. 3.2). Abhängig von der Komplexität des Darzustellenden kann der Zeichenprozess kognitiv anspruchsvoll sein (van Sommers, 2009). Die nachfolgende Beschreibung des Modells orientiert sich an den Erläuterungen von van Sommers (1989):

Das Modell lässt sich in die übergeordneten Modellkomponenten der visuellen Analyse (2D über 2½D hin zu 3D) und der Produktion der Zeichnung unterteilen. Bis zur Fertigstellung einer Zeichnung wird die in Abbildung 3.6 dargestellte Abfolge von Teilschritten mehrmals durchlaufen, wobei der Vorgang nicht zwangsläufig unidirektional verläuft. Der erste Teilschritt, die Abbildungsentscheidungen und -prozesse (en.: depiction decisions and processes), umfasst beispielsweise die Festlegung der Gestalt, des Zustands und des Detailgrads der abzubildenden Objekte. Wird ein abstraktes Design lediglich kopiert, entfällt dieser Schritt. Verschiedene Abbildungsentscheidungen werden zu unterschiedlichen Zeitpunkten im Zeichenprozess getroffen. Dahingegen beschreiben Produktionsstrategien (en.: production strategies), in welcher Reihenfolge die kleinsten Elemente einer Zeichnung (z. B. Linien) die nächstgrößeren Einheiten (z. B. Würfel) bilden. Kontingentes Planen (en.: contingent planning) bezieht sich auf die Planung größerer Einheiten und verhindert, dass das Setzen jedes einzelnen Strichs elaboriert werden muss. Van Sommers (1989) sieht

kontingentes Planen als eine Art Problemlösen an, wohingegen routiniertes Planen (en.: routine planing) auf Erfahrungen basiert (z. B. einfache Darstellung einer Sonne: zuerst wird ein Kreis gezeichnet, dann mehrere strahlenförmig angeordnete Linien, anstatt umgekehrt). Frühe Fehleinschätzungen können im Verlauf der Genese einer Zeichnung zu Darstellungsschwierigkeiten führen. Der Schritt der Artikulation und Ökonomie (en.: articulation and economies) besteht wiederum aus acht Teilelementen, die erfahrungsbasierte Routinen darstellen, wie z. B. die Richtung, in der eine kreisförmige Struktur geschlossen wird, die Reihenfolge, in der nah beieinanderliegende Linien gezeichnet werden oder die Richtung, in der eine Linie vervollständigt wird. Motorische Programme (en.: motor programmes) führen schließlich zu den mit dem Zeichnen verbundenen Handbewegungen.

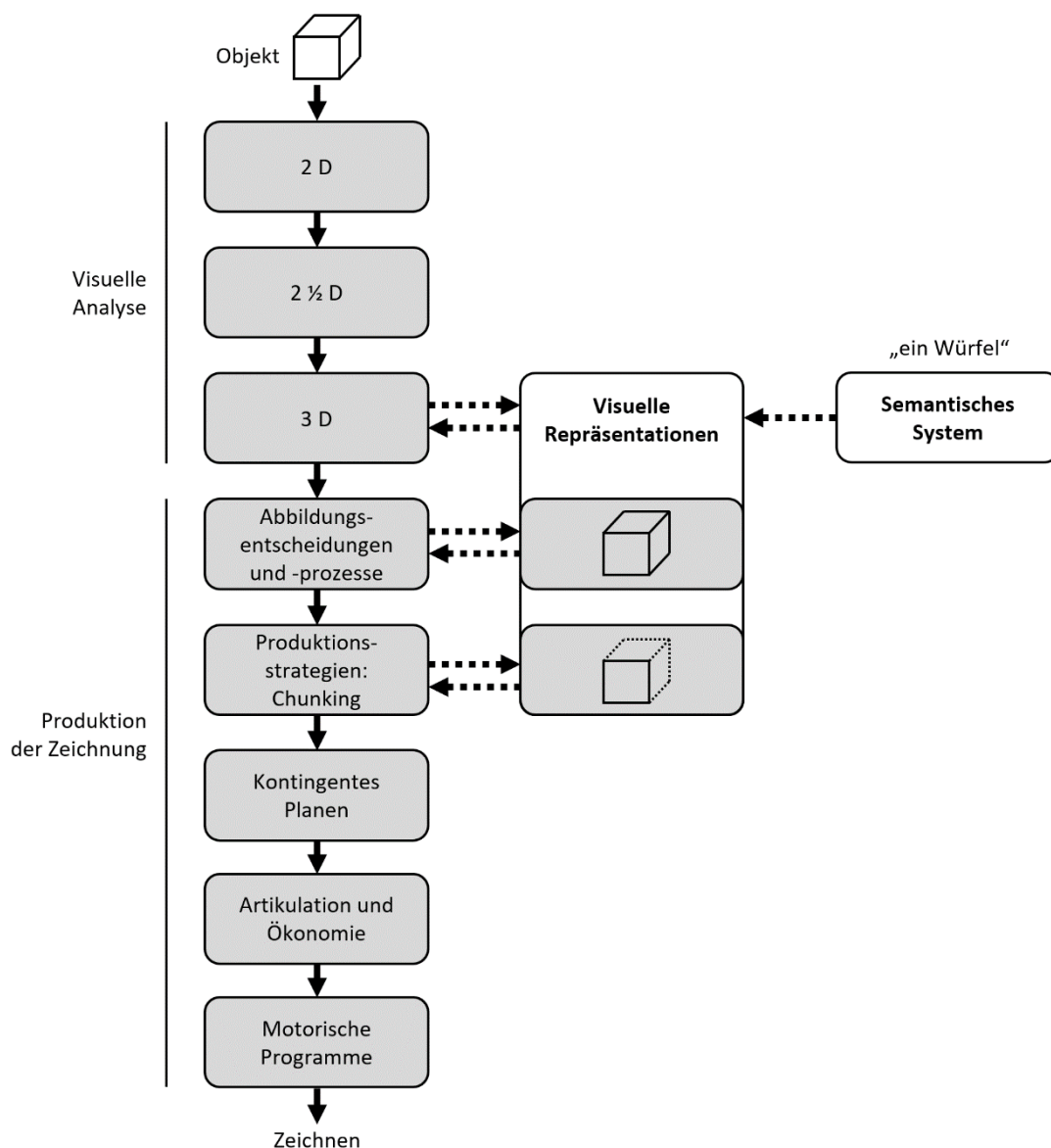


Abbildung 3.6 Modell des Zeichenprozesses auf Grundlage von Objekten nach van Sommers (1989, S. 118, 120, 143), zusammengeführte Darstellung, eigene Übersetzung

Van Sommers (1989) verweist darauf, dass es möglich ist, Strukturen zu zeichnen, ohne alle Schritte der visuellen Analyse zu durchlaufen. Übertragen auf einen Zeichenanlass in Verbindung mit dem Mikroskop bedeutet dies, dass Lernende, die durch ein Mikroskop blicken, nicht zwangsläufig eine (vollständige) visuelle Analyse des mikroskopischen Präparats – des 3D-Objekts – vornehmen müssen. Erschwerend kommt hinzu, dass bei manchen Präparaten erst die Betätigung des Feintriebs am Mikroskop die unterschiedlichen Ebenen des mikroskopischen „Bilds“ enthüllt. Entfällt die Berücksichtigung dieser dreidimensionalen Struktur und die übergeordnete Bedeutungskonstruktion (Erkennen von und Differenzieren zwischen Strukturen) ist davon auszugehen, dass keine (geeigneten) Abbildungsentscheidungen (z. B. Festlegung der Gestalt, des Zustands und des Detailgrads der abzubildenden Objekte) getroffen werden und die Produktion der Zeichnung unmittelbar mit der Modellkomponente der Produktionsstrategien beginnt (vgl. van Sommers (1989, S. 143), Gegenüberstellung der Modelle). In dieser Folge werden Strukturen lediglich unreflektiert kopiert. In diesem Zusammenhang lassen sich Parallelen zum Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3) und der zuvor beschriebenen direkten Verbindung zwischen der Modellkomponente der Textoberflächenrepräsentation bzw. der propositionalen Repräsentation und dem Erscheinungsbild erkennen. Dabei entfällt die Bildung eines mentalen Modells, die kognitive Verarbeitungstiefe ist gering und generatives Lernen wird umgangen.

Van Sommers (1989) verweist darauf, dass nur das Durchzeichnen (Abpausen) anhand von Vorlagen noch mehr Schritte der Produktion der Zeichnung umgehen kann. Hierdurch würden die motorischen Programme bzw. die daraus resultierenden Handbewegungen in den Vordergrund gerückt werden (van Sommers, 1989).

3.5.3 Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen auf Grundlage der Beobachtung von Objekten

In diesem Unterkapitel werden mikroskopische Zeichnungen als typische und für den Biologieunterricht bedeutsame Vertreter von Zeichnungen vorgestellt, die anhand der Beobachtung von Objekten generiert werden können. Auf Grund der engen Verbindung zwischen dem mikroskopischen Zeichnen und dem Mikroskopieren, werden diese gemeinsam vorgestellt.

Das Mikroskopieren wird in einigen Zusammenhängen als fachspezifische Arbeitsweise der Biologie bezeichnet (z. B. Spörhase, 2010b), ist jedoch in Abgrenzung zu Denk- und Arbeitsweisen als Arbeitstechnik anzusehen (J. Mayer, 2020). Diese historisch bedeutsame Technik (Croft, 2006) macht selbst kleinste biologische Strukturen, die das menschliche Auge mit

seinem Auflösungsvermögen¹ von ca. 50-100 μm (entspricht in etwa dem Durchmesser eines Haars) nicht mehr wahrnehmen könnte (Wanner, 2004, S.4), Interessierten zugänglich (vgl. Khan, 2012; Maienschein, 2014; Salter, 2017, 2018; Weiss, 2021). Da das Mikroskop über ein höheres Auflösungsvermögen als das menschliche Auge verfügt, handelt es sich um eine quantitative Erweiterung der Sinne (Gropengießer, 2020a). In der Schule werden meist die kostengünstigeren Lichtmikroskope (bis etwa 1000-fache Vergrößerung) anstatt teurer Elektronenmikroskope mit deutlich höherem Auflösungsvermögen verwendet (Gropengießer, 2020d).

(Mikroskopisches) Zeichnen wird je nach Autorin oder Autor entweder als fachgemäße/fachübergreifende Arbeitsweise (z. B. Spörhase, 2010a, 2010b) oder, in Abgrenzung zu Denk- und Arbeitsweisen, als Arbeitstechnik bezeichnet² (J. Mayer, 2020). Das Zeichnen mikroskopischer Präparate trägt im Vergleich zum ausschließlichen Betrachten der Objekte wesentlich zum histologischen Verständnis von Lernenden bei (Rafi et al., 2017).

Hinsichtlich der resultierenden Zeichnung kann zwischen Übersichtszeichnungen (z. B. zusammenfassende Darstellung von Zellen gleicher Funktion: Xylem, Phloem) und Detailzeichnungen (z. B. Differenzierung zwischen einzelnen Zellen: Tracheen und Tracheiden) unterschieden werden (Wanner, 2004). Beide Formen können auf Grund ihrer Ähnlichkeit zur Realität den realistischen Bildern zugeordnet werden (vgl. Schnotz, 2006).

Mikroskopische Zeichnungen können anhand von realitätsnahen Vorlagen (z. B. virtuelles Mikroskop) oder auf Grundlage der im Mikroskop zu sehenden Strukturen und Prozesse selbst angefertigt sowie in dargebotener Form erschlossen werden (z. B. im Schulbuch). In Verbindung mit dem Mikroskop ist es erforderlich, das unter dem Mikroskop vergrößerte Präparat zu beobachten³. Beobachten ist als „kriteriengeleitetes Wahrnehmen“ (Gropengießer, 2020a, S. 273) und im Zusammenhang mit dem Mikroskop als Kurzzeitbeobachtung zu verstehen, die innerhalb einer Unterrichtsstunde abgeschlossen werden kann (Gropengießer, 2020a, S. 274). Die Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung gehört neben dem Mikroskopieren zum Prozess der Erkenntnisgewinnung dazu (Retzlaff-Fürst, 2020, S. 318). Das Mikroskopieren kann Lernende zudem zum eigenständigen Bearbeiten problembasierter Fragestellungen befähigen (z. B. Jäkel, 2012; Jiménez-Aleixandra et al., 1999).

¹ Das Auflösungsvermögen ist definiert als „Vermögen, zwei nahe beieinanderliegende Punkte getrennt darzustellen“ (Wanner, 2004, S. 232).

² Arbeitsweisen in der Biologie umfassen z. B. das Beobachten, Experimentieren und Vergleichen; Arbeitstechniken umfassen z. B. Mikroskopieren, Messen, Präparieren, Zeichnen; Denkweisen umfassen z. B. das Formulieren von Fragestellungen und Hypothesen oder die Untersuchungsplanung, -durchführung und -auswertung; vgl. J. Mayer (2020).

³ Die Differenzierung in Betrachten (unbewegte Objekte) und Beobachten (bewegte Objekte) ist vor dem Hintergrund der subjektiven Konstruktion von Wirklichkeit nicht vorzunehmen; Betrachten wird von der Erkenntnismethode Beobachten eingeschlossen; vgl. Gropengießer (2020b, S. 269).

Auf Grund der Bedeutsamkeit des Mikroskopierens für das Unterrichtsfach Biologie wird beispielsweise für das Bundesland Rheinland-Pfalz mehrfach in curricularen Steuerungsdokumenten für die weiterführende Schule (Naturwissenschaften: Klasse 5-6, Biologie: Klasse 7-13) auf den Umgang mit dem Mikroskop verwiesen (KMK, 2005; MfBWJK, 2010; MfBWW, 1998b; MfBWWK, 2014). Dabei wird an einigen Stellen explizit das Präparieren und Zeichnen von Objekten erwähnt, z. B.: „Die Schülerinnen und Schüler erkennen Zellstrukturen mit Hilfe eines Mikroskops und stellen sie zeichnerisch dar“ (MfBWJK, 2010, S. 22). Viele Lehrkräfte begegnen dieser curricularen Anforderung in der fünften oder sechsten Klasse durch das Mikroskopieren und Zeichnen einfachster Strukturen (z. B. Zwiebelzellen, Abb. 3.7). Die Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss verorten Mikroskopieren als Arbeitstechnik im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung (KMK, 2005).

In den Biologieschulbüchern der führenden Schulbuchverlage¹ für die Klassenstufen 7-10 stellen mikroskopische Fotografien durchschnittlich 6.0% ($SD = 1.6$) und mikroskopische Zeichnungen weniger als 1% aller Abbildungen dar; hinzu kommen Hybride aus mikroskopischen Fotografien bzw. mikroskopischen Zeichnungen und verschiedenen anderen Darstellungsformen (Brunner, 2018). In ausgewählten Biologieschulbüchern der Oberstufe¹ stellen durchschnittlich 7.1% ($SD = 2.7$) aller Abbildungen mikroskopische Fotografien und ebenfalls weniger als 1% mikroskopische Zeichnungen dar (Hannemann, 2018). Innerhalb der von Brunner (2018) untersuchten Schulbücher beziehen sich durchschnittlich 5.9% ($SD = 2.7$) aller Aufgabenstellungen, die die Konstruktion einer externen bildlichen Repräsentation fordern, auf die Erstellung einer mikroskopischen Zeichnung. In ausgewählten Schulbüchern der Oberstufe fällt dieser Anteil deutlich geringer aus ($M = 2.1\%$, $SD = 1.4$) (Hannemann, 2018).

Wie sich bereits im Zusammenhang mit den curricularen Steuerungsdokumenten andeutete, lassen sich beim Mikroskopieren verschiedene Arbeitstechniken authentisch miteinander verknüpfen. So können Lernende zunächst ein Präparat herstellen, dieses mikroskopieren, zeichnen und das mikroskopische Bild im Anschluss digitalisieren (Scherb & Wolowski, 2020, Abb. 3.7). Die abschließende Reflexion der Fragen „Warum zeichnen, wenn man fotografieren kann?“ bietet sich für den Unterricht an (Scherb & Wolowski, 2022, S. 35) und folgt dem Ansatz des Framework of Representational Construction Affordances (Prain & Tytler, 2012). „Wer zeichnet, wird [im Gegensatz zum Fotografieren] gezwungen, genau hinzuschauen“ (Storch & Welsch, 2009, S. 5). Das Zeichnen von biologischen Strukturen führt in Anlehnung an die Erläuterungen im Zusammenhang mit dem Modell zum Zeichnen

¹ Vgl. Fußnoten in Unterkapitel 3.4.5.

von Objekten (3.5.2) zudem zu einer tieferen kognitiven Verarbeitung als das Durchzeichnen (Abpausen) von mikroskopischen Vorlagen (vgl. z. B. Wolowski & Scherb, 2022).

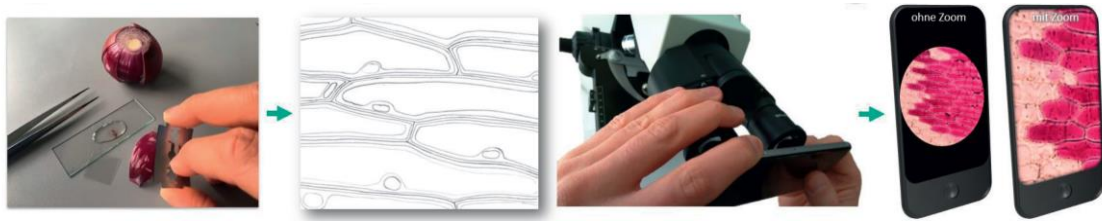


Abbildung 3.7 Präparieren, zeichnen und mikroskopieren sowie digitale Dokumentation von mikroskopischen Objekten, verändert nach Scherb und Wolowski (2020, S. 6)

Wie zuvor deutlich gemacht (3.5.1) bedarf insbesondere mikroskopisches Zeichnen Übung (Gropengießer et al., 2012) und ist durch repräsentationsspezifische Konventionen geprägt (Retzlaff-Fürst, 2020). Konventionen des mikroskopischen Zeichnens (Synonym: Gütekriterien, Regeln des mikroskopischen Zeichnens, Beurteilungskriterien) umfassen beispielsweise die Wahl eines angemessenen Abstraktionsgrads, eine sinnvolle Blatteinteilung und Größe der Zeichnung, eine vollständige Beschriftung der gezeichneten Strukturen, einen überschneidungsfreien Verlauf der Beschriftungslinien, eine eindeutige Linienführung, den Verzicht auf Schraffuren oder das Ausmalen von Strukturen, eine weitestgehend objektive Darstellung, die Sauberkeit der Darstellung, die ausschließliche Verwendung von Bleistift und die Vollständigkeit der gesehenen oder relevanten Strukturen (vgl. z. B. Gropengießer et al., 2012; Retzlaff-Fürst, 2020; Wolowski & Scherb, 2022).

Weiterhin benötigen Lernende zur angemessenen Darstellung von mikroskopischen Strukturen Vorerfahrungen. So unterscheiden sich beispielsweise pflanzliche und tierische Zellen in ihrem Aufbau zum Teil fundamental voneinander (Campbell et al., 2016). Bei Präparaten pflanzlicher Zellen empfiehlt es sich, zuerst die Mittellamelle einzuzichnen, da sie als Hilfslinie zur Strukturierung der übrigen Zeichnung genutzt werden kann; Korrekturen sind so noch leicht möglich (Wanner, 2004, S. 30). Die Mittellamelle lässt sich im Lichtmikroskop nicht erkennen (Wanner, 2004). Der Verlauf der Mittellamelle folgt wiederum dem Verlauf der aneinandergrenzenden Zellwände (vgl. z. B. Kadereit et al., 2021). Außerdem kann eine pflanzliche im Gegensatz zu einer tierischen Zelle Chloroplasten und eine Zentralvakuole enthalten (Campbell et al., 2016). Das bewusste Erkennen dieser Strukturen erfordert die aufmerksame Betrachtung (3.3) des mikroskopischen Präparats und den Einbezug von Vorwissen: Blicken Lernende durch das Mikroskop, erlaubt erst die kognitive Verarbeitung des retinalen Abbilds es, die gesehenen Strukturen zu erkennen (vgl. Müsseler, 2017; 3.5.2). Das semantische System ermöglicht wiederum die Benennung der gesehenen Strukturen auf Grundlage von vorangegangenen Lerngelegenheiten (vgl. van Sommers, 1989, 2009; Abb.

3.6). Durch die limitierte Speicherdauer bzw. Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (Gruber, 2011; räumlich-visueller Notizblock für visuelle Informationen, vgl. 3.3) und die verhältnismäßig lange Dauer mikroskopischen Zeichnens (Scherb & Nitz, 2020; 3.2) muss das mikroskopische Präparat mehrmals betrachtet werden, um entsprechend zuvor genannter Konventionen angemessen abgebildet werden zu können. Das mikroskopische Sehen kann dabei als „Akt der Interpretation“ angesehen werden, „der auf den Fähigkeiten zur Analyse und Synthese beruht“ (Gropengießer, 1987, S. 49). Vor diesem Hintergrund ist zu vermuten, dass Schülerinnen und Schüler mit geringer Vorerfahrung auch bei dieser Form des Zeichnens (Abb. 3.1 in 3.2) im Zeichenprozess (3.6) mit Schwierigkeiten (3.7) konfrontiert werden.

3.6 Zeichenprozess

Zeichnen wird in Literatur mit naturwissenschaftsdidaktischem Bezug an einigen Stellen als nicht-linearer bzw. rekursiver Prozess charakterisiert (z. B. Leutner & Schmeck, 2014, 2022; van Meter & Firetto, 2013), jedoch nur bedingt näher beschrieben. Der Zeichenprozess war bislang nur vereinzelt Gegenstand von Untersuchungen.

Van Meter (2001) hat Schülerinnen und Schüler der fünften ($N = 59$) und sechsten ($N = 41$) Klassenstufe bei der Konstruktion von primär depiktionalen Repräsentationen auf Grundlage eines Texts zum zentralen Nervensystem (297 Wörter) laut Denken lassen. Dieses Vorgehen entspricht der Auffassung von Zeichnen im Sinne des drawings (3.4.2). In der Studie wurden auf Grundlage der Transkripte des lauten Denkens und der Videospur Selbst-Monitoring-Ereignisse (en.: self-monitoring events) während des Zeichnens kodiert (Tab. 3.2). Es wurde deutlich, dass Schülerinnen und Schüler, die zeichneten, deutlich mehr Selbstmonitoring zeigten als die der nicht-zeichnenden Kontrollgruppe. Van Meter (2001, S. 138) merkt kritisch an, dass ihrer Studie nur ein Kontext, eine Textgrundlage sowie eine sehr beschränkte Altersgruppe zu Grunde liegen und dass mehr Studien notwendig seien, um die Stärken und Limitationen des Zeichnens zu verstehen. Obwohl van Meter (2001) mit ihrem Kategoriensystem für die Erfassung von Selbst-Monitoring-Ereignissen in den Transkripten oder der Videospur eine erste Ausgangsbasis für die Beschreibung des Zeichenprozesses liefert, betrachtet sie die Prozessstruktur nur eingeschränkt, da Aussagen oder Tätigkeiten, die nicht in unmittelbarer Verbindung mit Selbst-Monitoring-Ereignissen stehen (z. B. Phasen des Lesens oder Zeichnens), nicht erfasst werden (Tab. 3.2). Durch den ausschließlichen Fokus auf Selbst-Monitoring-Ereignisse ist das resultierende Kategoriensystem damit nicht in der Lage den nicht-linearen bzw. rekursiven Zeichenprozess näher zu beschreiben bzw. auf der Ebene der Sichtstruktur vollständig abzubilden. Im Rahmen der Darstellung ihrer

Befunde geht van Meter (2001) außerdem nicht auf den durchschnittlichen Anteil der gebildeten Kategorien am Zeichenprozess ein. Sie leistet weiterhin keine Phasierung des Zeichenprozesses, d. h. sie nimmt keine Visualisierung von Prozessesstrukturen vor, die den Zeichenprozess mit Blick auf die Selbst-Monitoring-Ereignisse transparent abbilden und zwischen Fällen vergleichbar machen könnte.

Tabelle 3.2 Kategorien für die Kodierung der Transkripte des lauten Denkens und der Videospur mit Fokus auf Selbst-Monitoring-Ereignissen, verändert nach van Meter (2001, S. 132), eigene Übersetzung und Gruppierung

Kategorie	Beschreibung
<i>Selbstmonitoring: Kodierungen auf Basis des Transkripts</i>	
Plant ¹	Wird kodiert, wenn eine die Planung betreffende Aussage zur Zeichnung oder zum Lesen geäußert wird.
Stellt eine Frage ²	Eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer stellt eine wichtige Frage. Umfasst Fragen an die Versuchsleiterin oder den Versuchsleiter und an sich selbst gestellte Fragen.
Verständnisschwierigkeit ³	Die Teilnehmerin oder der Teilnehmer verdeutlicht, dass sie oder er etwas nicht versteht. [...]
Wortwiederholung ³	Wird kodiert, wenn mehr als ein Versuch erfolgt, ein Wort zu lesen.
<i>Selbstmonitoring: Kodierungen auf Basis der Videospur</i>	
Entfernt/ fügt hinzu ³	Wird kodiert, wenn eine wesentliche Änderung an der Darstellung vorgenommen wird. Wird nicht kodiert, wenn Änderungen zur Verbesserung des Aussehens beitragen. Keine Kodierung bei initialer Konstruktion. Kategorie ist teilweise dem Studiendesign geschuldet.
Schaut irritiert/ wendet Blick ab ⁴	Die Teilnehmerin oder der Teilnehmer wirkt irritiert (z. B. mit gerümpfter Nase, gerunzelte Stirn usw.). Oder sie oder er blickt auf bzw. von den Materialien weg und zeigt damit, dass sie oder er über etwas nachdenkt. Darauf ist zu achten, dass die Teilnehmerin oder der Teilnehmer nicht wegschaut, weil sie oder er abgelenkt ist.
Zögert ⁴	Eine Unterbrechung des Ablaufs. Der Ablauf wird von der Teilnehmerin bzw. dem Teilnehmer definiert (z. B. stotterndes Lesen kommt zum Stillstand).
<i>Kein Selbstmonitoring: Sonstige Aussagen</i>	
Genauere Wiedergabe ³	Wird kodiert, wenn die Teilnehmende oder der Teilnehmende einen Teil des Texts genau paraphrasiert oder erläutert. Obwohl dies kein ausdrückliches Selbstmonitoring darstellt, erfolgt eine Kodierung, um die Verbalisierung zu erfassen.
Ungenauere Wiedergabe ³	Die Teilnehmende oder der Teilnehmer paraphrasiert oder erläutert einen Teil des Texts ungenau. Obwohl dies kein ausdrückliches Selbstmonitoring darstellt, erfolgt eine Kodierung, um die Verbalisierung zu erfassen.
<i>„Artefakt“ der Untersuchung</i>	
Fertig ³	Die Teilnehmerin oder der Teilnehmer zeigt an, dass die Zeichnung vollendet ist. Erfordert, dass der oder die Teilnehmende den Blick von der Zeichnung abwendet oder die Genauigkeit der Zeichnung überprüft.
Zurückblättern ⁵	Die Teilnehmerin oder der Teilnehmer blickt auf eine Seite zurück, die zuvor gelesen oder auf der zuvor gezeichnet wurde.

Anmerkung. Kategorie nach: ¹ Paris & Cross, 1983, ² Palinscar & Brown, 1984; ³ van Meter, 2001; ⁴ Paris & Myers, 1981; ⁵ Baker, 1979.

In einer anderen Studie haben Scott und Dreher (2016) Schülerinnen und Schüler der sechsten Klassenstufe ($N = 28$) auf Grundlage eines sozialkundlichen (Westeuropäische Halbinsel, 258 Wörter) und eines biologischen Kontexts (Vier Aspekte der Fitness, 227 Wörter)

Zeichnungen konstruieren lassen, die sich dem mapping (3.4.4) zuordnen lassen. Die Wahl des Repräsentationstyps war den Teilnehmenden überlassen. Einige der resultierenden Darstellungen zeigen Ähnlichkeiten zu Concept Maps, andere besitzen eine eher tabellarische Struktur (vgl. Scott & Dreher, 2016). Angelehnt an das generative Lernen (Wittrock, 1989; 3.4.1) und die limitierte Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (3.3) zeigen Scott und Dreher (2016), dass das Zeichnen bei ungeübten Zeichnenden mehr kognitive Kapazitäten beansprucht. Diese Ergebnisse stimmen mit den Erwartungen auf Grundlage anderer empirischer Befunde überein (z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2014; 3.4).

Ebenso wie bei van Meter (2001) mussten die Schülerinnen und Schüler auch bei Scott und Dreher (2016) während des Zeichnens laut denken. Aus den Transkripten des lauten Denkens wurden bei Scott und Dreher (2016) im Gegensatz zur Studie von van Meter (2001) jedoch alle Kategorien ausschließlich induktiv gebildet (Tab. 3.3). Diese Kategorien betreffen nur die durch das laute Denken verbalisierten Kognitionen der Schülerinnen und Schüler und damit nicht die von ihnen tatsächlich ausgeübten Tätigkeiten (z. B. Lesen, Zeichnen, Kontrollieren). Die Videospur ist nicht Gegenstand der Untersuchung. Durch den ausschließlichen Fokus auf Denkprozesse ist das resultierende Kategoriensystem ebenfalls nicht hinreichend in der Lage, den nicht-linearen bzw. rekursiven Zeichenprozess näher zu beschreiben bzw. auf der Ebene der Sichtstruktur vollständig abzubilden. Eine genauere Untersuchung oder eine Visualisierung der Prozessstrukturen, die einen Vergleich zwischen Fällen erlauben würde, nehmen Scott und Dreher (2016) ebenso nicht vor. Weiterhin weisen Scott und Dreher (2016) anhand einzelner Beispiele zwar darauf hin, dass nicht alle Kategorien Belege von allen Teilnehmenden erhalten, allerdings machen sie keine genauen Angaben dazu, wie viele Fälle die induktiven Kategorien jeweils betreffen.

Ferner ergeben sich bezogen auf das Kategoriensystem hinsichtlich der Trennschärfe der Kategorien inhaltliche und bezogen auf die Umsetzung des lauten Denkens methodische Limitationen: So ist beispielsweise die Kategorie „Umformulieren und Schreiben“ (Tab. 3.3), für die am häufigsten Aussagen kodiert wurden, sehr allgemein gehalten und schließt verschiedene Tätigkeiten, wie Lesen und Schreiben bzw. Zeichnen in unterschiedlichen Varianten ein. Mit Blick auf die Beschreibung der Kategorien „Verarbeitung des Texts“ oder „Referenzieren von Textelementen“ stellt sich die Frage, inwiefern das Bestreben eindeutiger und trennscharfer Kategorien (vgl. Mayring, 2015) realisiert wurde. Weiterhin stellt die dritthäufigste Kategorie „Zusammenfassung der voraussichtlichen Fertigstellung“ mit 10.4% ein nennenswertes Artefakt des Studiendesigns dar: In mehreren Fällen wurde das Zeichnen auf Grund eines eingeschränkten Zeitrahmens für Teilnehmende abgebrochen und sie mussten lediglich ihr weiteres Vorgehen bis zur Vollendung der Zeichnung beschreiben. Vor dem Hintergrund der damit verbundenen starken Verkürzung des

Zeichenprozesses sind die durchschnittlichen Prozentangaben einzelner Kategorien von geringer Aussagekraft (Tab. 3.3). Auch lässt der hohe Anteil an Kategorien, die Erläuterungen und Begründungen der Schülerinnen und Schüler zu ihrem Vorgehen umfassen (vgl. auch Beispielkodierungen in Scott & Dreher, 2016, S. 315-317), vermuten, dass das laute Denken nicht angemessen eingeführt wurde oder die Impulse der Versuchsleiterin oder des Versuchsleiters untypischerweise Erklärungen von den Teilnehmenden abverlangten (vgl. Sandmann, 2014).

Auf Grund der sehr unterschiedlichen kategorialen Beschreibungen (Tab. 3.2, 3.3) von van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016) ist eine Synthese an vielen Stellen nicht möglich oder nicht zielführend. Während van Meter (2001) sechs Kategorien für die Kodierung des lauten Denkens anführt und fünf Kategorien für die Kodierung der Videospur (Selbst-monitoring-Ereignisse), beziehen sich bei Scott und Dreher (2016) alle 21 Kategorien ausschließlich auf die Transkripte des lauten Denkens (Denkprozesse). Davon entfallen auf neun Kategorien jeweils weniger als 1% aller Kodierungen. Dennoch lassen sich aus den beiden Studien bezogen auf den Zeichenprozess folgende Tätigkeiten¹ ableiten: a) Zeichnen bzw. notieren von Textinformationen, b) Lesen in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial, c) Rückfragen bzw. Austausch zwischen Teilnehmenden und anderen Personen, d) Monologisieren, d. h. Phasen, in denen nur oder primär gesprochen wird, e) Betrachten der Zeichnung, ohne zu sprechen f) Verwerfen von Strukturen sowie g) Ablenkung und Beschäftigung mit Tätigkeiten, die nicht im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung stehen.

Ferner lassen die Beschreibungen einzelner Kategorien (Tab. 3.2, 3.3) sowie die angeführten Beispiele von van Meter (2001) oder Scott und Dreher (2016) in Ansätzen erkennen, dass Schülerinnen und Schüler sowohl beim Zeichnen als auch im Umgang mit der Textgrundlage auf Schwierigkeiten stoßen können, z. B. beim Textverständnis oder bei der Planung der Zeichnung. Auf Schwierigkeiten und Fehler beim Zeichnen wird im folgenden Unterkapitel (3.7) näher eingegangen.

¹ Der Tätigkeits-Begriff wird hier als pragmatische Bezeichnung für alle Phasen (z. B. Phase des Lesens der Textgrundlage) des nicht-linearen Zeichenprozesses verwendet, der im Gegensatz zu Handlungen auch Phasen abdeckt, in denen keine konkreten Handlungen ausgeführt werden. Die Annahme von Phasen, die keine konkreten Handlungen zeigen, ist vor dem Hintergrund anderer empirischer Ergebnisse zu Prozessen wahrscheinlich; vgl. z. B. Kambach (2018, S. 134). Eine Differenzierung zwischen Tätigkeiten, Handlungen und Operationen im Sinne von Handlungstheorien ist hier nicht intendiert; vgl. z. B. Leontjew (1979).

3. Zeichnen in biologischen Kontexten

Tabelle 3.3 Kategorien für die Kodierung der Transkripte des lauten Denkens, verändert nach Scott und Dreher (2016, S. 297, 315-317), eigene Übersetzung, Prozentangaben beziehen sich auf $N = 943$ Kodierungen

Kategorie	Beschreibung	Häufigkeit (%)
Umformulieren und Schreiben	Die Schülerin oder der Schüler liest, wiederholt oder verweist auf eine Idee im Text vor, während oder nach dem Darstellen in der Zeichnung.	36.5
Beschreibung der Konstruktion	Die Schülerin oder der Schüler erklärt/fasst zusammen, wie sie oder er die Zeichnung anfertigen wird; dies kann die Benennung von Teilen der Zeichnung beinhalten wie Kreise, Blasen, Linien, Zweige, Speichen oder Kästen. Die Schülerin oder der Schüler kommentiert oder verdeutlicht was sie oder er wo und/oder wie in der Zeichnung einbringt.	16.5
Zusammenfassung der voraussichtlichen Fertigstellung	Die Schülerin oder der Schüler fasst nach Aufforderung der Lehrkraft zusammen, wie sie oder er vorgehen würde, um die Zeichnung zu vervollständigen.	10.4
Erläuterung des Vorgehens	Die Schülerin oder der Schüler erklärt, dass sie oder er zu einem anderen Abschnitt der Zeichnung übergeht.	6.4
Begründung des Vorgehens	Die Schülerin oder der Schüler begründet, warum ein Aspekt enthalten ist oder nicht. [...]	6.3
Initiales oder erneutes Lesen und Wiedergabe von Textinformationen	Die Schülerin oder der Schüler liest direkt aus dem Text vor, liest nach oder gibt den Inhalt des Texts in eigenen Worten wieder.	5.6
Bezug zu einem Repräsentationstyp	Die Schülerin oder der Schüler verdeutlicht, wie der Text zeichnerisch darzustellen ist oder verweist auf eine zuvor genutzte Darstellungsweise.	4.2
Rückfrage der Lehrkraft	Nach einer Aufforderung durch die Lehrkraft liefert die Schülerin oder der Schüler Informationen über Denkprozesse.	2.8
Begründung der Repräsentationswahl	Die Schülerin oder der Schüler begründet, warum eine bestimmte Darstellungsweise gewählt wurde.	2.7
Rückfrage durch Schülerin/Schüler	Die Schülerin oder der Schüler stellt eine Frage zur Konstruktion oder zum Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung.	2.1
Text durchsuchen	Die Schülerin oder der Schüler sagt, dass sie oder er den Text durchsucht, um Informationen zu finden.	1.5
Ergänzen von Vorwissen	Die Schülerin oder der Schüler diskutiert oder fügt Informationen in die Zeichnung ein, die nicht im Text enthalten sind.	1.1
Verarbeitung des Texts	Die Schülerin oder der Schüler liest initial, liest nochmals und diskutiert über den Inhalt, um ihn zu verstehen.	1.0
Absicht etwas darzustellen	Die Schülerin oder der Schüler sagt, dass sie oder er einen Aspekt aufschreiben wird [...].	1.0
Lesen von Inhalten der eigenen Zeichnung	Die Schülerin oder der Schüler liest eine Textinformation in der eigenen Zeichnung.	0.7
Off-task	Kommentare der Schülerin oder des Schülers zu Ideen und Gedanken, die nicht im Zusammenhang mit der Konstruktion der Zeichnung stehen.	0.6
Referenzieren von Textelementen	Die Schülerin oder der Schüler bezieht sich auf Textelemente, während sie oder er den Text betrachtet oder liest.	0.2
Bezug zur eigenen Kompetenz	Die Schülerin oder der Schüler kommentiert ihre oder seine Fähigkeit, bestimmte Arten von Zeichnungen anzufertigen.	0.1
Bezüge zu anderen Texten	Die Schülerin oder der Schüler verweist auf einen anderen Text, während sie oder er die Zeichnung erläutert.	0.1
Fehlende Darstellung	Die Schülerin oder der Schüler erkennt, dass sie oder er einen wichtigen Teil der Zeichnung ausgelassen hat.	0.1
Weiteres Vorgehen unklar	Die Schülerin oder der Schüler bringt ihre oder seine Unsicherheit darüber zum Ausdruck, was sie oder er als nächstes tun soll.	0.1

Anmerkung. Für Beispielkodierungen vgl. Scott & Dreher, 2016, S. 315-317.

Zusammenfassend können das Kategoriensystem von van Meter (2001) mit Beschränkung auf Selbst-Monitoring-Ereignisse und das von Scott und Dreher (2016) auf Denkprozesse, wie zuvor ausführlich erläutert, den nicht-linearen bzw. rekursiven Zeichenprozess nur bedingt beschreiben. Durch den ausschließlichen Fokus auf die Transkripte des lauten Denkens, wie im Fall der Studie von Scott und Dreher (2016), werden Abschnitte des Zeichenprozesses, in denen nicht gesprochen wird, zudem ausgeschlossen. Doch gerade die Videospur liefert weitere wertvolle Erkenntnisse zum Prozess, die von den verbalen Daten alleine nicht abgedeckt sind (vgl. Döring & Bortz, 2016; Krüger & Riemeier, 2014). In beiden Studien wurden darüber hinaus keine expliziten Bezüge zwischen den einzelnen gebildeten Kategorien und den Komponenten von Modellen oder Theorien, die sich mit dem Zeichnen in Verbindung bringen lassen (z. B. 3.3, 3.4.3, 3.5.2), hergestellt.

Eine Charakterisierung des Zeichenprozesses auf der Ebene der Sichtstruktur in Anbindung an relevante Modelle und Theorien wurde bislang nicht geleistet und ist anzustreben, da diese in der Lage wäre, den Zeichenprozess lückenlos zu beschreiben (im Gegensatz zur Kodierung diskontinuierlich externalisierter Kognition auf Grundlage des lauten Denkens), von Lehrkräften im Unterricht nachvollzogen werden kann (im Gegensatz zu natürlicherweise latenten Denkprozessen) und einen direkten Vergleich zwischen Fällen oder Gruppen ermöglicht.

Auch sei abschließend darauf hingewiesen, dass der Prozess des Zeichnens, abseits der hier vorgestellten Studien, bislang vor allem außerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik betrachtet wurde, nämlich meist in Verbindung mit der Entwicklung der Fähigkeit des Zeichnens (z. B. Koeppe-Lokai, 1996). In meist qualitativ ausgerichteten Forschungsvorhaben waren dabei eine geringe Anzahl an Teilnehmenden angehalten, ausgewählte Darstellungsformen zu konstruieren. Weiterführend können durch den systematischen Vergleich zwischen den unterschiedlichen Vorgehensweisen der Teilnehmenden wiederkehrende Muster oder Gemeinsamkeiten im Prozess erkannt werden, die die Grundlage für eine Typenbildung darstellen (vgl. Döring & Bortz, 2016; Kelle & Kluge, 2010). Während die Bildung von Typen zwar häufiger Gegenstand naturwissenschaftsdidaktischer Forschung war (bezogen auf Lehrkräfte: z. B. Neuhaus & Vogt, 2005; bezogen auf Lernende: z. B. Kambach, 2018), liegen bislang keine Typen vor, die das Zeichnen betreffen. Eine solche Typisierung kann einen unmittelbaren Anwendungsbezug besitzen, wenn sie beispielsweise den Ausgangspunkt für typengerechte Interventionsempfehlungen darstellt (Kuckartz, 2010).

3.7 Schwierigkeiten und Fehler

Während die Begriffe Schwierigkeiten und Fehler bislang selbstverständlich verwendet wurden, soll nachfolgend auf deren Zusammenhang eingegangen werden. Unter Schwierigkeiten werden sämtliche Hürden oder Hemmnisse verstanden, die der Aufgabenbearbeitung, also der Konstruktion einer Zeichnung, im Weg stehen bzw. diese negativ beeinflussen. Schwierigkeiten können auch als Barrieren angesehen werden, die die Bearbeitung einer Aufgabe behindern und zu Fehlern führen (Newell & Simon, 2019).¹ Schwierigkeiten oder Fehler bei der Konstruktion von Zeichnungen werden damit zu einem Indikator für eine bislang unzureichend erworbene Repräsentationskompetenz einer Schülerin oder eines Schülers (vgl. Kozma & Russell, 2005 für die fünf Kompetenzstufen zur Konstruktion von externen Repräsentationen; 2.2).

Der Zusammenhang von Schwierigkeiten und Fehlern bei der Konstruktion von Zeichnungen wird nachfolgend an drei Beispielen skizziert. I) Bilden Schülerinnen und Schüler gesehene Zellstrukturen beispielsweise durch viele gestrichelte Linien minutiös ab, so widerspricht dies gängigen zeichnerischen Konventionen (3.5.3) und ist als fachlicher Fehler zu werten. Das kleinschrittige Vorgehen der Lernenden kann aber zugleich das Abbilden der gesehenen Strukturen erschweren und die Darstellung aller relevanten Strukturen innerhalb eines zeitlich definieren Rahmens, z. B. eine Unterrichtsstunde, verhindern. Schwierigkeiten beim Zeichnen sind insbesondere deshalb problematisch, da Zeichnen von Natur aus einen hohen Zeitbedarf mit sich bringt (vgl. z. B. Fiorella & Mayer, 2022; Retzlaff-Fürst, 2020; Scherb & Nitz, 2020) und kognitiv anspruchsvoll sein kann (vgl. z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001). II) Schwierigkeiten beim Einschätzen der Proportionen eines biologischen Objekts können wiederum zu einer fehlerhaften Abbildung von Strukturen führen (vgl. Killermann et al., 2013; Tytler et al., 2020). III) Die Auswahl eines falschen Diagrammtyps (Fehler) kann gleichzeitig Schwierigkeiten bei der adäquaten Abbildung von Messwerten hervorrufen und zu Folgefehlern führen (vgl. Lachmayer, 2008). Anhand dieser drei Beispiele wird deutlich, dass sich Schwierigkeiten und Fehler gegenseitig bedingen können und der Übergang zwischen diesen fließend sein kann. Die Beurteilung von Fehlern und der Angemessenheit einer Darstellung ist dabei stets situationsabhängig, d. h. abhängig vom Repräsentationstyp und dem Ziel des Zeichenanlasses (Quillin & Thomas, 2015).

Ein Blick in curriculare Dokumente, wie z. B. die Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife, zeigt, dass „Ungenauigkeiten in Zeichnungen oder unzureichen-

¹ Für eine ausführliche Darstellung zu Schwierigkeiten, Problemen und Schwierigkeitsgraden sowie deren didaktischer und unterrichtlicher Bedeutsamkeit vgl. Schukajlow-Wasjutinski (2010).

de oder falsche Bezüge zwischen Zeichnungen und Text [...] als fachliche Fehler zu werten“ (KMK, 2020, S. 25) sind. Im Unterricht können viele unterschiedliche Leistungen von Lernenden beurteilt¹ werden, darunter auch Zeichnungen wie Begriffsnetze oder mikroskopische Zeichnungen (Harms, 2020; Retzlaff-Fürst, 2020). Im Zusammenhang mit dem Zeichnen kann ein Erwartungshorizont die Einhaltung von repräsentationsspezifischen zeichnerischen Konventionen prüfen (vgl. Retzlaff-Fürst, 2020; Wolowski & Scherb, 2022; 3.4.5 und 3.5.3). Abweichungen vom Erwartungshorizont können als Fehler gewertet werden. Typische Fehler von Lernenden im Zusammenhang mit der Anfertigung von mikroskopischen Zeichnungen sind beispielsweise die Darstellungen nicht geschlossener oder nicht natürlich aneinandergrenzender Zellen (Stahl-Biskup & Reichling, 2015). Dabei wird das Gütekriterium der objektiven Darstellung verletzt (3.5.3).

Grundsätzlich ist beim Bearbeiten von Aufgabenstellungen mit dem Auftreten von Fehlern zu rechnen und diese können insbesondere außerhalb von Situationen der Leistungsbeurteilung fruchtbare Ausgangspunkte für Lerngelegenheiten darstellen (Gropengießer, 2020c). Das Wissen über und der situationsangemessene Umgang mit typischen Schülerfehlern trägt entscheidend zur erfolgreichen Unterrichtsgestaltung einer Lehrkraft und zur individuellen Förderung der Lernenden bei (Schumacher, 2008).

Auch auf theoretischer Ebene, mit Bezug zu den vorgestellten Modellen (3.3, 3.4.3, 3.5.2), ist mit dem Auftreten von Schwierigkeiten bzw. Fehlern zu rechnen: In Anlehnung an Winne und Hadwin (1998) kann davon ausgegangen werden, dass es Schülerinnen und Schülern ohne Vorwissen über repräsentationsspezifische Konventionen nicht gelingt, geeignete Standards für die Anfertigung der Zeichnung festzulegen (vgl. van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3; z. B. hinsichtlich eines angemessenen Abstraktionsmaßes). Auch kann der Abgleich zwischen Ist- und Sollzustand (vorgestellte idealtypische Zeichnung) während des Zeichnens bei fehlendem oder geringem Vorwissen über repräsentationsspezifische Konventionen nicht oder nur bedingt zu einer fachlich angemessenen Darstellung führen (vgl. van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3). Bezogen auf das Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3) sind Schwierigkeiten einerseits im linken Modellstrang hinsichtlich des

¹ Leistungen von Lernenden können auf Grundlage von unterschiedlichen Bezugsnormen bewertet werden. Es lassen sich die soziale Bezugsnorm, die individuelle Bezugsnorm sowie die kriteriale bzw. sachliche Bezugsnorm unterscheiden; vgl. Harms (2020); Rheinberg (2001). Bei der sozialen Bezugsnorm wird eine Leistung durch einen Binnenvergleich innerhalb einer Klasse oder der Altersgruppe verortet; vgl. Jäger (2007). Die Leistungsbeurteilung anhand der individuellen Bezugsnorm erfolgt auf Grundlage des Abgleichs einer gegenwärtigen mit einer vorausgegangenen Leistung der gleichen Schülerin bzw. des gleichen Schülers; vgl. Nerdel (2017). Der Beurteilung im Sinne der sachlichen bzw. kriterialen Bezugsnorm liegt ein Erwartungshorizont mit eindeutigen Kriterien zu Grunde; vgl. Harms (2020); Sacher (2014).

Umgangs mit und des Verständnisses von der Textgrundlage und andererseits im rechten Modellstrang hinsichtlich der Ableitung des Erscheinungsbilds der späteren Zeichnung auf Grundlage des mentalen Modells sowie hinsichtlich der Externalisierung der Zeichnung denkbar (Abb. 3.4 in 3.4.3). Wird beispielsweise eine Textgrundlage unvollständig verstanden (z. B. Textkohärenz wird nicht erkannt; linker Modellstrang), liegt es nahe, dass das konstruierte mentale Modell und in dieser Folge auch die spätere Zeichnung (rechter Modellstrang) lückenhaft bleibt. Bezogen auf das Modell zum Zeichnen von Objekten (3.5.2) sind Schwierigkeiten ebenfalls im Zusammenhang mit allen Ebenen des Modells denkbar. So können Lernende beispielsweise bei geringem Vorwissen zum Aufbau von Zellen bereits bei der visuellen Analyse eines histologischen Präparats auf Schwierigkeiten treffen. Fehlendes Vorwissen kann auch dazu führen, dass falsche Abbildungsentscheidungen (z. B. hinsichtlich der Gestalt oder des Zustands des Objekts) getroffen werden.¹

Abschließend soll der Blick auf die wenigen bislang vorliegenden empirischen Befunde zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern im Zusammenhang mit dem Zeichnen gerichtet werden: Wie bereits erläutert, können Schwierigkeiten während der Anfertigung von Zeichnungen auf Grundlage von Texten ein hohes Maß an extrinsischer Belastung hervorrufen, die das eigentliche Lernen beeinträchtigen (Colliot & Jamet, 2018, 2019; Fiorella & Zhang, 2018; Leutner & Schmeck, 2014, 2022; Stull & Mayer, 2007; van Meter & Firetto, 2013; 3.4.2, 3.4.3, 3.4.4). Auf Grund der limitierten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses stehen dann nicht mehr ausreichend kognitive Kapazitäten für die Bearbeitung der Aufgabenstellung, die intrinsische und lernbezogene Belastung erzeugt, zur Verfügung. Auch nicht-textbasierte Zeichenanlässe können kognitiv sehr anspruchsvoll sein (vgl. van Sommers, 1989, 2009; 3.5.2). Ebenso wird aus erfahrungsbasierter, unterrichtspraktischer Perspektive wiederholt auf diese Problematik verwiesen, z. B.: „Aufgrund der zeichnerischen Probleme kommt die inhaltliche Auseinandersetzung [...] vielfach zu kurz.“ (Spörhase, 2010b, S. 147). Weiterhin berichten Lehrkräfte, dass Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Zeichnen abhängig von der Art der Zeichnung und dem Kontext variieren können (Feld 2016; Scherb 2015; Scherb & Nitz, 2020). Ein Grund hierfür ist, dass den einzelnen Darstellungsformen unterschiedliche Konventionen zu Grunde liegen (vgl. z. B. Acevedo Nistal et al., 2009; Cheng & Gilbert, 2015; Lachmayer et al., 2007; Novick, 2006; Wright et al., 2014), die zunächst bekannt sein müssen, um adäquate Zeichnungen zu generieren (vgl. Quillin & Thomas, 2015). Neben dem repräsentationsspezifischen Vorwissen kann auch die Anzahl

¹ Eine ausführliche Darstellung der Zusammenhänge zwischen den Modellen bzw. Theorien zum Zeichnen und ausgewählten Schwierigkeiten bzw. Fehlern erfolgt in Unterkapitel 7.12.3.

und Qualität von Lerngelegenheiten im und außerhalb des Unterrichts¹ eine entscheidende Rolle spielen (z. B. Caine et al., 2017; Fiorella & Zhang, 2018; Quillin & Thomas, 2015; Scott & Dreher, 2016). Jedoch sind die außerhalb des Fachunterrichts gewonnenen Erfahrungen nur bedingt auf fachspezifische Zeichenanlässe übertragbar (vgl. Retzlaff-Fürst, 2020; Spörhase, 2010b) und biologisches Zeichnen, insbesondere in Verbindung mit dem Mikroskop, bedarf Übung (Gropengießer et al., 2012, S. 88).²

In der zuvor angeführten Studie von Scherb und Nitz (2020) haben die Autoren literaturbasiert ein Kategoriensystem zu Schwierigkeiten des Zeichnens zusammengetragen sowie im Rahmen von Interviews mit Lehrkräften bestätigt und induktiv erweitert (Tab. 3.4). Da im Zusammenhang mit dem Zeichnen bislang nur wenige empirische Befunde zu Schwierigkeiten vorliegen, basieren die deduktiv entstandenen Kategorien fast ausschließlich auf erfahrungsbasierten Einschätzungen aus unterrichtspraktischer Literatur. Das Kategoriensystem ist nicht repräsentationsspezifisch ausgerichtet, sondern bezieht sich auf allgemeine von Lehrkräften im Zusammenhang mit dem Zeichnen berichtete Schwierigkeiten. Die geringe Häufigkeit der Nennung einzelner Kodierungen erklärt sich dadurch, dass die interviewten Lehrkräfte ($N = 13$) teilweise unterschiedliche Schwierigkeiten wahrgenommen haben (Scherb & Nitz, 2020). Einige Lehrkräfte berichteten, dass sie ihre Schülerinnen und Schüler auf Grund von wahrgenommenen Schwierigkeiten in der Vergangenheit eher selten haben zeichnen lassen und bevorzugt auf vorgefertigte Zeichnungen zurückgreifen (Scherb & Nitz, 2020).

Weiterhin konnte Lachmayer (2008) im Rahmen einer qualitativen Studie die Fehler bzw. Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern der neunten und zehnten Klassenstufe bei der Konstruktion von Linien- und Säulendiagrammen ermitteln. So wählten einige Lernende den falschen Diagrammtyp aus, nahmen eine falsche Achsenbelegung, -beschriftung oder eine ungleichmäßige Skalierung der Achsen vor und trugen Werte an der falschen Stelle im Diagramm ein. Ähnliche Schwierigkeiten in Bezug auf verschiedene Diagrammtypen wurden bereits in älteren Studien vereinzelt berichtet (z. B. Kerslake, 1981; Mevarech & Kramarski, 1997; Padilla et al., 1986; Wavering, 1989).

Im Gegensatz zu den zuvor genannten Studien haben Jiménez-Aleixandra et al. (1999) die technischen Schwierigkeiten, auf die Schülerinnen und Schüler im Umgang mit dem Mikroskop treffen, empirisch untersucht. Diese umfassen das Anschalten der Lampe, den Umgang mit dem Grob- und Feintrieb, die Regulation der Ausleuchtung mit Hilfe des Kondensors,

¹ Für einen Überblick zu Lerngelegenheiten an unterschiedlichen Bildungsorten vgl. BMBF (2004).

² Am Rande sei darauf verwiesen, dass Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Zeichnen im Unterricht auch durch die Lehrkraft verschuldet sein können, wenn die Schülerinnen und Schüler angehalten sind, eine originalgetreue Zeichnung ohne Hilfsmittel oder Anleitung eingeständig anzufer-tigen; vgl. Spörhase (2010b).

die Verwendung von und den Wechsel zwischen unterschiedlichen Objektiven und das Verständnis der Funktion des Pointers¹. Ferner konnten Widodo et al. (2019) in einer Studie mit Studierenden ($N = 45$), also mit bereits fortgeschrittenen Lernenden, zeigen, dass die Fähigkeit, ein Mikroskop zu bedienen, nicht den einzigen Faktor darstellt, der Lernende dazu befähigt, ein Objekt adäquat darzustellen. Ein Erklärungsansatz für die Unterschiede zwischen Lernenden könnte sein, dass einige von ihnen gerne in der Freizeit zeichnen (Widodo et al., 2019) und damit mehr Lerngelegenheiten hatten, um Vorerfahrungen zu gewinnen. Auf die Bedeutsamkeit von Übung im Zusammenhang mit dem mikroskopischen Zeichnen wurde bereits zuvor verwiesen (vgl. Gropengießer et al., 2012; 3.5.3).

Tabelle 3.4 Von Lehrkräften ($N = 13$) beim Einsatz des Zeichnens im Unterricht wahrgenommene Schwierigkeiten sowie Anzahl der Belege (n) aus den Interviews, verändert nach Scherb und Nitz (2020, S. 2549)

Schwierigkeit beim Zeichnen	n	Quelle
Bildausschnitt oder Größe der Zeichnung wird unvorteilhaft gewählt	4	<i>Induktive Kategorie</i>
Fehlendes Abstraktionsvermögen bei ungeübten Schülerinnen und Schülern	4	Tytler et al., 2020
Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien	4	<i>Induktive Kategorie</i>
Sensomotorische Schwierigkeiten (Auge-Hand-Koordination)	4	Quillin & Thomas, 2015
Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen	4	<i>Induktive Kategorie</i>
Abwehrhaltung der Schülerinnen und Schüler durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) oder Angst vor dem Zeichnen	3	Cohn, 2012; Gropengießer, 1987
Fehlendes Interesse am Zeichnen führt zu einer Abwehrhaltung	3	Quillin & Thomas, 2015
Überforderung, Unterforderung	3, 1	Spörhase, 2010b
Bei zeichnerischen Problemen kommt die inhaltliche Auseinandersetzung zu kurz, da die kognitiven Kapazitäten limitiert sind	2	Leutner & Schmeck, 2014; Spörhase, 2010a
Hoher Zeitbedarf	2	Retzlaff-Fürst, 2020
Schwierigkeiten beim Unterscheiden zwischen biologischem Zeichnen und dem Zeichnen in anderen Disziplinen	2	<i>Induktive Kategorie</i>
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen	1	Retzlaff-Fürst, 2020
Bedeutsamkeitsmangel: Abwehrhaltung der Schülerinnen und Schüler, da der Mehrwert in der Anfertigung einer Zeichnung nicht erkannt wird	1	Quillin & Thomas, 2015
Transformationsschwierigkeiten bei der Darstellung eines dreidimensionalen Objekts auf einer Fläche	0	Killermann et al., 2013; Tytler et al., 2020

Anmerkung. Die genannten Quellen sind als exemplarische Belege einer deduktiven Kategorie zu verstehen. Weiterhin sind nur diejenigen Schwierigkeiten dargestellt, die sich auf Lernende beziehen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass erst sehr wenige abgesicherte empirische Erkenntnisse zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern von Lernenden vorliegen, die während der Konstruktion biologisch bedeutsamer Zeichnungen auftreten. Dies wird insbesondere im Zusammenhang mit dem Zeichnen auf Grundlage der Beobachtung von Objekten deutlich (3.5), hier fehlen prozess- oder schwierigkeitsbezogene empirische Erkenntnisse nahezu

¹ Zur Funktionsweise von Pointern für das Mikroskop vgl. z. B. Fryer und Koivula (1985).

gänzlich. Weiterhin beziehen sich bestehende Kategoriensysteme im Zusammenhang mit Schwierigkeiten bzw. Fehlern auf die in Interviews berichtete Einschätzung der Lehrkräfte (vgl. Feld, 2016; Scherb, 2015; Scherb & Nitz, 2020) oder decken nur einen sehr kleinen Ausschnitt biologisch bedeutsamer Zeichnungen ab (vgl. Lachmayer, 2008 für Linien- und Säulendiagramme). Ein Kategoriensystem, das empirisch fundiertes schwierigkeitsbezogenes Grundlagenwissen zur Konstruktion von Zeichnungen basierend auf Texten (3.4) und Beobachtungen (3.5) liefert und klare Bezüge zu den für das Zeichnen relevanten Modellen und Theorien aufweist, liegt bislang nicht vor. Vor dem Hintergrund der Relevanz des Wissens über typische Schwierigkeiten und Fehler im Zeichen- und Lernprozess ist ein solches anzustreben. Auch erlaubt die systematische Kategorisierung von Schwierigkeiten bzw. Fehlern die Verortung situationsangemessener Unterstützungsmaßnahmen.

III Empirischer Teil

4. Ziele, Forschungsfragen und Operationalisierung

Nachfolgend werden die Untersuchungsziele dieser Arbeit benannt und die Ableitung der Forschungsfragen aus der vorangegangenen theoretischen Rahmung aufgezeigt (4.1). Anknüpfend daran wird ein Überblick zur Operationalisierung der Forschungsfragen gegeben (4.2), bevor die anschließenden Kapitel 5 bis 7 die Operationalisierung näher darstellen.

4.1 Untersuchungsziele und Forschungsfragen

Wie am Ende der Einleitung dargestellt, verfolgt die Studie dieser Arbeit drei Teilziele: (I) Der Zeichenprozess soll anhand der Sichtstruktur, wie ihn auch Lehrkräfte im Unterricht wahrnehmen können, beschrieben werden. Weiterhin sollen (II) Schwierigkeiten im Umgang mit zwei für den Biologieunterricht bedeutsamen externen bildlichen Repräsentationsformen, nämlich Ablaufdiagramme und mikroskopische Zeichnungen, untersucht und (III) auf Grundlage der tätigkeits- und schwierigkeitsbezogenen Befunde mögliche Schülertypen identifiziert werden. Das Teilziel I dient vor allem der Generierung von Hintergrundwissen (vgl. Krüger & Vogt, 2007) für an die empirischen Erkenntnisse anknüpfende Folgeforschung (z. B. Vergleich des Zeichenprozesses zwischen Novizinnen bzw. Novizen sowie Experteninnen bzw. Experten), wohingegen die Teilziele II und III zudem eine hohe Relevanz für die Unterrichtspraxis besitzen, denn das Wissen der Lehrkräfte über Schülerfehler und -schwierigkeiten ist bedeutsam für eine produktive Unterrichtsgestaltung sowie die situationsangemessene Ableitung individueller Fördermaßnahmen (Schumacher, 2008). Hierzu trägt die Identifizierung von Typen bei, denn sie erlaubt die Planung und Berücksichtigung typengerechter Interventionsmaßnahmen (Kuckartz, 2010).

Aus den zuvor genannten Untersuchungszielen ergeben sich die folgenden Forschungsfragen. An jede Forschungsfrage schließt eine Erläuterung zu deren Ableitung aus der Literatur an:

Forschungsfrage 1

Welche Tätigkeiten lassen sich für den Zeichenprozess hinsichtlich der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen auf der Ebene der Sichtstruktur unterscheiden?

Der Zeichenprozess wird an einigen Stellen als nicht-linearer bzw. rekursiver Prozess beschrieben (z. B. Leutner & Schmeck, 2014, 2022; van Meter & Firetto, 2013). Was dies

bedeutet, wird jedoch nicht weiter ausgeführt. Im naturwissenschaftlichen Kontext wurde der Zeichenprozess bislang nur fragmentarisch untersucht (3.6). Erste Erkenntnisse dazu lieferten van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016). Van Meter (2001) beschränkte sich in ihrer Untersuchung jedoch ausschließlich auf die Selbst-Monitoring-Ereignisse bei Schülerinnen und Schülern der fünften und sechsten Klassenstufe (3.6). Ein Teil des von ihr zur Untersuchung verwendeten Kategoriensystems ist deduktiv entstanden. Die generierten Zeichnungen lassen sich dem Ansatz des drawings zuordnen (3.4.2). Van Meter (2001) merkt kritisch an, dass im Rahmen ihrer Studie nur ein biologischer Kontext und eine Textgrundlage für die Konstruktion der jeweiligen Zeichnung zum Einsatz kamen. Scott und Dreher (2016) haben Schülerinnen und Schüler der sechsten Klassenstufe auf Basis einer sozialkundlichen und einer biologischen Textgrundlage Zeichnungen anfertigen lassen, die sich dem Ansatz des mapping zuordnen lassen (3.4.4). Aus den Transkripten des lauten Denkens wurde ein ausschließlich induktives Kategoriensystem zu den Denkprozessen von Lernenden entwickelt, das teilweise keine trennscharfen Kategorien und weitere Limitationen zeigt (3.6). Außerdem werden nur die Transkripte des lauten Denkens betrachtet und nicht die Videospur, die zumindest van Meter (2001) anteilmäßig einbezog. Insbesondere die Betrachtung der Videospur liefert weitere wertvolle Erkenntnisse zum Prozess, die von den verbalen Daten alleine nicht abgedeckt sind (vgl. Döring & Bortz, 2016; Krüger & Riemeier, 2014). Es zeigt sich, dass beide Kategoriensysteme durch den Fokus auf Selbst-Monitoring-Ereignisse und Denkprozesse den Zeichenprozess auf der Ebene der Sichtstruktur nicht bzw. nicht lückenlos beschreiben können. Auch fehlt bei den bisherigen Kategoriensystemen ein expliziter Bezug zwischen den einzelnen Kategorien und den Komponenten von Modellen bzw. Theorien (3.3, 3.4.3, 3.5.2), die relevant für das Zeichnen sind. Die beiden bestehenden Kategoriensysteme beziehen sich außerdem nur auf das Zeichnen auf Grundlage von Texten und decken das Zeichnen auf Grundlage der Beobachtung von Objekten nicht ab. Kategoriensysteme mit Bezug auf die Sichtstruktur zur Charakterisierung des Zeichenprozesses für diese beiden unterschiedlichen Formen des Zeichnens sind jedoch sinnvoll, da sie im Gegensatz zur ausschließlichen Berücksichtigung diskontinuierlich geäußelter Kognitionen in der Lage sind, den Zeichenprozess lückenlos zu beschreiben und zwischen Fällen oder Gruppen vergleichbar zu machen. Zumindest für das Zeichnen auf Grundlage von Texten lassen sich aus den Ergebnissen von van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016) heraus einige Tätigkeiten für eine Kategorienbildung ableiten: a) Zeichnen, b) Lesen in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial, c) Rückfragen bzw. Austausch zwischen Teilnehmenden und anderen Personen, d) Monologisieren, d. h. Phasen in denen nur oder primär gesprochen wird, e) Betrachten der Zeichnung, ohne zu sprechen f) Verwerfen von

Strukturen sowie g) Ablenkung und Beschäftigung mit Tätigkeiten, die nicht im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung stehen.

Forschungsfrage 2.1

Welche manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler treten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen im Zeichenprozess auf?

Bei den Lernenden können Schwierigkeiten im Zeichenprozess zu einem hohen Maß an extrinsischer Belastung führen (Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2014, 2022; 3.7). Da die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses limitiert ist, stehen dem eigentlichen Lernen, das intrinsische und lernbezogene Belastung erzeugt, durch eine erhöhte extrinsische Belastung dann nicht mehr ausreichend Kapazitäten zur Verfügung (R. E. Mayer, 2022; 3.3). Der Zeichenprozess kann zudem in Abhängigkeit von der Komplexität des Darzustellenden unterschiedlich kognitiv anspruchsvoll sein (van Sommers, 2009; 3.5.2). Schwierigkeiten können sich auch aus dem fehlenden Wissen über zeichnerische Konventionen ergeben (z. B. Wright et al., 2014; 3.7). Bisherige Lerngelegenheiten spielen beim Auftreten von Schwierigkeiten bzw. Fehlern eine entscheidende Rolle (z. B. Quillin & Thomas, 2015; 3.7). In den meisten Studien, die die Konstruktion externer bildlicher Repräsentationen betrachten, stehen die Schwierigkeiten der Lernenden nicht im Fokus und werden, wenn überhaupt, nur beiläufig erwähnt (z. B. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; 3.6: Schwierigkeiten beim Verständnis der Textgrundlage, bei der Wahl des Repräsentationstyps und der Planung der Zeichnung). Nur vereinzelt haben Studien die Schwierigkeiten gezielt untersucht, auf die Lernende bei der Konstruktion externer bildlicher Repräsentationen treffen (z. B. Lachmayer, 2008 für Liniendiagramme, Jiménez-Aleixandra et al., 1999 für technische Schwierigkeiten im Umgang mit dem Mikroskop). Andere Kategoriensysteme beziehen sich ausschließlich auf allgemeine, d. h. nicht repräsentationsspezifische, Schwierigkeiten, die Lehrkräfte wahrnehmen, wenn sie ihre Schülerinnen und Schüler zum Zeichnen auffordern (Scherb & Nitz, 2020). Ein empirisch fundiertes schwierigkeitsbezogenes Kategoriensystem, das einerseits Grundlagenwissen schafft und andererseits eine systematische Verortung situationsangemessener Unterstützungsmaßnahmen erlaubt, liegt bislang weder zum Zeichnen auf Grundlage von Texten noch für das Zeichnen auf Grundlage von Beobachtungen vor. Das Wissen über mögliche Schülerfehler besitzt darüber hinaus außerdem eine hohe Relevanz für die Unterrichtspraxis (Schumacher, 2008). Weiterhin können

Schwierigkeiten als Indikator für eine bislang unzureichende erworbene Repräsentationskompetenz (Teilkompetenz: Konstruktion und Translation) angesehen werden (2.2, 3.7). Einige der in den zuvor genannten Studien dargestellten Befunde können als Ausgangspunkt für die Bildung eines solchen empirisch fundierten Kategoriensystems zu Schüler-schwierigkeiten bzw. -fehlern im Umgang mit Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen genutzt werden. Mit Blick auf die repräsentationsspezifischen Konventionen (3.4.5, 3.5.3) dieser beiden Darstellungsformen ist eine repräsentationsspezifische induktive Erweiterung bzw. Adaption wahrscheinlich. Dabei stehen die manifesten, d. h. beobachtbaren Schwierigkeiten bzw. Fehler im Fokus, die anhand konkreter Aussagen und Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler sowie am Produkt – der Zeichnung – deutlich werden. Wie in der theoretischen Rahmung anhand von Beispielen dargestellt, bedingen sich Schwierigkeiten und Fehler gegenseitig und der Übergang zwischen diesen kann fließend sein (3.7). Ein Kategoriensystem sollte deshalb Schwierigkeiten und Fehler gleichsam berücksichtigen. Latente Schwierigkeiten (z. B. individuelle Lernschwierigkeit, sonderpädagogischer Fokus) sind nicht Gegenstand dieser Arbeit. Wie van Meter (2001) anmerkte, sollte eine Untersuchung des Zeichenprozesses vor dem Hintergrund der Bedeutsamkeit von Lerngelegenheiten außerdem nicht nur auf einen Kontext, eine Textgrundlage und eine sehr beschränkte Altersgruppe limitiert sein.

Forschungsfrage 2.2

Welche manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler werden im Zeichenprozess sichtbar, die durch die Analyse der Zeichenprodukte nicht erfasst werden?

Die fertige Zeichnung einer Schülerin oder eines Schülers kann Gegenstand der Bewertung sein (vgl. z. B. Harms, 2020; Retzlaff-Fürst, 2020; 3.7) und zugleich Hinweise zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern von Lernenden liefern (Quillin & Thomas, 2015). Empirische Untersuchungen, die das Potential des Zeichnens gegenüber anderen Methoden (z. B. mündliche oder schriftliche Zusammenfassung eines Texts) untersucht haben, beurteilen oftmals das Zeichenprodukt, also die fertige Zeichnung (vgl. Leutner & Schmeck, 2022: prognostic drawing principle; 3.4.2). Wie zuvor verdeutlicht, liefern einige wenige Studien Hinweise dazu, dass im Prozess weitere Schwierigkeiten auftreten können, die bei einer ausschließlichen Betrachtung und Beurteilung des Produkts nicht erkannt werden würden (Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; z. B. Ablenkung während des Zeichnens, Schwierigkeiten beim

Verständnis der Textgrundlage, bei der Wahl des Repräsentationstyps und der Planung der Zeichnung; 3.6). Diese Forschungsfrage zielt daher auf eine Unterscheidung von Schwierigkeiten, die sich primär im Prozess anstatt am Produkt zeigen. Werden solche im Prozess aufkommenden Schwierigkeiten von den Lehrkräften erkannt, können sie einen fruchtbaren Ausgangspunkt für Lerngelegenheiten darstellen (vgl. Gropengießer, 2020c).

Forschungsfrage 3

Inwiefern lassen sich anhand der empirischen Befunde zum Zeichenprozess aus den Einzelfällen heraus Schülertypen für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen charakterisieren?

Das systematische Kontrastieren von Einzelfällen kann zur Bildung von Typen führen (Döring & Bortz, 2016, S. 377, 541). Prozessstrukturen können den Ausgangspunkt einer Typenbildung darstellen (vgl. Arndt, 2016; Kambach, 2018). Zum Teil können Typen die Grundlage für die Planung und Berücksichtigung typengerechter Interventionsmaßnahmen darstellen (Kuckartz, 2010). Bislang liegen sowohl bezogen auf biologische als auch bezogen auf naturwissenschaftliche Kontexte keine Typen vor, die das Zeichnen betreffen.

Im Rahmen dieser Studie bietet sich die Bildung von Schülertypen zur Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen auf Grundlage von Tätigkeiten der Lernenden im Zeichenprozess oder auf Grundlage von Schwierigkeiten bzw. Fehlern an. Die Basis für die Typisierung der Konstruktion beider Repräsentationsformen ist damit die empirische Befundlage, die im Zuge der Beantwortung von Forschungsfrage 1, 2.1 und 2.2 entsteht.

4.2 Überblick zur Operationalisierung

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurden mehrere Erhebungsinstrumente und -methoden sowie Verfahren der Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse miteinander kombiniert. Vor dem Hintergrund des bislang nur lückenhaft untersuchten Zeichenprozesses und der explorativen Forschungsfragen wurde ein qualitatives Studiendesign gewählt. Um den Charakter eines Überblicks zu erhalten, entfallen in diesem Unterkapitel die ausführliche Erläuterung und Begründung der einzelnen methodischen Entscheidungen. Im Folgenden wird ein Überblick zur Operationalisierung der drei Untersuchungsziele bzw. der Forschungsfragen gegeben.

Erhebungsinstrumente und -methoden sowie Stichprobe | Die Analyse des Zeichenprozesses setzt voraus, dass Lernende bei der Konstruktion beider Repräsentationsformen, die im Erkenntnisinteresse dieser Arbeit stehen, nämlich Ablaufdiagramme (3.4.5) und mikroskopische Zeichnungen (3.5.3), in geeigneter Weise beobachtet werden. Insbesondere zur Untersuchung von Prozessen bietet sich die gleichsame Aufzeichnung von Audio- und Videospuren an, da hierdurch wiederholtes Betrachten ermöglicht wird (Döring & Bortz, 2016; 5.10). Die ausschließliche Analyse der Zeichenprodukte von Lernenden wäre nicht ausreichend. Ausgehend von bisherigen Untersuchungen zum Zeichnen (z. B. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001) ist weiterhin anzunehmen, dass für die Identifikation von manifesten Schwierigkeiten unterschiedliche Betrachtungsebenen aufschlussreich sein können, z. B. Protokoll des lauten Denkens, Video (nonverbale Informationen während der Konstruktion der externen bildlichen Repräsentationen), Produkt (Beurteilung mit Hilfe von zeichnerischen Beurteilungskriterien) sowie retrospektive Stellungnahme (Selbsteinschätzung, Reflexion).

Weiterhin berichteten Lehrkräfte im Rahmen von Interviews, dass sowohl die bei ihren Schülerinnen und Schülern wahrgenommenen Schwierigkeiten abhängig von der zu konstruierenden bildlichen Repräsentationsform als auch abhängig vom Kontext variieren können (Feld 2016; Scherb 2015; Scherb & Nitz, 2020; 3.7). Studien, die den Zeichenprozess in den Blick genommen haben, beschränken sich bislang jeweils nur auf einen biologischen Kontext und betrachten eine sehr eingeschränkte Altersgruppe (3.6). Da der Erfahrungszugewinn hinsichtlich des Zeichnens an die Quantität und Qualität der Lerngelegenheiten gekoppelt ist (3.7), empfiehlt es sich auch vor diesem Hintergrund, Schülerinnen und Schüler verschiedener Könnens- bzw. Klassenstufen heranzuziehen (6.1 und 6.2). Variationen im Kontext sind zudem eine notwendige Voraussetzung, um auftretende Schwierigkeiten bei der Konstruktion der Zeichnung in hinreichender Breite und nicht nur spezifisch für einen Kontext zu erfassen. Auch gilt es, ein breites Spektrum der beiden Repräsentationsformen

zu berücksichtigen, nämlich hinsichtlich der Ablaufdiagramme lineare und zirkuläre Prozessdarstellungen und hinsichtlich mikroskopischer Zeichnungen unterschiedliche Organisationsebenen (Einzeller, Gewebe). Durch die Pluralität an Altersstufen und Kontexten wird die empirische Belastbarkeit erhöht und Verallgemeinerungen von Schwierigkeiten bestenfalls möglich. Es war daher zunächst notwendig, unterschiedliche altersgerechte Textgrundlagen zu entwickeln, anhand derer die Schülerinnen und Schüler die Ablaufdiagramme konstruieren können (5.1). Als Grundlage für die mikroskopischen Zeichnungen mussten unterrichtsrelevante Dauerpräparate mit geeigneten Bildausschnitten gefunden werden, die verschiedene Organisationsstufen abdecken (5.2).

Im Sinne der Triangulation sind weitere Datenquellen zur Absicherung der Interpretation aufschlussreich (Konrad, 2010), da mit der qualitativen Analyse des Zeichenprozesses zugleich eine Interpretation der beobachteten Handlung durch den Analysierenden einhergeht. Bezogen auf den Zeichenprozess liefern Verfahren der Introspektion und Retrospektion wertvolle zusätzliche Erkenntnisse (z. B. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001). Insbesondere die Methode des lauten Denkens (5.3) liefert Einblicke in ablaufende kognitive Prozesse, die andernfalls verborgen bleiben (Sandmann, 2014). Damit kann prozessbegleitendes lautes Denken zur späteren Identifikation bzw. zur interpretativen Absicherung von manifesten Schwierigkeiten beitragen. Da insbesondere die Konstruktion der Ablaufdiagramme den Umgang mit einer Textgrundlage erfordert, ist es sinnvoll, ergänzend die Lesegeschwindigkeit und das Leseverständnis der Teilnehmenden zu erfassen (5.4). Zur Absicherung der Interpretation der Schwierigkeiten bedarf es weiterhin der Erfassung der Vorerfahrung (z. B. Aufbau von Zellen, bekannte Gütekriterien) bzw. bisheriger Lerngelegenheiten der Teilnehmenden mit den beiden Repräsentationsformen (5.5). Auch wurden die Teilnehmenden retrospektiv zum Zeichengegenstand (5.6) und zu ihrem Vorgehen befragt (5.7). Ergänzend wurden ausgewählte weitere Variablen erhoben (5.8), die in Verbindung zum Zeichnen stehen (z. B. Noten, Interesse am Zeichnen in und außerhalb des Biologieunterrichts) oder die relevant für die Realisierung der Stichprobenziehung (6.1, 6.2) waren (z. B. Einschätzung der Biologielehrkraft).

Ein Studiendesign, das den vorangestellten Erfordernissen und einzelnen methodischen Entscheidungen gerecht wird, fügt sich auf natürliche Weise mosaikartig zu einem Gesamtbild zusammen (5.9). Mit dem Wechsel verschiedener Modalitäten (lesen, zeichnen, schreiben, sprechen) ergeben sich besondere Anforderungen an die technische Realisierung der Studiendurchführung (5.10).

Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse | Die Beantwortung der Forschungsfragen setzt die Auswertung des verwendeten Lesegeschwindigkeits- und -verständnistests nach Schneider et al. (2007; 7.2), die Transkription der Audioaufzeichnungen (7.3), die kriteriengeleitete Beurteilung der entstandenen Zeichnungen (7.4, 7.6), die Auswertung der fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung (7.5), die Auswertung des lauten Denkens (7.7), die Auswertung der kontextbezogenen Verständnisfragen (7.8) und der Selbsteinschätzungsaussagen (7.9), die Berechnung der Schülerleistungen (7.10), das Erstellen von Schülerprofilen (7.11), die Entwicklung und Elaboration jeweils eines Kategoriensystems zur Identifikation von Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen (7.12), die Durchführung der Tätigkeitsanalyse (7.13) sowie die Typenbildung (7.14) voraus. Bei der Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse ist es ebenso wie bei der vorausgehenden Datengewinnung sinnvoll, verschiedene Maßnahmen zur Sicherung einer guten wissenschaftlichen Praxis anzuwenden (8.1-8.4).

Beantwortung der Forschungsfragen | Die Beantwortung der Forschungsfrage 1 (Tätigkeiten im Zeichenprozess) erfolgt durch die Analyse und Visualisierung der Prozessstruktur (7.13). Die Visualisierung der Prozessstruktur wurde bereits für andere naturwissenschaftsdidaktisch bedeutsame Prozesse vorgenommen (vgl. z. B. Kambach, 2018 für den Experimentierprozess). Die Prozessstruktur ergibt sich aus einer durchgängigen kategorienbasierten Kodierung der Video-/Audiospur. Das Kategoriensystem ist theoretisch fundiert und basiert auf aus der Literatur abgeleiteten deduktiven Tätigkeiten für den Zeichenprozess (3.6) und wird repräsentationsspezifisch induktiv erweitert (7.13.2, 9.1).

Das zentrale Instrument zur Beantwortung der Forschungsfrage 2.1 (Identifikation manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler) und 2.2 (Prozess vs. Produkt) stellen deduktive Kategoriensystem dar, die im Zuge der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) unter Berücksichtigung des empirischen Ausgangsmaterials (Protokoll des lauten Denkens, Zeichnungen, Vorerfahrungen, Verständnisfragen, Selbsteinschätzung, mündliche Reflexionsfragen, ergänzend erhobene Merkmale) induktiv erweitert wurden (7.12). Auf Grund des sehr umfangreichen empirischen Ausgangsmaterials wird dieses für jede Schülerin bzw. für jeden Schüler in Form von Schülerprofilen aggregiert (Anhang 7). Die Schülerprofile stellen die Basis für die Analyse und Erstellung der Fallbeschreibungen (9.5, Anhang 10) dar.

Die Beantwortung von Forschungsfrage 3 (Charakterisierung von Schülertypen für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen) erfolgt auf Grundlage der „Vorarbeit“ (Kuckartz, 2018, S. 143) der Tätigkeitsanalyse (7.12, 9.1) und der Analyse der Schwierigkeiten bzw. Fehler (7.13, 9.2, 9.3). Die Konstruktion der repräsentationsspezifischen Typen (7.14, 9.4) erfolgt in Anlehnung an Kelle und Kluge (2010).

5. Erhebungsinstrumente und -methoden

Die ersten beiden Unterkapitel (5.1, 5.2) geben einen Überblick über die Kontexte, zu denen die Schülerinnen und Schüler jeweils ein Ablaufdiagramm und eine mikroskopische Zeichnung anfertigten. Im Anschluss werden die einzelnen Erhebungsinstrumente und -methoden vorgestellt: die Methode des lauten Denkens (5.3), der Lesegeschwindigkeits- und -verständnisstest (5.4), die Methoden zur Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung (5.5), die Verständnisfragen zum Kontext (5.6), der Selbsteinschätzungs-Test (5.7.1), die mündlichen Reflexionsfragen (5.7.2) und die ergänzend erhobenen Merkmale (5.8). Anknüpfend daran werden das Untersuchungsdesign der Studie (5.9) und die technische Realisierung der Studiendurchführung erläutert (5.10). Da der Versuchsleiter der Autor ist, wird nachfolgend für diesen nur die maskuline Schreibweise verwendet.

5.1 Materialentwicklung: Ablaufdiagramme

In diesem Unterkapitel wird zunächst eine Übersicht über die vier gewählten Kontexte geben (5.1.1) und deren Verwendung curricular begründet (5.1.2). Im Anschluss wird erläutert, welche Leitlinien bei der Kontextwahl und der Textgestaltung (5.1.3) grundlegend waren und welche Prämissen für die Konzeption der Aufgabenstellungen (5.1.4) bestanden.

5.1.1 Übersicht über die Kontexte

Wie zuvor dargestellt, berichten Lehrkräfte davon, dass Schwierigkeiten sowohl abhängig von der zu konstruierenden Repräsentationsform als auch abhängig vom Kontext variieren können (Feld 2016; Scherb 2015; Scherb & Nitz, 2020; 3.7). Auch verweisen Studien, die den Prozess des Zeichnens untersucht haben, auf die Notwendigkeit einer Pluralität an Kontexten und Altersgruppen (vgl. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001). Zudem bringen Lernende unterschiedliche Voraussetzungen mit und wurden in Bezug zur Konstruktion externer bildlicher Repräsentationen mit unterschiedlichen Lerngelegenheiten im und außerhalb des Unterrichts konfrontiert (2.2, 3.7). Im Hinblick auf die empirische Belastbarkeit der Studie war es daher notwendig, unterschiedliche Kontexte einzusetzen und Klassenstufen abzudecken. Vor diesem Hintergrund wurden vier Kontexte ausgewählt und hierzu Textgrundlagen entwickelt, anhand derer Ablaufdiagramme konstruiert werden konnten. Tabelle 5.1 listet die vier gewählten Kontexte sowie die jeweils angedachte Klassenstufe, in der die Schülerinnen und Schüler sein sollten, um mit der jeweiligen Textgrundlage zu arbeiten, auf. Zu jedem dieser Texte wurde ein Erwartungshorizont angelegt, der ein mögliches daraus hervorgehendes Ablaufdiagramm zeigt (Anhang 1). Dabei wird zwischen den in der Textgrundlage enthaltenen Textinformationen (=Elementen) und deren

Zusammengehörigkeit (=Relationen) unterschieden. Die Anzahl der relevanten Elemente und Relationen unterscheidet sich dabei abhängig vom Kontext.

Tabelle 5.1 Kontexte der Ablaufdiagramme, Anzahl enthaltener Elemente und Relationen sowie Klassenstufe

Kontext	Elemente: Anzahl der Text- informationen	Relationen: Anzahl der Zusammenhänge	Klassenstufe
Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder	15	19	7/8
Kohlenstoffkreislauf	8	10	8
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	16	15	9/10
Schilddrüse und hormonelle Regulation	15	10	9/10

5.1.2 Begründung der Kontexte

Nachfolgend wird die Wahl der vier Kontexte anhand des Lehrplans Biologie für die Klassenstufen 7 bis 10 des Bundeslands Rheinland-Pfalz (MfBWWK, 2014) begründet. In den Lehrplänen anderer Bundesländer sowie in unterschiedlichen curricularen Steuerungsdokumenten von Österreich und der Schweiz lassen sich für die gewählten Kontexte ebenso unterrichtliche Einsatzsituationen finden (z. B. BMUK, 2018; D-EDK, 2014).

Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Die Textgrundlage zu den Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Wälder (Anhang 1.1) lässt sich inhaltsbezogen beispielsweise im Rahmen des Themenfelds 5 *Ökosystem im Wandel* verorten. Hierbei kann der Fokus auf der Betrachtung des anthropogenen Einflusses auf Ökosysteme liegen und das eigene aber auch gesamtgesellschaftliche Handeln beurteilt werden (MfBWWK, 2014). Der Lehrplan zeigt zudem, dass sich thematische Überschneidungen mit mehreren Themenfeldern des Faches Chemie ergeben: z. B. Themenfeld 1 *Stoffe in Luft, Wasser, Boden*; Themenfeld 2 *Salze, Mineralstoffe im Bodenwasser* oder Themenfeld 10 *Toxische Stoffe in der Umwelt*. Ein fächerverbindender Unterricht kann die Lernenden in diesem Zusammenhang dabei unterstützen, „global zu denken und lokal zu handeln“ (MfBWWK, 2014, S. 32).

Die Anfertigung der Textgrundlage erfolgte in Anlehnung an Bergau et al. (2007, S. 64, 65) und Wellburn (1997). Die Textgrundlage wurde bereits im Rahmen eines Praxisbeitrags in geringfügig veränderter Form veröffentlicht (Scherb, 2018).

Kohlenstoffkreislauf

Dem Kohlenstoffkreislauf begegnen Lernende im Laufe ihrer Schullaufbahn meist mehrfach. In vielen Biologieschulbüchern kommt dieser sowohl in der Mittelstufe als auch in der

Oberstufe vor. Während es in der Mittelstufe vor allem darum geht, einen Überblick über die Teilkomponenten des Kreislaufs und deren Zusammengehörigkeit zu erlangen (z. B. Hausfeld & Schulenberg, 2007, S. 138; Freundner-Huneke et al., 2015, S. 210), liegt der Fokus in der Oberstufe auf der Verfolgung der C-Atome über Organisationsebenen hinweg und dem Verständnis einiger dabei beteiligter Prozesse (z. B. Konopka, 2015, S. 100). Der Wechsel zwischen biologischen Organisationsebenen und den jeweils stattfindenden Prozessen kann für Schülerinnen und Schüler eine Herausforderung darstellen (Knippels, 2002; Verhoeff, 2003). Düsing et al. (2019) untersuchten speziell zum Kohlenstoffkreislauf die Schülervorstellungen und stellten fest, dass es den Lernenden schwer fällt, die Umwandlung kohlenstoffhaltiger Verbindungen im Zuge des Kreislaufs nachzuvollziehen.

Um eine Überforderung, die aus dem Nachvollziehen einzelner chemischer Prozesse resultiert, weitestgehend auszuschließen, wurde bei der Konzeption der Textgrundlage zum Kohlenstoffkreislauf (Anhang 1.2) auf das Verfolgen der C-Atome über die Organisationsebenen hinweg verzichtet. Stattdessen wurde die makroskopische Ebene (vgl. „the cube“-Modell von Tsui und Treagust (2013); Abb. 2.1 in 2.2) in den Vordergrund gerückt, da in dieser Studie die im Zuge des Zeichnens aufkommenden Schwierigkeiten im Vordergrund stehen und nicht die Verständnisschwierigkeiten im Umgang mit dem Text.

Ähnlich wie der zuvor genannte Kontext lässt sich auch der Kohlenstoffkreislauf thematisch in Themenfeld 5 *Ökosystem im Wandel* verorten (MfBWWK, 2014). Der Lehrplan verweist dabei explizit auf die Thematisierung von Stoffkreisläufen. In den Themenfeldern 3 und 4 wird zudem verdeutlicht, dass über den Kohlenstoffkreislauf ein Bezug zu Themenfeld 5 hergestellt werden kann. Im Fach Chemie ist der Kohlenstoffkreislauf im Themenfeld 11 *Stoffe im Fokus von Umwelt und Klima* außerdem der zentrale Inhalt (MfBWWK, 2014).

Die Textgrundlage wurde in Anlehnung an Campbell et al. (2016), Freundner-Huneke et al. (2015), Hausfeld und Schulenberg (2015), Hübner et al. (2015) und Konopka (2015) gestaltet. Es erfolgte bereits eine Veröffentlichung der Textgrundlage in geringfügig veränderter Form (Scherb, 2018).

Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Die Textgrundlage zu den Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Anhang 1.3) lässt sich thematisch den Themenfeldern 3 *Organismus, Organe, Zellen – Versorgung mit Stoffen und Energie* und 8 *Sport und Ernährung – Energiebilanz des Körpers* zuordnen. In der Textgrundlage wird der Zusammenhang zwischen ungesunder Ernährung, Bewegungsmangel und Folgeerkrankungen deutlich gemacht. Eine Passung ergibt sich daher insbesondere für Themenfeld 8, das unter anderem folgende Inhalte benennt (MfBWWK, 2014, S. 38): a) „Schülerinnen und Schüler bewerten Bewegungs- und Ernährungsgewohnheiten mit Blick auf die

Gesunderhaltung des eigenen Körpers“ und b) „Ein Ungleichgewicht von Bewegung und Ernährung kann Ursache von Erkrankungen sein“.

Die Textgrundlage entstand angelehnt an Bergau et al. (2007, S. 156, 157) und wurde im Hinblick auf die Konstruktion eines Ablaufdiagramms angepasst.

Schilddrüse und hormonelle Regulation

Die Textgrundlage zur Schilddrüse sowie der hormonellen Regulation (Anhang 1.4) lässt sich beispielsweise im Zusammenhang mit Themenfeld 6 *Erwachsen werden* behandeln. Durch die Betrachtung des Informationsaustauschs bzw. der Kommunikation innerhalb des Körpers, liegt der Fokus damit auf dem Basiskonzept System (MfBWWK, 2014, S. 34). Im Zusammenhang mit diesem verweist der Lehrplan sowohl auf Geschlechts- als auch Hypophysenhormone. Letztere sind der Ausgangspunkt der Textgrundlage und beeinflussen die Aktivität der Schilddrüse.

5.1.3 Leitlinien der Kontextwahl und der Textgestaltung

Ziel war es, Textgrundlagen zu gestalten, die die Konstruktion eines Ablaufdiagramms erlauben und die Ähnlichkeiten zu anderen Texten aufweisen, mit denen die Schülerinnen und Schüler in der jeweiligen Klassenstufe in Berührung kommen. Es wurde darauf verzichtet, bereits bestehende Texte aus Schulbüchern zu verwenden, da diese meist nicht die Konstruktion eines vollständigen Ablaufdiagramms erlauben, der Textumfang nicht adäquat ist oder deutlich mehr bzw. weniger Informationen enthalten sind als für die Anfertigung einer Zeichnung notwendig ist. Die Textgrundlagen bzw. die Aufgabenstellungen sollten dabei eine mittlere Schwierigkeit besitzen, sodass die Lernenden nicht auf den ersten Blick alle für das Schaubild relevanten Informationen entnehmen können. Weiterhin wurde auf die Hervorhebung von Begriffen innerhalb der Textgrundlagen, z. B. in Form fettgedruckter Begriffe oder Unterstreichungen, verzichtet, da die Begriffe, die von den Schülerinnen und Schülern in das Ablaufdiagramm übernommen werden, nicht bereits im Vorfeld offensichtlich sein sollten. Diese methodische Entscheidung lässt sich damit begründen, dass die Selektion relevanter Informationen untrennbar zur Konstruktion von Ablaufdiagrammen dazugehört.

Die Gestaltung der Texte erfolgte unter Berücksichtigung von Kriterien der Textgestaltung. Hierbei wurden die vier Kriterien des Hamburger Verständlichkeitskonzepts nach Langer et al. (2015) beachtet: A) Einfachheit – Es wurden bevorzugt kurze Sätze, kurze Wörter und wo möglich bekannte Wörter verwendet sowie das Maß an Fachbegriffen auf ein Minimum beschränkt. B) Prägnanz – Es wurde darauf geachtet, die Verwendung von Verben der Substantivierung vorzuziehen. C) Gliederung – Es wurde darauf geachtet, möglichst nur einen

Gedanken pro Satz unterzubringen, Wesentliches an den Textanfang zu stellen und Absätze entsprechend von Sinnzusammenhängen anzulegen. D) Zusätzliche Stimulanz – Dieses Kriterium umfasst Maßnahmen, die den Text für die Leserinnen und Leser attraktiver werden lassen, z. B. lebendige Metaphern, Bilder oder Hervorhebungen persönlicher Bezüge. In allen vier Textgrundlagen gibt es persönliche Bezüge zur unmittelbaren Lebenswelt der Lernenden. Darüber hinaus wurden bei drei von vier Kontexten Bilder eingesetzt: Die Textgrundlage zu den Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Wälder enthält ein Bild des Waldes. Eine Darstellung dieser Art dient lediglich als „Enrichment“ (Lehnert & Köhler, 2013, S. 152) und liefert keine inhaltlichen Hilfestellungen. Die Textgrundlage zum Kohlenstoffkreislauf enthält kein Bild, sodass der Kreislaufgedanke nicht am Bild abgelesen werden kann. Die Textgrundlage zur Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen ist durch eine Bilderserie illustriert, die die Bildung eines Blutgerinnsels veranschaulicht. Die Textgrundlage zur Schilddrüse und der hormonellen Regulation enthält ein Bild, das lediglich die Lage des Hypothalamus, der Hypophyse und der Schilddrüse innerhalb eines Menschen anzeigt. Auf Bilder, welche die im Text beschriebenen Zusammenhänge veranschaulichen, wurde verzichtet, sodass ausgeschlossen werden kann, dass diese die Genese und Struktur der Zeichnung beeinflussen.

Ergänzend wurden die Textgrundlagen zu allen vier Kontexten von drei Lehrkräften (Berufserfahrung: 6, 11 bzw. 23 Jahre), zu denen persönlicher Kontakt besteht, eingeschätzt und kommentiert. Auf Grundlage der Rückmeldungen erfolgte eine Überarbeitung der Texte. Es wurde berücksichtigt, dass die Lehrkräfte nicht an den Schulen unterrichten, an denen die Studie durchgeführt wurde. Eine inhaltliche Vorbereitung der Schülerinnen und Schüler durch die Lehrkräfte vor Studienbeginn konnte in dieser Hinsicht ebenso ausgeschlossen werden. In einer zweiten Beurteilungsrunde waren die Lehrkräfte angehalten, die Textschwierigkeit unter Berücksichtigung der vorgegebenen Klassenstufe auf einer 9-stufigen äquidistanten Skala einzuschätzen, wobei 1 „sehr einfach“ und 9 „sehr schwer“ bedeutet. Die Werte 1-3 stehen für einfache Texte, 4-6 für Texte mittlerer Schwierigkeit und 7-9 für schwere Texte. Der Kontext *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* sollte im Hinblick auf den Einsatz in der siebten Klasse, der Kontext *Kohlenstoffkreislauf* im Hinblick auf den Einsatz in der achten Klasse und die beiden Kontexte *Herz-Kreislauf-Erkrankungen* und *Schilddrüse und Hormonregulation* im Hinblick auf den Einsatz in der zehnten Klasse beurteilt werden. Die beiden letztgenannten Kontexte könnten grundsätzlich auch in der neunten Klassenstufe eingesetzt werden. In Rheinland-Pfalz, dem Bundesland der Versuchsdurchführung, wird das Fach Biologie an vielen Schulen jedoch nicht in der neunten Klassenstufe unterrichtet. Daher wurden die beiden letztgenannten Kontexte von den Lehrkräften hinsichtlich der Verwendung in der zehnten Klassenstufe eingeschätzt. Die Lehrkräfte

haben den drei Textgrundlagen durchschnittlich eine mittlere Schwierigkeit bescheinigt und eine Textgrundlage am unteren Ende des Wertebereichs schwieriger Texte eingeordnet. Die jeweilige Einschätzung ist in Tabelle 5.2 dargestellt und wird am Ende dieses Unterkapitels zusammenfassend interpretiert.

Zusätzlich zur Einschätzung der Lehrkräfte wurde die Textschwierigkeit mit Hilfe des Lesbarkeitsindex *LIX* nach Björnsson (1968) bestimmt, der sich mit der hiernach dargestellten Formel berechnen lässt. Als lange Wörter werden solche verstanden, die sich aus mehr als sechs Buchstaben zusammensetzen:

$$LIX = \frac{\text{Anzahl Wörter}}{\text{Anzahl Sätze}} + \frac{\text{Anzahl langer Wörter}}{\text{Anzahl Wörter}} * 100$$

LIX = Durchschnittliche Satzlänge + Prozentualer Anteil langer Wörter

Für die Interpretation gelten folgende Wertebereiche. Die Übergänge sind fließend:

- *LIX* < 25 = Kinderbuch,
- 25 - 30 = Einfache Texte,
- 30 - 40 = Normaltext, Fiktion,
- 40 - 50 = Sachtext,
- 50 - 60 = Fachtext,
- > 60 = Schwierige akademische Texte.

Die Textgrundlagen zu den vier Kontexten zeigen mit 50.8 bis 53.9 ähnliche *LIX*-Werte (Tab. 5.2). Sie liegen damit am unteren Ende des Wertebereichs von Fachtexten. Die Berücksichtigung der Kriterien der Textgestaltung (5.1.2.) haben die strukturelle Komplexität insbesondere durch das Prinzip der *Einfachheit* (kurze Sätze, kurze Wörter, bevorzugt bekannte Wörter und Fachbegriffe nur falls unabdingbar) reduziert und die Lesbarkeit verbessert. Der Lesbarkeitsindex kann jedoch nur bedingt als Maß für die Altersgerechtigkeit der Texte herangezogen werden. Die zuvor berichtete Einschätzung erfahrener Lehrkräfte ist hier zielführender.

Die Textlängen in dieser Studie (Tab. 5.2) sind durchschnittlich geringfügig länger als die in vergleichbaren Studien. Die Textgrundlage (Kontext: Nervensystem) in der Studie von van Meter (2001) umfasst 297 Wörter und die beiden Textgrundlagen in der Studie von Scott und Dreher (2016) einerseits 258 Wörter (Kontext: Westeuropäische Halbinsel) und andererseits 227 Wörter (Vier Aspekte der Fitness). Die drei Textgrundlagen wurden im Gegensatz zur Studie dieser Arbeit für den Einsatz in der fünften oder sechsten Klassenstufe konzipiert.

Vor dem Hintergrund der ermittelten LIX-Werte im Bereich der Sach- bzw. Fachtexte, der durchschnittlichen Einschätzung der Lehrkräfte im Bereich mittlerer Schwierigkeit und einer ähnlichen Länge der konzipierten Texte zu den in vergleichbaren Studien zum Einsatz gekommenen Texten, kann von einer zufriedenstellenden Qualität der konzipierten Textgrundlagen ausgegangen werden. Den größten Einfluss auf die Sicherstellung der Qualität dieser hatte dabei die Überarbeitung der Texte auf Grundlage der Rückmeldungen der praxiserfahrenen Lehrkräfte.

Tabelle 5.2 Beurteilung der Schwierigkeit der jeweiligen Textgrundlage für die Konstruktion der Ablaufdiagramme anhand der Einschätzung der Lehrkräfte, der Anzahl der Wörter, Sätze und langer Wörter sowie der Ergebnisse der Berechnung des Lesbarkeitsindex (LIX) nach Björnsson (1968)

Kontext bzw. Titel des Themas	Klassenstufe	Einschätzung der Lehrkräfte		Anzahl Wörter	Anzahl Sätze	Anzahl langer Wörter	LIX
		<i>M</i>	<i>SD</i>				
Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder	7	5.3	0.47	349	19	124	53.9
Kohlenstoffkreislauf	8	6.3	0.47	431	25	155	53.2
Herz-Kreislauf-Erkrankungen	10	6.0	0.82	347	25	128	50.8
Schilddrüse und Hormonregulation	10	7.0	0.82	273	20	110	53.9

5.1.4 Konzeption der Aufgabenstellungen

Lernende stellen Textinformationen eher selten spontan in Form einer Zeichnung dar (vgl. Fiorella & Mayer, 2017). Eine Aufgabenstellung, die die Konstruktion einer externen bildlichen Repräsentation fordert, war vor diesem Hintergrund unvermeidbar zur adäquaten Untersuchung des Zeichenprozesses und zur Beantwortung der Forschungsfragen. Die Aufgabenstellungen zu den Textgrundlagen setzen sich aus drei Teilen zusammen: Der erste Teil der Aufgabenstellung macht jeweils deutlich, dass die zu wählende Repräsentationsform nicht vorgegeben wird und den Schülerinnen und Schülern damit die Wahl der Darstellung überlassen bleibt: (1) *Stelle [den Kontext]¹ in Form eines Schaubilds dar.* Mit dieser Formulierung ist eine gewisse Offenheit der Darstellung gewährleistet. Offen gehaltene Aufgabenstellungen, d. h. ohne Vorgabe des Repräsentationstyps, sind im Konstruktionszusammenhang für den Biologieunterricht typisch und lassen sich in Schulbüchern wiederfinden (Brunner, 2018; Hannemann, 2018). Da alle vier Textgrundlagen Prozesse bzw. Abläufe beschreiben, ist die Darstellung der Textinformationen in Form von Ablaufdiagrammen aus fachlicher Perspektive am naheliegendsten (vgl. Scheiter et al., 2009; 2.4).

¹ Die genaue Formulierung lässt sich für den jeweiligen Kontext in Anhang 4 einsehen.

Durch den zweiten Teil der Aufgabenstellung sind alle Schülerinnen und Schüler aufgefordert, das Gleiche darzustellen. Dadurch wird ein Vergleich zwischen den einzelnen Zeichnungen möglich: (2) *Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge*. Die Erwartungshorizonte zu den Ablaufdiagrammen sind in den Anhängen 1.1 bis 1.4 dargestellt.

Der dritte Teil der Aufgabenstellung lautet ergänzend: (3) *Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat*. Die Arbeit von Engl (2017) zeigt, dass Aufgabenstellungen ohne diese Form der Spezifizierung in vielen Fällen dazu geführt haben, dass Zeichnungen oberflächlich und nur für die Schülerinnen und Schüler selbst verständlich angelegt wurden. Sie waren damit für eine externe Beobachterin bzw. für einen externen Beobachter schwer oder nicht verständlich. Zudem wäre ohne diesen Aufgabenzusatz die Identifikation von Schwierigkeiten und der Binnenvergleich innerhalb der Kontexte erschwert worden.

5.2 Materialentwicklung: Mikroskopische Zeichnungen

Dieses Unterkapitel zeigt, welche Maßnahmen getroffen wurden, um den Umgang mit dem Mikroskop zum Zwecke der Vergleichbarkeit zu standardisieren (5.2.1), wie der Auswahlprozess geeigneter Präparate ablief (5.2.2), wie sich die eingesetzten Präparate curricular begründen lassen (5.2.3) und welche Leitlinien der Textgestaltung (5.2.4) sowie der Konzeption der Aufgabenstellungen (5.2.5) zu Grunde liegen.

5.2.1 Maßnahmen der Standardisierung für den Umgang mit dem Mikroskop

Zum Betrachten mikroskopischer Strukturen können mikroskopische Dauerpräparate und eigens angefertigte Frischpräparate genutzt werden (Lehnert & Köhler, 2013; Meyfarth, 2020). Die Lernenden eigenständig Präparate herstellen zu lassen ist vorteilhaft, da sie einerseits einen unmittelbaren Bezug zum präparierten Objekt aufbauen und andererseits die Arbeitstechnik der Präparation erlernen (Lehnert & Köhler, 2013, S. 162). Alternativ dazu kann auf die Verwendung von Präparaten gänzlich verzichtet werden, wenn virtuelle Mikroskopie zum Einsatz kommt (Greßler et al., 2017). Die Verwendung virtueller Mikroskopie negiert die mit der Präparation und dem physischen Mikroskopieren verbundenen Schwierigkeiten auf verschiedenen Ebenen und kann für den Biologieunterricht eine sinnvolle Ergänzung darstellen (Greßler et al., 2017, S. 31). Zeichnen die Lernenden beim virtuellen Mikroskopieren lediglich das ab, was auf dem Bildschirm zu sehen ist, hat dies jedoch nur noch bedingt etwas mit den realen Anforderungen des Mikroskopierens zu tun. In der gegenwärtigen Unterrichtspraxis dominiert zudem die Verwendung realer Mikroskope

(Feld, 2016; Scherb, 2015). Eine Bestandsanalyse der frei zugänglichen virtuellen Mikroskope zeigte, dass der Umfang der Datenbanken hinsichtlich der Anzahl der verfügbaren Präparate meist stark limitiert ist (Greßler et al., 2017, S. 24). Auf Grund der Authentizität realer Mikroskopie sowie der dominierenden Verwendung realer Mikroskope im Fachunterricht wurde auf digitale Mikroskopie im Rahmen dieser Studie verzichtet.

Da davon auszugehen war, dass sich der Erhebungszeitraum über mehrere Wochen erstrecken würde, war die Verwendung von Frischpräparaten vor dem Hintergrund der Standardisierung nicht sinnvoll. Die Verwendung solcher Präparate über mehrere Tage oder Wochen ist auf Grund verschiedener Faktoren problematisch: z. B. Austrocknung, Druckempfindlichkeit, Verblässen von Färbungen, Verrutschen des Präparats bei Transport (z. B. Braune et al., 2007; Wanner, 2004). Aus diesem Grund wurden mikroskopische Dauerpräparate eingesetzt.

Wie in der theoretischen Rahmung dargestellt, untersuchten Jiménez-Aleixandra et al. (1999) die technischen Schwierigkeiten, die Schülerinnen und Schüler im Umgang mit dem Mikroskop haben (3.7). Vor diesem Hintergrund wurde deren Auftreten auf ein Minimum reduziert bzw. verhindert, indem das jeweilige Präparat voreingestellt wurde. Die Teilnehmenden mussten nur den Abstand der beiden Okulare an den Augenabstand anpassen und das Präparat am Feintrieb scharf stellen.

Um sicherzustellen, dass alle Teilnehmenden innerhalb eines Kontexts den identischen Bildausschnitt des Dauerpräparats betrachten, wurde dieser im Vorfeld markiert. Vor jeder Durchführung konnte so der identische Ausschnitt eingestellt werden. Auf Grundlage der Ausschnitte wurde der Erwartungshorizont erstellt (Anhang 2.1-2.4). Dieses Vorgehen erlaubt es, zwischen den Schülerinnen und Schülern, die das gleiche Präparat gezeichnet haben, zu vergleichen. Außerdem kann im Einzelfall zwischen den gesehenen und den gezeichneten Strukturen differenziert werden. Die zuvor geschilderten Maßnahmen sind für die verlässliche Identifikation der Schwierigkeiten beim Zeichnen eine notwendige Voraussetzung.

5.2.2 Auswahlprozess geeigneter Präparate

Das vorausgegangene Unterkapitel verdeutlichte, dass mikroskopische Dauerpräparate im Rahmen dieser Studie als geeignetstes Medium zur Generierung vergleichbarer mikroskopischer Zeichnungen angesehen werden können. Nachfolgend wird der Auswahlprozess altersgerechter und zweckdienlicher Dauerpräparate skizziert:

Die an der Universität Koblenz-Landau (Campus Landau) verfügbaren mikroskopischen Dauerpräparate wurden gesichtet und diejenigen ausgewählt, die sich in der siebten bis zehnten Klassenstufen grundsätzlich thematisch verorten lassen sowie klar erkennbare

Strukturen zeigen. Die Auswahl erfolgte unter Einbezug des Lehrplans Biologie für die Klassenstufen 7 bis 10 des Bundeslands Rheinland-Pfalz (MfBWWK, 2014) und orientierte sich an den von 13 Lehrkräften genannten Praxisbeispielen, bei denen sie die Schülerinnen und Schüler mikroskopisch zeichnen ließen (Feld, 2016; Scherb, 2018; Scherb & Nitz, 2020) (Filter 1).

Aus dieser ersten Auswahl wurden wiederum diejenigen Präparate ausgewählt, die hinsichtlich ihrer strukturellen Komplexität von Schülerinnen und Schülern der siebten bis zehnten Klasse gezeichnet werden können. Als zu komplex wurden beispielsweise Präparate eingestuft, die feingliedrige histologische Schnitte zeigen oder die viele Strukturen enthalten, die über gängige mikroskopische Strukturen, wie z. B. Zellwand, Zellmembran, Zellkern oder Mittellamelle, hinausgehen (Filter 2). Ergänzend wurde für Kontexte, bei denen sich mikroskopisches Zeichnen im Unterricht anbietet, aber verhältnismäßig wenige brauchbare Präparate in der Sammlung der Universität vorhanden waren, z. B. Spaltöffnungen, weitere Dauerpräparate bestellt. Die so entstandene Auswahl umfasste 52 Präparate. Von diesen wurden in Rücksprache mit einer Botanikerin sowie einer erfahrenen Lehrkraft vier Präparate ausgewählt. Die Anzahl der mikroskopischen Präparate ist damit identisch zur Anzahl der Kontexte der Ablaufdiagramme. Um die empirische Belastbarkeit der Studienergebnisse zu erhöhen, wurde bei der Auswahl der vier mikroskopischen Präparate (Tab. 5.3) darauf geachtet, dass diese ein breites Spektrum mikroskopischer Strukturen abdecken. So wurden Vertreter verschiedener Organisationsstufen einbezogen, darunter Einzeller (Amöbe, *Amoeba proteus*) inklusive verschiedener Zellorganellen, Zellverbände mit räumlicher Struktur (Wassernetz, *Hydrodictyon spec.*) und Gewebe mehrzelliger Organismen (Laubmoos, *Mnium spec.* sowie Blattepidermis der Tulpe, *Tulipa spec.*). Tabelle 5.3 benennt die Klassenstufe, in der die Schülerinnen und Schüler sein sollten, um den jeweiligen Kontext zu bearbeiten. Wie zuvor bereits deutlich gemacht, wurde zu jedem dieser Kontexte ein Erwartungshorizont in Form einer Musterzeichnung angelegt, der den zur Standardisierung markierten Bildausschnitt abbildet (Anhang 2.1-2.4). Da jedes Präparat eines natürlichen Objekts ein Unikat ist, wurde die charakteristische Gestalt auch im Erwartungshorizont berücksichtigt. Die korrekte wissenschaftliche Darstellung des Erwartungshorizontes wurde durch den Abgleich mit mikroskopischen Bildern, Zeichnungen und Schemata aus der Literatur sichergestellt: Zellen des Wassernetzes (z. B. Bresinsky et al., 2008, S. 733), Amöbe (z. B. Storch & Welsch, 2009, S. 15), Zellen eines Laubmoosblättchens (sehr ähnlich zu *Plagiomnium spec.*: z. B. Wanner, 2004, S. 52) und Epidermis der Tulpe (z. B. Lüttge et al., 2005, S. 456; Wanner, 2004, S. 153).

Tabelle 5.3 Mikroskopische Präparate, Bezeichnung der Kontexte sowie Angaben zur Klassenstufe

Präparat	Kontext bzw. Titel des Themas	Klassenstufe
Zellen des Wassernetzes (<i>Hydrodictyon spec.</i>)	Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen	7/8
Amöbe (<i>Amoeba proteus</i>)	Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum	7/8
Zellen des Laubmoosblättchens (<i>Mnium spec.</i>)	Moose – Wasserspeicher des Waldes	9/10
Epidermis der Tulpe (<i>Tulipa spec.</i>)	Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?	9/10

5.2.3 Begründung der verwendeten Präparate

Nachfolgend werden die vier ausgewählten Präparate verschiedenen Themenfeldern des Lehrplans Biologie für die Klassenstufen 7 bis 10 des Bundeslands Rheinland-Pfalz (MfBWWK, 2014) zugeordnet. Ebenso lassen sich in den Lehrplänen anderer deutscher Bundesländer sowie den curricularen Steuerungsdokumenten in Österreich und der Schweiz unterrichtliche Einsatzsituationen für diese Präparate ausfindig machen (z. B. BMUK, 2018; D-EDK, 2014).

Präparat des Wassernetzes (*Hydrodictyon spec.*)

Das Wassernetz (Anhang 2.1) lässt sich im Rahmen des Themenfelds 1 *Vielfalt* gemeinsam mit anderen Organismen unter dem Mikroskop betrachten. Dabei entwickeln die Schülerinnen und Schüler „die Kennzeichen des Lebendigen durch kriteriengeleitetes Vergleichen“ (MfBWWK, 2014, S. 24). Außerdem kann das Wassernetz im Rahmen des Themenfelds 3 *Organismus, Organe, Zellen – Versorgung mit Stoffen und Energie* behandelt werden. An einem Präparat des Wassernetzes wird eindrücklich deutlich, wie sich mehrere Zellen zu einer makroskopisch sichtbaren Struktur zusammenfügen. Die mit dem Auge erkennbare Netzstruktur war im Rahmen der Studie auf dem Arbeitsblatt der Schülerinnen und Schüler dargestellt. Im Sinne des Vergleichs unterschiedlicher Organisationsstufen bietet es sich alternativ dazu an, das Wassernetz im Zusammenhang mit Themenfeld 4 *Pflanze, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau* zu betrachten.

Präparat der Amöbe (*Amoeba proteus*)

Der Amöbe (Anhang 2.2) kommt auf Grund ihrer globalen Verbreitung eine besondere Bedeutung zu. Die gut auszumachenden Strukturen (Zellwand, Zellplasma, Zellkern, Nahrungsvakuole, Pulsierende Vakuole) können im Zusammenhang mit Themenfeld 3 *Organismus, Organe, Zellen – Versorgung mit Stoffen und Energie* mikroskopiert und gezeichnet werden. In einer Amöbe lassen sich meist mehrere Nahrungsvakuolen mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad erkennen. Anhand dieses Beispiels kann verdeutlicht werden, dass ein

Organismus mit der Außenwelt Materie und Energie austauscht (MfBWWK, 2014, S. 28). Wie bereits zuvor für das Wassernetz deutlich gemacht, bietet sich die Betrachtung der Amöbe auch grundsätzlich für die Themenfelder 1 und 3 an.

Präparat des Laubmoosblättchens (*Mnium spec.*)

Im Präparat eines Laubmoosblättchens (Anhang 2.3) sind die einzelnen Chloroplasten im Zellplasma gut zu erkennen. Das Laubmoos setzt sich aus vielen dünnen Blättchen mit hoher Chloroplastendichte in den Zellen zusammen, die auch an schattigen Standorten das Sonnenlicht optimal nutzen. An diesem Organismus kann im Rahmen des Themenfelds 4 *Pflanze, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau* demonstriert werden, dass „Pflanzen und ihre Organe [...] an die Wasser- und Lichtverhältnisse angepasst [sind], um größtmögliche Fotosyntheseleistung zu erbringen“ (MfBWWK, 2014, S. 30). Auf Grund der klar erkennbaren Zellstrukturen bietet sich das Laubmoos auch für die Themenfelder 1 und 3 an.

Präparat der Epidermis der Tulpe (*Tulipa spec.*)

Die Betrachtung der Epidermis der Tulpe (Anhang 2.4) inklusive des Spaltöffnungsapparates bietet sich insbesondere bei Themenfeld 4 *Pflanze, Pflanzenorgane, Pflanzenzellen – Licht ermöglicht Stoffaufbau* an. Der Lehrplan verweist neben dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung auf das Teilkonzept der Regulation, das sich anhand der Spaltöffnungsbewegungen exemplarisch darstellen lässt (MfBWWK, 2014, S. 31).

5.2.4 Leitlinien der Textgestaltung

Da die Präparation des Objekts, bei der die Lernenden einen Bezug zum Objekt aufbauen (Lehnert und Köhler 2013, S. 162), durch die voreingestellten Präparate entfällt (5.2.1), führt ein Einführungstext an das zu mikroskopierende Objekt heran. Die Einführungstexte wurden ebenso wie die Textgrundlagen der Ablaufdiagramme unter Berücksichtigung der Kriterien der Textgestaltung nach dem Hamburger Verständlichkeitskonzept nach Langer et al. (2015) konzipiert (5.1.3). Auch wurden die Einführungstexte von drei Lehrkräften in einer ersten Beurteilungsrunde eingeschätzt und kommentiert. Auf Grundlage des Feedbacks wurden die Texte im Anschluss überarbeitet. In der zweiten Beurteilungsrunde waren die Lehrkräfte angehalten, die Schwierigkeit der überarbeiteten Einführungstexte unter Berücksichtigung der Klassenstufe auf einer 9-stufigen äquidistanten Skala einzuschätzen, wobei 1 „sehr einfach“ und 9 „sehr schwer“ bedeutet. Dabei stehen die Werte 1-3 für einfache, 4-6 für mittlere und 7-9 für schwere Texte. Der Einführungstext zum *Wassernetz* sollte für den Einsatz in der siebten Klasse, der Einführungstext zur *Amöbe* für den Einsatz in der

achten Klasse und die Einführungstexte zum *Laubmoosblättchen* und zur *Epidermis der Tulpe* für den Einsatz in der zehnten Klasse eingeschätzt werden. Die beiden letztgenannten Kontexte könnten grundsätzlich auch in der neunten Klassenstufe eingesetzt werden. Wie in Unterkapitel 5.1.3 bereits dargestellt, wird in Rheinland-Pfalz, dem Bundesland der Versuchsdurchführung, das Fach Biologie in der neunten Klassenstufe an vielen Schulen jedoch nicht unterrichtet. Daher erfolgte die klassenbezogene Zuordnung wie beschrieben. Die Einschätzung der Lehrkräfte sind in Tabelle 5.4 dargestellt und werden am Ende dieses Unterkapitels zusammenfassend interpretiert.

Tabelle 5.4 Beurteilung der Schwierigkeit des jeweiligen Einführungstexts zum Kontext der mikroskopischen Präparate anhand der Einschätzung der Lehrkräfte, der Anzahl der Wörter, Sätze und langer Wörter sowie der Ergebnisse der Berechnung des Lesbarkeitsindex (LIX) nach Björnsson (1968)

Kontext	Klassenstufe	Einschätzung der Lehrkraft		Anzahl Wörter	Anzahl Sätze	Anzahl langer Wörter	LIX
		M	SD				
Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen	7	3.6	0.47	32	3	12	48.2
Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum	8	2.3	0.47	129	8	36	44.0
Moose – Wasserspeicher des Waldes	(9,) 10	3.6	0.47	81	7	31	49.8
Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?	(9,) 10	6.0	0.82	75	6	32	55.2

Ergänzend zur Einschätzung der Lehrkräfte wurde die Textschwierigkeit mit Hilfe des Lesbarkeitsindex LIX nach Björnsson (1968) beurteilt. Die Berechnung ist in Unterkapitel 5.1.3 erklärt. Die kurz gehaltenen Einführungstexte, die 32 bis 129 Wörter umfassen, liegen in drei Fällen im oberen Wertebereich von Sachtexten und in einem Fall im unteren Wertebereich von Fachtexten (Tab. 5.4; vgl. auch Abstufung der LIX-Werte in 5.1.3). Ein in den Einführungstext eingebettetes Bild unterstützt die Teilnehmenden zusätzlich dabei, einen Bezug zum Objekt, trotz der fehlenden Präparation (5.2.1), aufzubauen. Die gewählten Bilder zeigen ein charakteristisches Habitat, aus dem der jeweilige Organismus stammt (Anhang 5). Die Bilder gehen damit über die Funktion des „Enrichment(s)“ (Lehnert & Köhler, 2013, S. 152) hinaus und sind im Sinne des Hamburger Verständlichkeitskonzepts als anregender Zusatz anzusehen, der die Leserin oder den Leser beim Verständnis des Texts unmittelbar unterstützt (Langer et al., 2015).

Ebenso wie für die Textgrundlage der Ablaufdiagramme deutlich gemacht, kann auch für die Einführungstexte der mikroskopischen Zeichnungen vor dem Hintergrund der ermittelten LIX-Werte im Bereich der Sach- bzw. Fachtexte sowie der Einschätzung der Lehrkräfte im Bereich leichter bis mittelschwerer Texte von einer zufriedenstellenden Qualität ausgegangen werden. Den größten Einfluss auf die Sicherstellung der Qualität nahm

wahrscheinlich auch hier die Überarbeitung der Texte auf Grundlage der Rückmeldungen der praxiserfahrenen Lehrkräfte.

5.2.5 Konzeption der Aufgabenstellungen

Die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung findet im Wesentlichen während der ersten Aufgabenstellung statt. Die zweite Aufgabenstellung dient der Beschriftung der eigenen Zeichnung unter Zuhilfenahme einer Vorlage (Anhang 2.1-2.4; Abb. 5.2).

Erste Aufgabenstellung

Der erste Teil der Aufgabenstellung begrenzt den zu zeichnenden Ausschnitt nicht: (1a) *Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende [Struktur]*¹. Erst der darauffolgende Satz der Aufgabenstellung präzisiert den zu zeichnenden Bildausschnitt. (1b) *Zeichne aber nur den in der Abbildung markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld.*

Durch die Verwendung hochwertiger Mikroskope (Olympus CX-31 RBSF; 5.10) war das Erkennen der Strukturen in den unterschiedlich großen Bildausschnitten (Abb. 5.1a-c) gleichermaßen gewährleistet. Auf dem Arbeitsblatt der Schülerinnen und Schüler war der zu zeichnende Bildausschnitt stark verkleinert abgebildet (Anhang 2.1-2.4). Auf Grund der zentralen Lage der Amöbe im Sichtfeld bedurfte es für dieses Präparat keiner Vorgabe eines Bildausschnitts; der Teil „1b“ der Aufgabenstellung entfiel daher (Anhang 2.2).

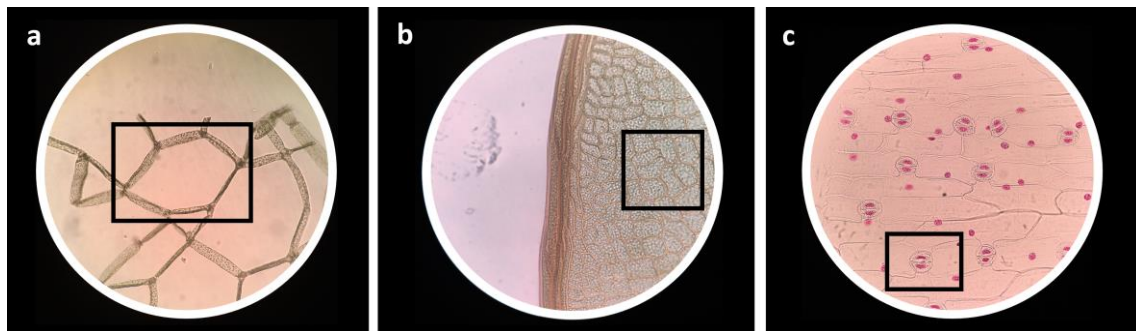


Abbildung 5.1 Mikroskopische Präparate: **a)** Wassernetz (*Hydrodictyon* spec.), **b)** Laubmoosblättchen (*Mnium* spec.), **c)** Epidermis der Tulpe (*Tulipa* spec.)

Anmerkung. Der Kreis auf schwarzem Grund stellt das Sichtfeld beim Blick durch das Mikroskop dar, das Rechteck zeigt den zu zeichnenden Ausschnitt aus dem Sichtfeld; Präparation: Johannes Lieder GmbH.

Der zweite Teil der ersten Aufgabenstellung zielt darauf ab, dass die Schülerinnen und Schüler ihre Zeichnung unter Berücksichtigung der ihnen bekannten Regeln bzw. Gütekriterien des Zeichnens anfertigen: (2) *Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim*

¹ Die genaue Formulierung lässt sich für den jeweiligen Kontext in Anhang 2 bzw. 4 einsehen.

mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Dieser Zusatz berücksichtigt die bereits in Unterkapitel 5.1.4 beschriebene Erkenntnis von Engl (2017), nämlich dass Schülerinnen und Schüler ohne Spezifizierung der Aufgabenstellung oftmals oberflächlich, minimalistisch und oder nur für sie selbst verständlich zeichnen. Ohne diesen Aufgabenzusatz wäre die Zeichnung für externe Beurteilende ggf. nicht oder nur schwer verständlich. Dies würde die Identifikation von Schwierigkeiten beeinträchtigen.

Um zu verhindern, dass die Schülerinnen und Schüler eine Vielzahl redundanter Strukturen darstellen, gab es für das Präparat des Wassernetzes den Zusatz: (3) *Zeichne keine Zellorganellen ein.* Die Aufgabenstellung zum Laubmoosblättchen wurde dahingegen um folgenden Zusatz erweitert: *Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.* Zur Vermeidung ungewollter Hilfestellungen wurde weiterhin auf spezifische Vorgaben zum Zeichnen verzichtet. Weder der Einführungstext noch die Aufgabenstellung kommunizieren Strategiewissen zur Anfertigung der Zeichnung.

Zweite Aufgabenstellung

Eine Beschriftung der gezeichneten mikroskopischen Strukturen gehört zur Dokumentation des Gezeichneten (Gropengießer, 1987; Retzlaff-Fürst, 2020). Die zweite Aufgabenstellung hatte daher das Ziel, der Zeichnung eine Beschriftung hinzuzufügen. Hierzu sind zwei Vorgehensweisen denkbar: 1.) Die Schülerinnen und Schüler bekommen Begriffe vorgegeben, mit denen sie die gezeichneten Strukturen beschriften. 2.) Die Teilnehmenden erhalten zum Abgleich eine beschriftete mikroskopische Fotografie oder Schemazeichnung eines ähnlichen Objekts. Letzteres Vorgehen bzw. letzterer Repräsentationstyp ist den Schülerinnen und Schülern aus Schulbüchern bekannt (Bernhardt, 2018; Brunner, 2018; Hannemann, 2018). Aus diesem Grund fiel die Wahl auf die zweite Vorgehensweise. Abbildung 5.2 zeigt die Vorlagen, welche die Teilnehmenden zur Beschriftung ihrer Zeichnungen erhalten haben. Die Aufgabenstellung lautete dabei wie folgt: *Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.*

Um eine erneute Unterbrechung zwischen dem Lesen des Einführungstexts und der Bearbeitung der Aufgabenstellung zu vermeiden, fand die technische Einführung im Umgang mit dem Mikroskop in der Regel vor dem Beginn der Aufgabenbearbeitung statt. Während der technischen Einführung wurde den Teilnehmenden die Anpassung des Okularabstands an den Augenabstand sowie die Einstellung mit Hilfe des Feintriebs erklärt. Es wurde zudem verdeutlicht, dass der zu sehende Ausschnitt beim Blick durch das Mikroskop das Sichtfeld und das Rechteck in der Abbildung des Arbeitsblatts (Abb. 5.1) den zu zeichnenden Ausschnitt aus dem Sichtfeld darstellt.

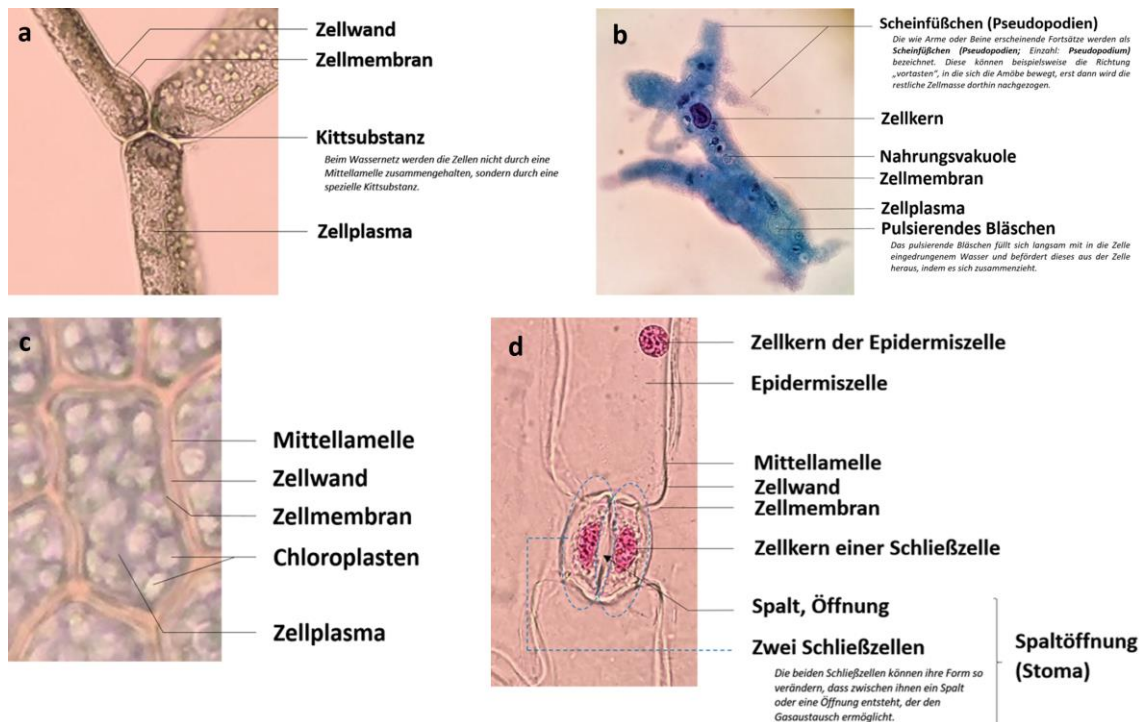


Abbildung 5.2 Beschriftungsvorlage: **a)** Wassernetz (*Hydrodictyon spec.*), **b)** Amöbe (*Amoeba proteus*), **c)** Laubmoos (*Mnium spec.*), **d)** Epidermiszellen der Tulpe (*Tulipa spec.*); Präparation: a), c), d) Johannes Lieder GmbH und b) Meinelhrmittel.de

Anmerkung. Eine vergrößerte Darstellung der jeweiligen Beschriftungsvorlage ist Anhang 2 zu entnehmen.

5.3 Methode des lauten Denkens

Die Anfertigung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen fand unter Einsatz von lautem Denken statt. Nachfolgend wird dargestellt, welche Gründe für diese Methode sprechen (5.3.1) und welche Maßnahmen die zielführende Anwendung sicherstellten (5.3.2, 5.3.3).

5.3.1 Erkenntniswert und Begründung der Methode

Die Anzahl an Methoden, die Einblicke in ablaufende kognitive Prozesse gewähren, ist neben der Analyse von Blick-, Hand-, Körperbewegungen und Mimik als gering einzustufen (Funke & Spring, 2006). Insbesondere die Methode des lauten Denkens ermöglicht Einblicke in die kognitiven Prozesse und Absichten von Probandinnen und Probanden, die parallel zur Bearbeitung einer Aufgabe oder zum Lösen eines Problems ablaufen (Huber & Mandl, 1994; Weidle & Wagner, 1994). Die Verbalisierung von Gedanken kann zu unterschiedlichen Zeitpunkten zum Einsatz kommen: Findet die Verbalisierung parallel zum Ausführen einer Handlung statt, spricht man von Introspektion (Konrad, 2010, S. 476). Erfolgt die Verbalisierung von Gedanken zeitlich versetzt zur Ausführung einer Handlung, spricht man von

Retrospektion (Konrad, 2010, S. 476).¹ Die parallel zur Ausführung einer Handlung verbalisierten Gedanken (Introspektion) lassen sich im Gegensatz zu der zeitlich danach stattfindenden Retrospektion weniger durch die Probandinnen und Probanden bewusst beeinflussen und sind damit handlungsbezogen authentischer (Ericsson & Simon, 1993). Auch tendieren Menschen gelegentlich von sich aus dazu, bei intensivem Nachdenken ihre Gedanken bei der Ausführung einer Handlung zu verbalisieren (Sandmann, 2014). Vor diesem Hintergrund nehmen die Probandinnen und Probanden lautes Denken introspektiv in den meisten Situationen als natürliche Tätigkeit wahr (Ericsson & Simon, 1993). Aus dem Einsatz des lauten Denkens ergibt sich gegenüber der reinen Betrachtung des Prozesses ein Mehrwert, da die latenten Kognitionen natürlicherweise meist verborgen bleiben (Sandmann, 2014). Insbesondere die Prozessbezogenheit des lauten Denkens (Konrad, 2010, S. 485) und die besondere Eignung für explorative Vorhaben (Konrad, 2010, S. 487) qualifizieren diese Methode für die hier vorgestellte Studie. Beispielsweise wurde lautes Denken bereits in Verbindung mit der Konstruktion von Concept Maps, die aus einer Textgrundlage hervorgegangen sind, erfolgreich eingesetzt (Konrad, 2007, 2010). Auch haben bisherige Studien, die den Prozess des Zeichnens untersucht haben, lautes Denken erfolgreich eingesetzt (Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001). Daher ist zu erwarten, dass lautes Denken auch im Rahmen dieser Studie die Erkenntnisse zum Zeichenprozess erweitert. Die beobachteten Handlungen der Schülerinnen und Schüler werden somit verständlich(er) und können die Identifikation von beim Zeichnen auftretenden manifesten Schwierigkeiten erleichtern.

In der Usability-Forschung wird lautes Denken ebenso eingesetzt, um auftretende Schwierigkeiten bei der Tätigkeitsausübung von Testpersonen zu erkennen und besser zu verstehen (Sarodnick & Brau, 2016, S. 170). Da auch die Anfertigung einer Zeichnung aus einer Abfolge verschiedener Tätigkeiten besteht, die im Wechsel durchlaufen werden (3.6), und ebenso das Ziel besteht, Schwierigkeiten zu identifizieren (4.), empfiehlt sich die Methode des lauten Denkens für das Vorhaben dieser Arbeit. Dabei ist lautes Denken nicht nur für ältere Lernende geeignet, sondern lässt sich auch in niedrigeren Klassenstufen der weiterführenden Schule gewinnbringend einsetzen (Sandmann, 2014).

Lautes Denken und der damit verbundene Einblick in kognitive Prozesse ist besonders dann begünstigt, wenn ein Individuum seine Gedanken in Einzelarbeit verbalisiert und nicht in Partner- oder Gruppenarbeit (Ericsson & Simon, 1993; Knorr & Schramm, 2012). Die beiden letztgenannten Arbeitsformen entfremden die Verbalisierung kognitiver Prozesse, indem die gewonnenen Daten nur noch „den Charakter von fremdadressierten simultanen

¹ In der Literatur findet man zahlreiche weitere Begriffspaare zur Differenzierung hinsichtlich des Zeitpunkts der Verbalisierung von Gedanken. Beispielsweise differenzieren Döring & Bortz (2016, S. 371) begrifflich zwischen der Methode des periaktionalen lauten Denkens und der des postaktionalen lauten Denkens.

Verbalprotokollen“ (Konrad, 2010, S. 482) besitzen, da die eigentliche Verbalisierung kognitiver Prozesse durch Interaktionsprozesse in den Hintergrund tritt (Knorr, 2013, S. 35). Dies ist ein wesentlicher Grund dafür, dass die Versuchsdurchführung stets nur mit einer Schülerin bzw. einem Schüler erfolgte. Weitere Gründe hierfür werden in Unterkapitel 5.9 erläutert.

Für den gelingenden Einsatz des lauten Denkens leitet Konrad (2010) aus den Erfahrungen verschiedener Studien vier Empfehlungen ab: 1.) Aufwärmaufgaben, 2.) Gewährleistung einer für das laute Denken fruchtbaren Erhebungssituation, 3.) „Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Laut-Denken-Bedingung“ (Konrad, 2010, S. 487) sowie 4.) „Besprechung, wie die Teilnehmenden die Situation erlebt haben“ (Konrad, 2010, S. 487). Nachfolgend wird dargestellt, wie die Methode des lauten Denkens im Rahmen dieser Studie umgesetzt und wie die Gelingensbedingungen von Konrad (2010) realisiert wurden.

5.3.2 Warm-up

Um der ersten Empfehlung von Konrad (2010) gerecht zu werden, wurde ein Warm-up entwickelt, das die Schülerinnen und Schüler im Vorfeld mit dem lauten Denken vertraut macht. In der daran anschließenden Erhebungsphase kann das laute Denken daraufhin weitestgehend automatisiert ablaufen und erfordert keine zusätzlichen kognitiven Ressourcen (Jong, 2010; Sweller, 1988), die dann wiederum als Ressourcen bei der Bearbeitung der eigentlichen Aufgaben zur Verfügung stehen. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit dem Zeichnen essenziell, da es eine kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit darstellt (3.4.2, 3.7) und die verfügbaren Kapazitäten des Arbeitsgedächtnisses limitiert sind (3.3).

Das Warm-Up wurde mit folgender Aussage des Versuchsleiters eingeleitet: *„Bevor wir richtig starten, werden wir mit einer Aufwärmübung zum lauten Denken weitermachen. Lautes Denken meint nichts anderes als das, was dir bei der Bearbeitung einer Aufgabe in den Kopf kommt, laut zu sagen. Am Anfang erscheint das vielleicht etwas merkwürdig, aber du wirst sehen, das ist halb so wild.“* (Anhang 4). Daran schlossen die von Sandmann (2014, S. 184) vorgeschlagenen Instruktionen zum lauten Denken an: Es wurde den Teilnehmenden verdeutlicht, dass sie ihre Gedanken im Idealfall ohne Pausen verbalisieren, und zwar so, wie sie ihnen in den Sinn kommen, d. h. ohne, dass sie die Gedanken vor der Verbalisierung neu strukturieren oder stark filtern. Das hatte auch zur Folge, dass die Teilnehmenden vor sich hinsprechen sollten und der Versuchsleiter dabei nicht als Rezipient erachtet werden sollte. Für das Warm-up bot es sich an, Aufgabenstellungen zu nutzen, die einen Alltagsbezug aufweisen und die kein fachliches Vorwissen erfordern (Sandmann, 2014, S. 184). Im Rahmen dieser Studie wurden die Schülerinnen und Schüler gebeten, eine Mental Map (vgl. Gould & White, 1986) zu ihrem Schulweg zu zeichnen. Hierdurch ist einerseits der Alltagsbezug und

andererseits der Bezug zum Zeichnen gewährleistet. Die Aufgabenstellung hieß daher: „*Skizziere deinen Schulweg und erzähle alles, was dir dabei durch den Kopf geht.*“ (Anhang 3, Anhang 5). Den Schülerinnen und Schülern stand dazu jeweils eine A4-Seite zur Verfügung.

5.3.3 Anwendung

Da einerseits der Anfertigung des jeweiligen Ablaufdiagramms das Lesen der Textgrundlage (5.1.3) und andererseits der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung das Lesen des Einführungstexts zum Präparat (5.2.4) vorausgingen, waren die Phasen des Lesens vom lauten Denken ausgenommen. Während des Lesens eines Texts, ist lautes Denken nicht zielführend, da die Parallelisierung beider Handlungen vor allem zum Vorlesen des Texts führt. Im Gegensatz zum sonst üblichen leisen Lesen könnte lautes Lesen das Textverständnis der Teilnehmenden erschweren. Die Schülerinnen und Schüler starteten daher mit dem lauten Denken jeweils erst nach dem initialen Lesen, d. h. nach dem erstmaligen Lesen der gesamten Textgrundlage und der Aufgabenstellung. Mit der Vollendung der Zeichnung stoppte das laute Denken wieder.

Störungen des lauten Denkens wurden minimiert, indem die Erhebung in einem separaten Raum stattfand (5.10.2). Die zuvor genannten Maßnahmen haben zudem sichergestellt, dass die zweite Empfehlung von Konrad (2010), also die Gewährleistung einer für das laute Denken fruchtbaren Erhebungssituation, angemessen umgesetzt wurde.

Da nicht auszuschließen war, dass die Teilnehmenden trotz des Warm-ups zum lauten Denken von den Vorgaben abweichen, wurde im Vorfeld eine Reihe von Impulsen formuliert. Diese Impulse dienten der Realisierung der dritten Empfehlung von Konrad (2010, S. 487), nämlich der Festlegung von „Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Laut-Denken-Bedingung“. Der Versuchsleiter durfte zur Vermeidung der Beeinflussung der Schülerinnen und Schüler während des Zeichnens nur Aussagen tätigen, die folgenden Kategorien zugehörig sind: A) Aufforderung zum lauten Denken (z. B. „*Bitte denke an das laute Denken.*“), B) Anpassung der Lautstärke (z. B. „*Bitte sprich etwas lauter.*“) und C) Technischer Hinweis (z. B. „*Bitte achte darauf, dass das Zeichenblatt im markierten Sichtfeld der Kamera liegt.*“). Nicht gestattet waren dahingegen inhaltliche Rückfragen während der Beantwortung der Zeichenaufgaben (z. B. „*Was meinst du damit?*“).

Der vierten Empfehlung von Konrad (2010, S. 487), also der „Besprechung, wie die Teilnehmenden die Situation erlebt haben“ wurde nachgekommen, indem retrospektiv das Vorgehen der Teilnehmenden im Rahmen eines Interviews besprochen wurde (5.7.2).

5.4 Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest

In den Unterkapiteln 5.1 und 5.2 wurde dargestellt, welche Maßnahmen getroffen wurden, um altersgerechte Texte zu konzipieren und die Lesbarkeit der Textgrundlagen der Ablaufdiagramme sowie die der Einführungstexte zu den mikroskopischen Präparaten zu optimieren. Dennoch bringen die Schülerinnen und Schüler jeweils eine individuelle Lesegeschwindigkeit und ein individuelles Leseverständnis mit, wobei die intraindividuellen Unterschiede vielfältige Ursachen haben können (Boneraad, 2012).

Insbesondere für Ablaufdiagramme gilt, dass die Lesegeschwindigkeit die Dauer der Aufgabenbearbeitung unmittelbar beeinflusst, da der Konstruktion der jeweiligen Zeichnung das Lesen der Textgrundlage vorausgeht und einzelne Textpassagen während der Anfertigung des Ablaufdiagramms erneut gelesen werden. Ein geringes Leseverständnis erschwert wiederum die Wahrnehmung von Textkohärenz (Oakhill & Garnham, 1988) und damit, im Falle der Ablaufdiagramme, die Selektion relevanter Informationen, die in der Zeichnung wiedergegeben werden sollen. Das Erfassen der Lesegeschwindigkeit und des Leseverständnisses sind damit notwendige Voraussetzungen, um diese als mögliche Schwierigkeiten im Einzelfall identifizieren zu können.

Vor diesem Hintergrund wurde der Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12 (Kurzform: LGVT 6-12 bzw. LGVT) nach Schneider et al. (2007) verwendet, der auch im Rahmen von PISA 2000 zum Einsatz kam. Dem LGVT liegt ein Text aus dem skandinavischen Sprachraum zu Grunde, der ins Deutsche übersetzt und angepasst wurde. Der Text namens „Brot und Rosenkohl“ weist alltagssprachliche Bezüge auf. Die im Rahmen dieser Studie konzipierten Texte lassen sich gemäß der ermittelten LIX-Werte nach Björnsson (1968) Sach- bzw. Fachtexten zuordnen (5.1.3 und 5.2.4). Im Gegensatz zur Textgrundlage des LGVT weisen Sach- und Fachtexte einen unmittelbaren Bezug zur Fachsprache auf und besitzen Merkmale, die von alltagssprachlichen Texten divergieren (Gogolin & Lange, 2011). Die Verwendung des LGVT stellt dennoch keinen Widerspruch dar, da alltagssprachliche Kompetenzen (BICS = Basic Interpersonal Communicative Skills) fachsprachliche Kompetenzen (CALP = Cognitive Academic Language Proficiency) bedingen (Cummins, 1979).

Der LGVT umfasst einen Fließtext mit 1727 Wörtern. An bis zu 23 Textstellen sind die Schülerinnen und Schüler angehalten, eines von drei in den Textzusammenhang passenden Worten auszuwählen. Die Durchführung und Auswertung des LGVT erfolgte gemäß dem von Schneider et al. (2007, S. 12) beschriebenen Vorgehen: Haben die Schülerinnen und Schüler die richtige Alternative ausgewählt, erhalten sie pro Textstelle zwei Punkte. Haben sie die falsche Alternative ausgewählt, erhalten sie einen Punkt Abzug. Vor der Bearbeitung des eigentlichen Texts bearbeiten sie einen Übungstext, der das Vorgehen demonstriert. Die

Durchführungsdauer des LGVT beträgt insgesamt neun Minuten, wovon fünf Minuten auf die Instruktion durch den Versuchsleiter sowie die Bearbeitung des Übungsbeispiels und vier Minuten auf die Bearbeitung des Tests entfallen.

Soll lediglich ein Binnenvergleich zwischen Schülerinnen und Schülern erfolgen, so sprechen Schneider et al. (2007) davon, dass es zum Zwecke einer genaueren Leistungsdifferenzierung sinnvoll sein kann, die Testzeit für die fünfte bis siebte Klassenstufe auf acht Minuten und für die achte bis zwölfte Klassenstufe auf sechs Minuten auszuweiten. Im Rahmen dieser Studie wurde die Ausweitung der Testzeit nicht vollzogen, da die Schülerinnen und Schüler der siebten Jahrgangsstufe andernfalls eine um zwei Minuten längere Testzeit gehabt hätten als die der achten und zehnten Jahrgangsstufe. Ein Binnenvergleich innerhalb der Stichprobe wäre so nicht möglich. Auch wäre kein Abgleich mit den in der Normtabelle verzeichneten Referenzwerten ($N = 2390$) möglich gewesen, da sich diese auf eine Testdauer von vier Minuten beziehen. In Relation zur Gesamtdauer der Studiendurchführung (5.9, Anhang 9.1) ist die Durchführungsdauer des LGVT als geringe Zusatzbelastung der Teilnehmenden einzustufen und vor dem Hintergrund des zuvor erörterten Erkenntniswerts sinnvoll.

5.5 Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung

Da bisherige Lerngelegenheiten die Konstruktion von externen bildlichen Repräsentationen beeinflussen (2.2, 3.7), war es notwendig, die fachliche und zeichnerische Vorerfahrung der Teilnehmenden zu erfassen. Die Bedeutsamkeit von Vorwissen tritt insbesondere im Zusammenhang mit dem Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3), aber auch mit dem Modell zum Zeichnen von Objekten (3.5.2) hervor. Es ist daher anzunehmen, dass Teilnehmende, die beispielsweise bereits mit einigen Gütekriterien des mikroskopischen Zeichnens vertraut sind (z. B. Verwendung von Bleistift, keine Schraffur, angemessene Blatteinteilung), mikroskopische Strukturen anders darstellen als Teilnehmende, die diese Kriterien nicht kennen. Da für das Verständnis eines Texts ebenso ein Maß an Vorwissen notwendig ist (Bonerad, 2012, S. 15), ist die Erfassung kontextbezogener Vorerfahrung auch im Hinblick auf die Textgrundlagen der Ablaufdiagramme sowie im Hinblick auf die Einführungstexte der mikroskopischen Zeichnungen sinnvoll. Nachfolgend wird auf die Verwendung des Begriffs *Vorwissen* wo möglich verzichtet, da mit diesem aus naturwissenschafts-didaktischer Sicht häufig die Verwendung eines standardisierten Vorwissens-Test assoziiert ist. Der Einsatz eines an den Inhalten der Kontexte (5.1, 5.2) ausgerichteten Vorwissens-Tests ist jedoch nicht relevant für die Beantwortung der Forschungsfragen dieser Arbeit (4.1).

5.5.1 Interviewfragen

Die Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung erfolgte im Vorfeld in Form eines Interviews, d. h. noch bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Anfertigung des Ablaufdiagramms oder der mikroskopischen Zeichnung starteten (Anhang 4). Es handelte sich um leitfadenstrukturierte Einzelinterviews, die anhand einer Auswahl zuvor festgelegter Fragen eine gewisse Struktur vorgaben (Niebert & Gropengießer, 2014; Schreier, 2013b). Dabei wurden überwiegend offene Fragestellungen verwendet, die als „Erzählanregung“ (Schreier, 2013b, S. 234) konzipiert sind. In Abhängigkeit zum Interviewverlauf war es dem Versuchsleiter freigestellt, einzelne Fragen zu variieren, um situativ zu reagieren. Ad-hoc-Fragen dienten der Vertiefung oder Klärung einzelner unerwarteter oder uneindeutiger Äußerungen der Schülerinnen und Schüler (Schreier, 2013b, S. 226). Im Gegensatz zu einem schriftlichen Test haben die offenen Interviewfragen den Vorteil, dass die Teilnehmenden sich nicht bloßgestellt fühlen, wenn sie wenig fachliche oder zeichnerische Vorerfahrung mitbringen und Fragen unbeantwortet lassen müssen. Die Anzahl der gestellten Fragen variierte je nach Kontext (Anhang 4). Zum Kontext *Hormonelle Regulation, Schilddrüse* explorieren beispielsweise vier Fragen die fachliche Vorerfahrung der Schülerinnen und Schüler (Vor_AD_1a-3, Tab. 5.5). Daran schließen sieben Fragen an, die die bisherigen Erfahrungen im Umgang mit dem Mikroskop und dem mikroskopischen Zeichnen betreffen (Vor_MZ_1-7, Tab. 5.6). Zwei weitere Fragen geben Aufschluss darüber, ob die Teilnehmenden in der Vergangenheit bereits ein ähnliches mikroskopisches Präparat gesehen oder gezeichnet haben (Vor_MZ_8, 9, Tab. 5.7).

Tabelle 5.5 Interviewfragen zur Erfassung fachlicher Vorerfahrung zum Kontext des Ablaufdiagramms: *Hormonelle Regulation, Schilddrüse*

Kürzel	Interviewfrage
Vor_AD_1a	Weißt du, wo im Körper die Schilddrüse liegt?
Vor_AD_1b	Weißt du, welche Funktionen die Schilddrüse hat?
Vor_AD_2	Wie stellt unser Körper sicher, dass es von einem Hormon nicht zu viel gibt?
Vor_AD_3	Weißt du, was man unter negativer Rückkopplung versteht?

Tabelle 5.6 Interviewfragen zur Erfassung der Vorerfahrung zum mikroskopischen Zeichnen

Kürzel	Interviewfrage
Vor_MZ_1	Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
Vor_MZ_2	Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
Vor_MZ_3	Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gibt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
Vor_MZ_4	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gibt?

Tabelle 5.6 (Fortsetzung)

Kürzel	Interviewfrage
Vor_MZ_5	Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
Vor_MZ_6	Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
Vor_MZ_7	Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?

Tabelle 5.7 Interviewfragen zur Erfassung fachlicher Vorerfahrung zum Kontext des mikroskopischen Objekts: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?* Präparat: Epidermis der Tulpe

Kürzel	Interviewfrage
Vor_MZ_8	Hast du schon einmal eine Spaltöffnung einer Pflanze unter dem Mikroskop betrachtet?
Vor_MZ_9	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Hast du diese auch gezeichnet?

5.5.2 Zeichnen-Test

An die gestellten Interviewfragen schloss ein Test zum Zeichnen an (Anhang 5). Dieser forderte sowohl die Darstellung von drei aneinandergrenzenden pflanzlichen als auch von drei aneinandergrenzenden tierischen Zellen inklusive der Beschriftung der gezeichneten Strukturen (Anhang 3). Auf Grund der Vielfalt von Zellorganellen sah die Aufgabenstellung deren Darstellung nicht vor. Der Zeichnen-Test überprüfte die Vorerfahrung zur zeichnerischen Darstellung von Zellen, die den Grundbaustein aller in der Studie verwendeten Präparate darstellen. Der Zeichnen-Test zeigte, inwiefern die Teilnehmenden die zuvor im Interview genannten Gütekriterien in ihrer Zeichnung berücksichtigen. Zudem erweiterte der Zeichnen-Test die während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung gewonnenen Erkenntnisse.

Entsprechend der Vorgaben des Rahmenlehrplans Naturwissenschaften für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz (MfBWJK, 2010) konnten die Teilnehmenden dieser Studie bereits in der fünften und sechsten Klasse in verschiedenen Unterrichtsfächern mit Pfeildiagrammen Erfahrungen sammeln. Inwieweit diese Erfahrungen tatsächlich vorhanden sind, überprüfen die retrospektiv gestellten mündlichen Reflexionsfragen mRef_AD_8a und mRef_AD_8b (5.7.2). Auf einen Zeichnen-Test, der die Fähigkeit zur Anfertigung von Ablaufdiagrammen im Vorfeld überprüft, wurde verzichtet, da dieser die Teilnehmenden hinsichtlich der Wahl des Repräsentationstyps beeinflussen könnte, wenn sie beispielsweise aufgefordert werden, vorgegebene Begriffe mit Pfeilen zu verbinden. Nach Fiorella und Zhang (2018) würde dies bereits eine Unterstützungsmaßnahme im Sinne eines expliziten Trainings darstellen (10.5.1). Eine solche Unterstützungsmaßnahme könnte auftretende Schwierigkeiten minimieren (z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2022) und steht dem Erkenntnisinteresse des Aufdeckens eines breiten Spektrums an Schwierigkeiten bzw. Fehlern im Zusammenhang mit den Forschungsfragen 2.1, 2.2 und 3 entgegen.

5.6 Verständnisfragen zum Kontext

Nach der Fertigstellung des Ablaufdiagramms und der mikroskopischen Zeichnung wurden die Schülerinnen und Schüler gebeten, weitere Interviewfragen zu beantworten, die das Verständnis des Kontexts prüften. Zum Zeitpunkt der Beantwortung der Verständnisfragen lagen den Teilnehmenden die Zeichnungen nicht mehr vor, sodass zur Beantwortung der Fragen keine Hilfestellungen genutzt werden konnten. Die Anzahl der gestellten Fragen variierte je nach Kontext. Die so gewonnenen Einsichten können klären, ob eine beim Zeichnen aufgekommene Schwierigkeit dem Verständnis des Texts geschuldet ist oder eine eigenständige Schwierigkeit darstellt. Ebenso wie der LGVT (5.4) sichern die Verständnisfragen zum jeweiligen Kontext – im Sinne der Datentriangulation – die Interpretation des Zeichenprozesses ab oder erweitern das Erkenntnisspektrum. Wie zuvor bereits deutlich wurde, konnte im Rahmen der Studie auf die Durchführung standardisierter kontextspezifischer Fachwissenstests begründeterweise verzichtet werden (5.5).

Die Tabellen 5.8 und 5.9 zeigen exemplarisch die nach der Fertigstellung eines Ablaufdiagramms und einer mikroskopischen Zeichnung gestellten Verständnisfragen. Eine Gesamtübersicht aller Verständnisfragen befindet sich in Anhang 4.

Bezogen auf den beispielhaften Kontext (Tab. 5.8) wurden die Lernenden nach dem Zeichnen gebeten, die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in eigenen Worten zusammenzufassen (Ver_AD_1) sowie den Prozess der Plaquebildung und -lösung im Zuge eines Herz- oder Hirninfarkts zu erklären (Ver_AD_2). Nach der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung waren sie erneut angehalten, die gezeichneten Strukturen in eigenen Worten zu beschreiben (Ver_MZ_1) (Tab. 5.9). Eine anschließende Frage prüfte tiefergehendes Verständnis (Ver_MZ_2; vgl. Schlussfolgerungen zum Zeichenobjekt in 3.5.1).

Tabelle 5.8 Interviewfragen zum Verständnis des Kontexts des Ablaufdiagramms am Beispiel: *Herz-Kreislauf-Erkrankungen*

Kürzel	Interviewfrage
Ver_AD_1	Beschreibe noch einmal in deinen eigenen Worten, wie unsere Nahrung einen Einfluss auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen kann.
Ver_AD_2	Erläutere, wie Ablagerungen an den Innenwänden von Arterien zu Herz-/Hirninfarkt bzw. Schlaganfall führen können.

Tabelle 5.9 Interviewfragen zum Verständnis des Kontexts der mikroskopischen Zeichnung am Beispiel: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen*. Präparat: Zellen des Wassernetzes

Kürzel	Interviewfrage
Ver_MZ_1	Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
Ver_MZ_2	Erkläre, wie sich die bereits mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt.

5.7 Selbsteinschätzung und Reflexion

In Ergänzung zum lauten Denken (5.3) bietet es sich retrospektiv an, dass die Teilnehmenden erläutern, wie sie die Situation wahrgenommen haben (Konrad, 2010, S. 477, 487). Auch konnten beispielsweise Leopold und Leutner (2012) eine an den Zeichenprozess angegliederte Selbsteinschätzung gewinnbringend zur Absicherung ihrer Befunde einsetzen. Verschiedene (Meta-)Studien zeigen jedoch, dass die Qualität der Selbsteinschätzung bzw. -auskunft der Lernenden abhängig von der Kompetenz im einzuschätzenden Kontext, dem Alter sowie weiteren Faktoren ist.¹ Im Rahmen dieser Studie dient die Selbsteinschätzung daher im Sinne der kommunikativen Validierung (Meyer, 2018) primär der Absicherung der qualitativen Ergebnisse (Triangulation) und dem Aufzeigen der Schülerperspektive auf ausgewählte Schwierigkeiten. Die Grundlage für Letzteres liefern die Lernenden, indem sie nach Abschluss der Verständnisfragen (5.6) ihr eigenes Vorgehen anhand von Aussagen zunächst schriftlich einschätzen (5.7.1) und in einem Interview mündlich zu ihrem Vorgehen Stellung beziehen (5.7.2). Ergänzend sei darauf hingewiesen, dass entgegen zuvor genannter empirischer Befunde zur Selbsteinschätzung Schleinschok et al. (2017) und Kollmer et al. (2020) zeigen konnten, dass das Zeichnen die Selbsteinschätzung der Lernenden verbessern kann.

5.7.1 Selbsteinschätzung

Die Schülerinnen und Schüler schätzen das eigene Vorgehen bei der Konstruktion der Ablaufdiagramme bzw. der mikroskopischen Zeichnungen anhand weniger Aussagen auf einer 4-stufigen Likert-Skala ein, indem sie eine Antwortalternative ankreuzen (1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu, 4 = stimme gar nicht zu). Bei heikleren Aspekten fällt es den Teilnehmenden auf Grund der schriftlichen Anonymität leichter, eine ehrliche Einschätzung abzugeben (Döring & Bortz, 2016, S. 398). Heikel könnte in diesem Zusammenhang sein, anzugeben, dass die Teilnehmenden beim Zeichnen oder beim Lesen der Textgrundlage nicht bei der Sache waren.

Tabelle 5.10 zeigt exemplarisch für den Kontext des Kohlenstoffkreislaufs die fünf einzuschätzenden Aussagen (Se_AD_1-5). Tabelle 5.11 umfasst vier Aussagen, die sich auf die mikroskopische Zeichenaufgabe beziehen (Se_MZ_1-4), sowie zwei allgemeine Aussagen zum Zeichnen (Se_MZ_5, 6).

¹ Eine ausführliche Darstellung der Literatur zur Selbsteinschätzung/-auskunft findet sich beispielsweise bei Rohr (2018, S. 10 ff.).

Tabelle 5.10 Selbsteinschätzungsaussagen zum angefertigten Ablaufdiagramm am Beispiel: *Kohlenstoffkreislauf*; (Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu, 4 = stimme gar nicht zu)

Kürzel	Aussage
Se_AD_1	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen Überblick über den Kohlenstoffkreislauf zu erlangen.
Se_AD_2	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir geholfen, den Kohlenstoffkreislauf zu verstehen.
Se_AD_3	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.
Se_AD_4	Bei der Anfertigung des Schaubilds war ich ganz bei der Sache.
Se_AD_5	Es fiel mir schwer, die für das Schaubild notwendigen Begriffe im Text auszuwählen.

Tabelle 5.11 Selbsteinschätzungsaussagen zur angefertigten mikroskopischen Zeichnung und zum Interesse am Zeichnen; (Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu, 4 = stimme gar nicht zu)

Kürzel	Aussage
Se_MZ_1	Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick über den Aufbau des mikroskopierten Objekts zu erlangen.
Se_MZ_2	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.
Se_MZ_3	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.
Se_MZ_4	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.
Se_MZ_5	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.
Se_MZ_6	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.

Die erste Aussage (Se_AD_1 bzw. Se_MZ_1) bezieht sich jeweils auf den empfundenen Überblickscharakter der eigenen Zeichnung. Die zweite Aussage (Se_AD_2 bzw. Se_MZ_2) untersucht, inwieweit die eigene Zeichnung zum Verständnis als hilfreich angesehen wird. Beide Aussagen nehmen damit den der Zeichnung zugeschriebenen Mehrwert in den Blick. Erkennen die Schülerinnen und Schüler keinen Mehrwert in der eigenen Zeichnung, so könnte dies einen Einfluss auf die Qualität der Darstellung haben. Beispielsweise verweist Borsum (1987) darauf, dass die Motivation der Lernenden vom tatsächlichen Gebrauchswert der Zeichnung abhängig sein kann. Im Idealfall lassen sich hierzu im Prozess oder im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen (5.7.2) Indizien finden.

Die Einschätzungen zu den beiden darauffolgenden Aussagen (Se_AD_3, 4 bzw. Se_MZ_3, 4) geben Hinweise zum Maß der Anstrengung bzw. der Genauigkeit, mit der die Teilnehmenden den Text gelesen und ihre Zeichnung angefertigt haben. Im Hinblick auf das gezeichnete Ablaufdiagramm schätzen die Schülerinnen und Schüler ergänzend ein (Se_AD_5), inwieweit es ihnen schwer fiel, die für das Schaubild notwendigen Begriffe aus dem Text auszuwählen. Dieser Aspekt wird im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen vertieft (5.7.2).

Abschließend geben die Schülerinnen und Schüler an, inwiefern sie gerne im Biologieunterricht (Se_MZ_5) und außerhalb des Biologieunterrichts (Se_MZ_6) zeichnen. Erläuterungen

hierzu erfolgen in Unterkapitel 5.8. Eine vollständige Übersicht zu den Selbsteinschätzungsaussagen aller Kontexte ist in Anhang 4 gegeben.

5.7.2 Mündliche Reflexionsfragen

Retrospektiv beantworteten die Schülerinnen und Schüler offen gestellte Fragen, die einzelne Aspekte ihres Vorgehens betreffen (Tab. 5.12, Tab. 5.13). Für dieses Vorhaben bietet es sich an, ein Interview zu führen, da die Teilnehmenden (im Gegensatz zu schriftlichen Angaben) eher eine Bereitschaft zeigen, die Hintergründe ihres Handelns umfassender darzustellen und sie sich frei zu ihrer Sichtweise äußern können (Döring & Bortz, 2016; Krüger & Riemeier, 2014). Bei den Interviews handelte es sich um leitfadenstrukturierte Einzelinterviews, die hinsichtlich der im Vorfeld festgelegten Fragen eine gewisse Struktur vorgeben, jedoch durch ergänzende Rückfragen des Versuchsleiters Flexibilität erlaubten (Niebert & Gropengießer, 2014; Schreier, 2013b). Rückfragen sind dabei als Ad-hoc-Fragen zu sehen, die der Vertiefung oder Klärung unerwarteter oder uneindeutiger Äußerungen der Teilnehmenden dienen (Schreier, 2013b, S. 226).

Die mündlichen Reflexionsfragen zum jeweiligen Ablaufdiagramm umfassen das Vorgehen beim Lesen der Textgrundlage (mRef_AD_1), das Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung (mRef_AD_2), die Beurteilung des Mehrwerts der eigenen Zeichnung (mRef_AD_3), die wahrgenommenen Schwierigkeiten (mRef_AD_4, 5) und selbst erkanntes Verbesserungspotential (mRef_AD_6, 7). Insofern die Darstellung der Schülerinnen und Schüler ähnlich aussah wie ein Ablaufdiagramm (d. h. Begriffe waren mit Pfeilen/Linien verbunden) wurde erfragt, wie häufig die Teilnehmenden mit dieser Repräsentationsform bereits in Kontakt gekommen sind (mRef_AD_8a) und in welchen fachlichen Zusammenhängen dies geschah (mRef_AD_8b). Indem das Ablaufdiagramm betreffende Fragen erst nach Abschluss des Zeichnens gestellt wurden, konnte sichergestellt werden, dass die Teilnehmenden dem Interview keine Hinweise entnehmen konnten, welche Repräsentationsform der Versuchsleiter erwartet. Außerdem wurden die Schülerinnen und Schüler dazu befragt, wie sie das laute Denken empfunden haben (mRef_AD_9). Diese Frage ergibt sich aus der vierten Empfehlung zur Durchführung des lauten Denkens nach Konrad (2010; 5.3.3). Ebenso wurden die Teilnehmenden nach dem Einfluss der Aufgabenstellung auf ihre Darstellung befragt (mRef_AD_10). Wie zuvor bereits dargestellt, konnte Engl (2017) zeigen, dass Aufgabenstellungen ohne Benennung einer Rezipientin oder eines Rezipienten die Schülerinnen und Schüler oftmals dazu verleiten, Zeichnungen nur oberflächlich und nur für sie selbst verständlich anzulegen. Vor diesem Hintergrund erschien es sinnvoll zu erfragen, inwiefern die Teilnehmenden ohne diesen Aufgabenzusatz vorgegangen wären.

Tabelle 5.12 Mündliche Reflexionsfragen zum angefertigten Ablaufdiagramm und dem damit verbundenen Vorgehen

Kürzel	Interviewfrage
mRef_AD_1	Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
mRef_AD_2	Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
mRef_AD_3	Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
mRef_AD_4	Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
mRef_AD_5	Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas Bestimmtes besonders schwer?
mRef_AD_6	Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
mRef_AD_7	Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
mRef_AD_8a	[Insofern die Darstellung annähernd aussieht wie ein Ablaufdiagramm:] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
mRef_AD_8b	Bei welchem Thema war das dann? Was hast du dargestellt?
mRef_AD_9	Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
mRef_AD_10	Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?

Die mündlichen Reflexionsfragen zur jeweiligen mikroskopischen Zeichnung umfassen das Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung (mRef_MZ_1), die wahrgenommenen Schwierigkeiten (mRef_MZ_2, 3) sowie selbst erkanntes Verbesserungspotential (mRef_MZ_4, 5). Auch hier wurden die Teilnehmenden gefragt, wie sie das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden haben (mRef_MZ_6).

Tabelle 5.13 Mündliche Reflexionsfragen zur angefertigten mikroskopischen Zeichnung und dem damit verbundenen Vorgehen

Kürzel	Interviewfrage
mRef_MZ_1	Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
mRef_MZ_2	Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
mRef_MZ_3	Fiel dir beim Zeichnen etwas Bestimmtes besonders schwer?
mRef_MZ_4	Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
mRef_MZ_5	Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
mRef_MZ_6	Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

5.8 Ergänzend erhobene Merkmale

Im Sinne des Bestrebens soziodemografische Daten nur sparsam zu erheben (Döring & Bortz, 2016, S. 266), wurden Fragen bzw. Angaben hierzu auf ein notwendiges Mindestmaß beschränkt. Das Alter der Teilnehmenden, ihr Geschlecht, die Klasse, die letzten Zeugnisnoten in den Fächern Biologie und Kunst und der Name der Biologielehrkraft wurden erfasst. Die erhobenen Noten für die Fächer Kunst und Biologie sind neben der Einschätzung der

Lehrkräfte (6.2) ein Indikator für die Heterogenität der Stichprobe. Geben die Teilnehmenden an, dass sie sich nicht sicher sind, ob sie beispielsweise die Note Zwei oder Drei hatten, wird das arithmetische Mittel der Noten angenommen (Anhang 7, z. B. Florian, S7E). Sind Teilnehmende nicht mit zeichnerischen Konventionen vertraut und besitzen kein Vorwissen zum Zellaufbau, könnten sie versuchen, ein mikroskopisches Präparat möglichst realistisch abzubilden. Dabei können künstlerische Fähigkeiten, z. B. das angemessene Einschätzen von Proportionen (vgl. Fachziele des Lehrplans Kunst Sek I: MfBWW, 1998a), behilflich sein, um die Nichtkenntnis zuvor genannter biologischer Kompetenzen zu kompensieren. Die Note im Fach Kunst kann im Sinne der Triangulation zur ergänzenden Einschätzung dienen, insofern die Note als valide Proxyvariable anzusehen ist.

Der Name der Lehrkraft diente zur internen Organisation und um im Vorfeld sicherzustellen, dass nicht alle Schülerinnen und Schüler, die den gleichen Kontext bearbeiten, von der selben Lehrkraft unterrichtet werden. Dies erschien sinnvoll, da Biologielehrkräfte im Interview eine mitunter stark voneinander abweichende Unterrichtspraxis hinsichtlich des Zeichnens berichteten (Feld, 2016; Scherb, 2015; Scherb & Nitz, 2020). Die Lerngelegenheiten, mit denen Schülerinnen und Schüler zumindest unterrichtsbezogen konfrontiert wurden, variieren vor diesem Hintergrund zwischen den Teilnehmenden. Diese Maßnahme gewährleistet ebenfalls Heterogenität (6.2).

Im Vorfeld wurden die Biologielehrkräfte zusätzlich gebeten, die Teilnehmenden basierend auf bisherigen Zeichenanlässen im Unterricht zu bewerten. Da diese Einschätzung ein Kriterium zur Auswahl der Schülerinnen und Schüler war, findet die Erläuterung zu diesem Merkmal bei der Erklärung des Verfahrens der Stichprobenziehung statt (6.2).

Wie in Unterkapitel 5.7.1 bereits berichtet, wurden die Schülerinnen und Schüler ebenfalls um eine Selbsteinschätzung zu ihrem Interesse am Zeichnen innerhalb und außerhalb des Unterrichts gebeten (Se_MZ_5, Se_MZ_6). Diese Selbsteinschätzung ist relevant, da „Nicht-Interesse eine für das Lernen ungünstige Disposition“ (Vogt, 2007, S. 10) darstellen kann. Die Ausweitung der Einschätzung auf den außerschulischen Bereich (Se_MZ_6) ist ebenfalls bedeutsam, da auch dieser Gelegenheiten zum Zeichnen bietet. Beispielsweise schlussfolgern Widodo et al. (2019) auf Grundlage ihrer Befunde, dass es dem Zeichnen zuträglich sein kann, wenn Lernende außerhalb des Unterrichts gerne Zeichnen, z. B. in Form eines Hobbies. Die Wahrnehmung von Lerngelegenheiten außerhalb des Unterrichts ist abhängig von verschiedensten Faktoren, wobei das individuelle Interesse eine wesentliche Rolle spielt (BMBF, 2004).

5.9 Untersuchungsdesign

Zunächst wird ein Überblick über das Untersuchungsdesign gegeben (5.9.1), bevor dessen Phasen näher beschrieben werden (5.9.2). Im Anschluss wird aufgezeigt, welche Studienbegleitmaterialien zum Zwecke der standardisierten Durchführung entwickelt wurden (5.9.3).

5.9.1 Überblick über das Untersuchungsdesign

Die vorausgegangenen Unterkapitel 5.1 bis 5.8 erläuterten die zur Beantwortung der Forschungsfragen eingesetzten Erhebungsinstrumente und -methoden. Tabelle 5.14 zeigt, wie die einzelnen Erhebungsinstrumente und -methoden sich mosaikartig zum Studiendesign zusammenfügen. Ergänzend ist die durchschnittliche Dauer der jeweiligen Untersuchungsphase angegeben. Eine ausführliche Darstellung dieser erfolgt in Anhang 9.1. Die Studienteilnehmerinnen und -teilnehmer durchliefen die Untersuchungsphasen einzeln. Die parallele Studiendurchführung mit mehreren Teilnehmenden war auf Grund der Anforderungen des lauten Denkens (5.3) sowie der technischen Rahmenbedingungen nicht möglich (5.10).

Tabelle 5.14 Übersicht zum Ablauf der Untersuchungsdurchführung und der Dauer der jeweiligen Phasen

Abschnitt	Phase, Erhebungsinstrument und -methode	Dauer (min:s)		Referenzkapitel
		M	SD	
A	A1 Einführung	03:00*	-	5.9.2
	A2 LGVT 6-12 (Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest)	09:00*	-	5.4
B	Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung			
	B1 Interviewfragen	03:28	01:05	5.5.1
	B2 Zeichnen-Test	03:23	01:20	5.5.2
C	Warm-up zum lauten Denken	02:53	00:50	5.3.2
D	Ablaufdiagramm zu einem Kontext ¹			
	D1 Bearbeiten der Aufgabenstellung und lautes Denken	15:45	06:50	5.1, 5.3
	D2 Verständnisfragen zum Kontext	02:09	01:01	5.6
	D3 Selbsteinschätzung und Reflexion			
	D3.1 Selbsteinschätzungsaussagen	01:10	00:24	5.7.1
D3.2 Mündliche Reflexionsfragen	03:49	01:02	5.7.2	
E	Mikroskopische Zeichnung zu einem Kontext ²			
	E1 Bearbeiten der Aufgabenstellung und lautes Denken	11:17	03:31	5.2, 5.3
	E2 Verständnisfragen zum Kontext	01:19	00:36	5.6
	E3 Selbsteinschätzung und Reflexion			
	E 3.1 Selbsteinschätzungsaussagen	01:04	00:20	5.7.1
E 3.2 Mündliche Reflexionsfragen	02:07	00:49	5.7.2	
Gesamt		60:23	09:40	

Anmerkung. * Für die mit einem Stern gekennzeichneten Subphasen liegen nur Schätzwerte vor, da die Audio- und Videoaufzeichnung erst zu Beginn der Untersuchungsphase B einsetzte. Der Schätzwert der Untersuchungsphase A2 bezieht sich auf den Richtwert in Schneider et al. (2007).

¹ a) Kohlenstoffkreislauf, b) Herz-Kreislauf-Erkrankungen, c) Waldschäden, d) Hormonelle Regulation, Schilddrüse (5.1) ² a) Amöbe, b) Wassernetz, c) Laubmoosblättchen, d) Spaltöffnungen einer Tulpe (5.2)

5.9.2 Beschreibung des Untersuchungsablaufs

Nachfolgend wird der Ablauf der Studiendurchführung erläutert. In paralleler Betrachtung erlauben das in Anhang 4 dargestellte Manual zur Studiendurchführung sowie das in Anhang 5 dargestellte Aufgabenheft der Leserin bzw. dem Leser tiefergehende Einblicke. Die Konzeption beider Dokumente wird in Unterkapitel 5.9.3 erörtert.

In Untersuchungsphase **A1** wurden die Schülerinnen und Schüler begrüßt und ihnen für die Bereitschaft zur Teilnahme gedankt. Um die Anspannung auf der Seite der Teilnehmenden zu minimieren, erfolgte zu Beginn ein wenig Smalltalk (Döring & Bortz, 2016, S. 366). Im Anschluss wurden die Modalitäten der Audio- und Videoaufzeichnung besprochen, z. B.: *„Die Top-Kamera über deinem Tisch ist auf das Arbeitsblatt gerichtet.“* (Anhang 4). Weitere Hinweise zum Ablauf der Studie folgten, die ebenfalls darauf abzielten, Anspannung zu minimieren: *„Du brauchst keine Angst zu haben. Es handelt sich hier nicht um eine Prüfungssituation wie manchmal im Unterricht. Wir versuchen herauszufinden, wie Schülerinnen und Schüler beim Zeichnen vorgehen, um so den Lehrkräften rückmelden zu können, wie sie dich besser beim Lernen unterstützen können. Wundere dich nicht, wenn ich einige Dinge wörtlich vorlese, dann kommt es auf die Formulierung an.“* (Anhang 4). Letzterer Hinweis war insbesondere im Zusammenhang mit der Einführung des Lesegeschwindigkeits- und -verständnistests (5.4) notwendig. Die Durchführung dieses Tests in Untersuchungsphase **A2** erfolgte gemäß der von Schneider et al. (2007, S. 12) vorgeschlagenen Testdurchführung (5.4).

Danach wurden die Teilnehmenden in Phase **B1** zu ihrer fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung befragt (5.5.1). Da die Fragen, ebenso wie der LGVT, einen Test-Charakter besitzen, wurden sie mit dem folgenden Hinweis eingeleitet: *„Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein, wie du ihn aus der Schule kennst. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. Kennst du die Antworten nicht, ist das nicht weiter schlimm.“* (Anhang 4). Die Fragen zur fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung wurden bewusst in dieser frühen Phase der Versuchsdurchführung gestellt. Dadurch konnte zwischen der erstmaligen kognitiven Auseinandersetzung mit dem Thema während des Interviews und dem Zweitkontakt während der späteren Zeichenphase (D1 oder E1) zeitliche Distanz geschaffen werden. Die Fragen wurden zudem offen gestellt, ohne den Fokus auf die zeichnerische Darstellung von Inhalten zu lenken.

An die Interviewfragen knüpfte in Phase **B2** der Zeichnen-Test an. Hier stellten die Schülerinnen und Schüler drei pflanzliche und drei tierische Zellen dar (5.5.2).

In Untersuchungsphase **C** erfolgte das Warm-up zum lauten Denken gemäß dem in Unterkapitel 5.3.2 beschriebenen Vorgehen. Die Schülerinnen und Schüler fertigten dabei eine Mental Map zu ihrem Schulweg an.

In der Studie konstruierten die Teilnehmenden jeweils sowohl ein Ablaufdiagramm (Phase **D1**) als auch eine mikroskopische Zeichnung (Phase **E1**). Dies hat forschungsökonomische Gründe: a) Fertigen die Teilnehmenden gleich zwei Zeichnungen an, halbiert sich die Anzahl der Probandinnen und Probanden. Vor dem Hintergrund des personellen und finanziellen Aufwands der Akquise und der Studiendurchführung ist die Reduktion der Anzahl der Teilnehmenden und der Erhebungstage erstrebenswert. b) Fertigen die Teilnehmenden zwei Zeichnungen an, erhöht sich die Testbelastung auf Grund der weitestgehend identisch ablaufenden Phasen A-C zeitlich gesehen nur moderat (Tab. 5.14). Neben den forschungsökonomischen Gründen kann es für die Analysierenden zur Absicherung der eigenen Interpretation zudem hilfreich sein, wenn beachtet wird, wie sich die Zeichnenden in mehr als einer Zeichensituation verhalten, da die Anforderungen des Zeichnens an den Lernenden nur zum Teil repräsentationsspezifisch sind (Quillin & Thomas, 2015).

In der Studie von Scott und Dreher (2016) wurde den Schülerinnen und Schülern bei der Konstruktion der Zeichnungen auf Grundlage eines Texts ein Zeitlimit gesetzt. Dies führte dazu, dass mehrere Lernende die Zeichnung nicht fertigstellen konnten und ihr geplantes Vorgehen bis zur Vollendung der Zeichnung lediglich erläutern mussten. Hierdurch wäre die Identifikation auftretender Schwierigkeiten wahrscheinlich beeinträchtigt. Eine zeitliche Vorgabe könnte zudem Angst oder Stress hervorrufen (Döring & Bortz, 2016). Vor diesem Hintergrund wurde auf die Vorgabe eines Zeitlimits verzichtet.

Der Anfertigung der jeweiligen Zeichnung folgten Verständnisfragen zum Kontext (Phase **D2** bzw. **E2**, 5.6). Außerdem nahmen die Teilnehmenden eine Selbsteinschätzung zur Aufgabenbearbeitung anhand von Aussagen auf einer 4-stufigen Likert-Skala vor (Phase **D3.1** bzw. **E3.1**, 5.7.1). Abschließend beantworteten sie mündliche Reflexionsfragen zu ihrem Vorgehen (Phase **D3.2** bzw. **E3.2**, 5.7.2).

Für den Durchlauf aller Phasen benötigten die Teilnehmenden durchschnittlich etwa 60 Minuten ($SD = 09 \text{ min } 40 \text{ s}$, Tab. 5.14). Zur Vermeidung von Ermüdungseffekten sollte die Gesamtdauer aller Untersuchungsphasen, in denen Teilnehmende einen aktiven Part leisten, in Abhängigkeit vom Alter der Teilnehmenden 60 bis 90 Minuten nicht überschreiten (Sandmann, 2014, S. 185). Die durchschnittliche Untersuchungsdauer dieser Studie übersteigt die Empfehlung nicht. Zwischen den Untersuchungsphasen D und E wurde den Schülerinnen und Schülern die Möglichkeit eingeräumt, eine Pause einzulegen. Die Länge der Pause betrug in keinem Fall mehr als sechs Minuten. In der Pause stand es den Schülerinnen und Schülern frei, zu Essen, zu Trinken oder sich mit dem Versuchsleiter und der Assistenz zu unterhalten.

Im Vorfeld war nicht auszuschließen, dass die Konstruktion der ersten Zeichnung (D1, Tab. 5.14) zu Frustration führt und die der zweiten Zeichnung (E1) beeinträchtigt. Daher wurde

die Abfolge zwischen Ablaufdiagramm und mikroskopischer Zeichnung variiert. Mit dieser Maßnahme wird dem *Reihenfolgeeffekt*, auch bekannt als *Primacy-Recency-Effekt*, begegnet, der für eine Urteilsverzerrung abhängig von der Position des zu beurteilenden Objekts innerhalb der Erhebung steht (Döring & Bortz, 2016, S. 254).

5.9.3 Entwicklung und Konzeption des Studienbegleitmaterials

Nachfolgend wird die Entwicklung und Konzeption der Aufgabenhefte und der Manuals zur Studiendurchführung vorgestellt. Beide Dokumente dienen der Strukturierung und der Standardisierung der Durchführung (8.2).

Entwicklung von Aufgabenheften

Da die einzelnen Untersuchungsphasen unterschiedliche Modalitäten bedienten (lesen, zeichnen, schreiben, sprechen) und diese häufig wechselten, wurden die Materialien nicht in einem gebundenen Aufgabenheft zusammengeführt. Passender erschien eine Losblattsammlung, also ein ungebundenes Aufgabenheft. Diese erlaubt es dem Versuchsleiter, den Teilnehmenden einzelne Blätter nach und nach vorzulegen und abhängig vom Bearbeitungsstatus einzusammeln. Auch das in einem gebundenen Aufgabenheft mögliche Vor- oder Zurückblättern wurde damit unterbunden und die Einhaltung gleicher Bedingungen für alle Teilnehmenden erleichtert. So wurden beispielsweise die Zeichnungen (Phase D1 bzw. E1, Tab. 5.14 in 5.9.2) eingesammelt, bevor die Verständnisfragen zum Kontext gestellt wurden (Phase D2 bzw. E2, Tab. 5.14 in 5.9.2). Andernfalls hätten die Schülerinnen und Schüler einige Lösungen den vor ihnen liegenden Zeichnungen entnehmen können.

Vor dem Hintergrund der vier unterschiedlichen Kontexte zu Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen sowie der Berücksichtigung des Reihenfolgeeffekts (5.9.2) mussten insgesamt acht unterschiedliche Aufgabenhefte entwickelt werden. Tabelle 5.15 zeigt die Kombinationen der Kontexte. Die Eignung der Kontexte für bestimmte Klassenstufen wurde bereits in den Unterkapiteln 5.1 und 5.2 behandelt. Für die Schülerinnen und Schüler der siebten Klassenstufe wurden beispielsweise die Kontexte *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* und *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* kombiniert. Da in Rheinland-Pfalz, dem Bundesland der Versuchsdurchführung, das Fach Biologie an vielen Schulen in der neunten Klassenstufe nicht unterrichtet wird, entfiel ein Kontext für diese Klassenstufe.

Tabelle 5.15 Aufgabenhefte und Kontextkombinationen

Aufgabenheft	Phase D: Kontext 1	Phase E: Kontext 2
7a	AD: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder	MZ: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen
7b	MZ: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen	AD: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder
8a ¹	AD: Kohlenstoffkreislauf	MZ: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum
8b	MZ: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum	AD: Kohlenstoffkreislauf
10.1a	AD: Herz-Kreislauf-Erkrankungen	MZ: Moose – Wasserspeicher des Waldes
10.1b	MZ: Moose – Wasserspeicher des Waldes	AD: Herz-Kreislauf-Erkrankungen
10.2a	AD: Schilddrüse und hormonelle Regulation	MZ: Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?
10.2b	MZ: Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?	AD: Schilddrüse und hormonelle Regulation

Anmerkung. AD und MZ zeigt die Zugehörigkeit zu Ablaufdiagrammen oder mikroskopischen Zeichnungen an.

¹ Dieses Aufgabenheft ist in Anhang 5 exemplarisch dargestellt.

Da die Aufgabenhefte jeweils 18 Seiten umfassen, beinhaltet der Anhang nur eines der acht Aufgabenhefte. Zwischen den Aufgabenheften abweichende Inhalte sind abhängig von ihrer Zugehörigkeit in verschiedenen Anhängen dargestellt (Anhang 1, Anhang 2).

Ein Aufgabenheft (Anhang 5) umfasst auf der Titelseite zur internen Organisation und Archivierung biografische Daten, das Kürzel, das Datum der Studiendurchführung, die Noten in Kunst und Biologie, den Namen der aktuellen Biologielehrkraft, die bearbeiteten Kontexte sowie deren Reihenfolge. Die erste Seite, die von den Schülerinnen und Schülern selbst auszufüllen war (1.), forderte die Angabe einiger persönlicher Daten, die nach Abschluss der Studiendurchführung auf das Deckblatt überführt wurden. Danach folgt die Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Erhebung (2.) und der Auswertungsbogen zum LGVT (3.), auf dem zugleich die ermittelten Werte für das Leseverständnis und die Lesegeschwindigkeit eingetragen wurden. Auf der nächsten Seite wurde das Transkript des Interviews zur Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung festgehalten (4.). Die während des Zeichnen-Tests angefertigten Darstellungen pflanzlicher und tierischer Zellen sowie deren Beschriftung erfolgte in zwei markierten Zeichenfeldern unterhalb der jeweiligen Aufgabenstellung (5.). Nach dem gleichen Prinzip ist das Arbeitsblatt zum Warm-Up des lauten Denkens aufgebaut (6.). Auch hier galt es, die Zeichnung in einem dafür vorgesehenen Zeichenfeld anzulegen. Der dem ersten Kontext zugehörige Text wird jeweils auf einer Seite dargestellt (7.). An die Aufgabenstellung des ersten Kontexts grenzt unmittelbar die Zeichnung der Schülerinnen und Schüler an (8.). Das Transkript der Verständnisfragen zum ersten Kontext wurde nachträglich eingefügt (9.). Ihre Selbsteinschätzung gaben die Teilnehmenden durch das Ankreuzen von Antwortalternativen an (10.). Das Transkript zu den danach gestellten mündlichen Reflexionsfragen wurde jeweils nachträglich beigefügt (11.).

Die weiteren Seiten des Aufgabenhefts, die sich auf den zweiten Kontext beziehen (12. – 16.), entsprechen im Aufbau den Seiten zum ersten Kontext (7. – 11.). Eine Ausnahme davon stellt nur die Beschriftungsvorlage (zu 13.) dar.

In Abhängigkeit davon, in welcher Reihenfolge die beiden Kontexte bearbeitet werden sollten (Primacy-Recency-Effekt, 5.9.2), erfolgte ein Austausch der Seiten 7. bis 11. (Kontext eines Ablaufdiagramms) gegen die Seiten 12. bis 16. (mikroskopischer Kontext). Dem ungebundenen Aufgabenheft wurde abschließend der ausgefüllte LGVT-Test sowie das Transkript des lauten Denkens beigelegt.

Entwicklung der Manuals

Zur Gewährleistung eines Untersuchungsablaufs, der die im Vorfeld erarbeitete Konzeption einhält, war das Vorhandensein eines Manuals und dessen Befolgung durch den Versuchsleiter unbedingte Voraussetzung für die Realisierung von Durchführungsobjektivität (Döring & Bortz, 2016; 8.2). Auf Grund der Berücksichtigung des Primacy-Recency-Effekts und der zeitweise vertauschten Reihenfolge der Untersuchungsphasen D und E (5.9.2) waren zwei Manuals notwendig. Eines der beiden Manuals ist in Anhang 4 hinterlegt. Darin ist der im vorherigen Unterkapitel beschriebene Untersuchungsablauf dargestellt und mit weiteren Hinweisen versehen. Dabei stand neben der inhaltlichen Korrektheit die schnelle Zugänglichkeit aller für den Versuchsleiter relevanten Informationen im Vordergrund. Im Vorfeld der Durchführung markierte der Versuchsleiter im entsprechenden Manual die Kontexte, die die jeweilige Schülerin oder den jeweiligen Schüler betrafen. Das Übungsbeispiel des LGVT ist auf Grund von Urheberrechten im Manual nicht gezeigt und kann bei Schneider et al. (2007) eingesehen werden.

5.10 Technische Realisierung der Studiendurchführung

Für die Realisierung von Forschungsvorhaben, die den Einsatz von Technik erfordern, sollten im Vorfeld die damit verbundenen technologischen, personellen, finanziellen, rechtlichen und institutionellen Restriktionen bedacht werden (Losang, 2018). Wie die beiden nachfolgenden Unterkapitel zeigen, war innerhalb des hier vorgestellten Projekts insbesondere die Realisierung der technologischen Gegebenheiten herausfordernd. Zunächst werden einige Vorüberlegungen zur Bestimmung des technischen Rahmens erörtert (5.10.1), bevor die Beschreibung der praktischen Umsetzung (5.10.2) erfolgt.

5.10.1 Bestimmung des technischen Rahmens

Audio- und Videoaufzeichnungen stellen eine sinnvolle, wenn nicht gar notwendige Voraussetzung dar, um im Zeichenprozess auftretende Schwierigkeiten hinreichend zu beobachten und zu analysieren. Während die auf den Zeichenprozess bezogene Studie von Scott und Dreher (2016) ausschließlich die Transkripte des lauten Denkens zur Analyse heranzog, stellte sich die gleichsamer Berücksichtigung von Audio- und Videospuren in der Studie von van Meter (2001) als gewinnbringend zur Untersuchung des Prozesses heraus. Doch weshalb qualifizierte sich insbesondere diese Form der digitalen Aufzeichnung für das Untersuchungsvorhaben? Ergänzend oder alternativ hätte der Konstruktionsprozess auch mit einem digitalen Stift aufgezeichnet werden können. Vielfältige Möglichkeiten, digitale Stifte einzusetzen, werden beispielsweise bei Hammond et al. (2015) dargestellt. Bereits 2011 zeigten Sun et al. in welchen Dimensionen sich das Zeichnen mittels digitalen Stiften und Tablets weiterentwickeln müsste, um an die Natürlichkeit echten Zeichnens zu stoßen. Auch zum gegenwärtigen Zeitpunkt unterscheidet sich die Beschaffenheit und das Verhalten digitaler Stifte beim Zeichnen auf mehreren Ebenen von einem echten Stift (z. B. Lee et al., 2021; Mann et al., 2015). Für digitale Stifte hat sich vor dem Hintergrund der auf dem Markt verfügbaren Vielfalt bislang kein einheitlicher Standard durchgesetzt, an den die Schülerinnen und Schüler mehrheitlich gewöhnt sein könnten. Beispielsweise besitzen klassische Bleistifte eine charakteristische Form und Beschaffenheit, die digitale Stifte gegenwärtig nicht oder nur in Ansätzen bieten. Im Unterricht werden insbesondere mikroskopische Zeichnungen typischerweise mit Bleistift angefertigt. Daher ist es nachvollziehbar, dass die Verwendung von Bleistift(en) ein gängiges Kriterium zur Beurteilung dieser darstellt (z. B. Retzlaff-Fürst, 2020, S. 319; 3.5.3). Ferner argumentieren Quillin und Thomas (2015, S. 5), dass zwar die kognitiven Prozesse beim Zeichnen zwischen verschiedenen Medien vergleichbar sind, aber sich die in einem Medium (z. B. Stift und Papier) erworbenen Erfahrungen¹ nicht zwangsläufig auf ein anderes Medium (z. B. digitaler Stift und Tablet) übertragen lassen. Daher ist anzunehmen, dass es unvoreilhaft gewesen wäre, etwaige Schwierigkeiten bzw. Fehler im Konstruktionszusammenhang anhand der digitalen Form des Zeichnens zu untersuchen, die seltener im Unterricht vorkommt.² Darüber hinaus wechseln im Untersuchungsverlauf dieser Studie wiederholt Phasen, in denen gezeichnet wird, mit Phasen, in denen einer anderen Tätigkeit nachgegangen wird, ab (5.9). Dieser

¹ Sowohl das Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3) als auch das Modell zum Zeichnen von Objekten (3.5.2) betonen die Bedeutsamkeit von Vorerfahrungen.

² An den untersuchten Schulen (6.2) gibt es keine Klassen, die zum Lernen primär auf Tablets zurückgreifen.

frequentierte Wechsel zwischen multiplen Medien ist anfällig für technische Fehler und kann zu Synchronisierungsproblemen führen.

Vor dem Hintergrund dieser Gegebenheiten wurde auf den Einsatz eines digitalen Stifts verzichtet und auf eine durchgehende Audio- und Videoaufzeichnung gesetzt. Dabei musste die Audio- und Videotechnik in der Lage sein, die Anforderungen aller Untersuchungsphasen (5.9.1) zufriedenstellend abzudecken. Für Phasen, in denen der Versuchsleiter die Schülerinnen und Schüler interviewte, bestanden hinsichtlich der Audio- und Videotechnik die geringsten Anforderungen. Für Interviews reicht eine gut verständliche Audioaufzeichnung grundsätzlich aus, allerdings liefert die zusätzliche Videoaufnahme wertvolle Hinweise zur Betonung, Gestik und Mimik (Krüger & Riemeier, 2014, S. 135). Die Erfassung dieser war speziell bei der Transkription des lauten Denkens eine wertvolle Bereicherung. Durch die Berücksichtigung der Videospur konnten in den Transkripten erklärende Einschübe ergänzt werden, die wiederum bedeutsam für die Analyse waren: z. B. *„Ok, da ist wieder so ein lilafarbenes Kreisdingsbums [gemeint ist der die Amöbe überlagernde Einzeller rechts unten].“* (Lisa, S8B, a3; Anhang 6). Eine Videoanalyse war auch vor dem Hintergrund der durchschnittlichen Dauer der Studiendurchführung von etwa 60 Minuten sinnvoll (Tab. 5.14). Selbst ein geschulter Beobachter stößt bei einem zeitlichen Rahmen, der 30 Minuten übersteigt, an seine Grenzen (Döring & Bortz, 2016, S. 327).

5.10.2 Beschreibung der technischen Realisierung

Abbildung 5.3 zeigt die Audio- und Videotechnik an einem Ort der Studiendurchführung. Eine Top-Kamera [1] filmte den Arbeitsbereich [2] der Schülerinnen und Schüler und diente primär dazu, den Konstruktionsprozess erkennbar zu machen. Der Arbeitsbereich war am oberen und unteren Ende durch deutlich sichtbare Markierungen begrenzt und mit einer Lampe ausgeleuchtet [3]. Die Teilnehmenden selbst saßen auf Position A. Neben dem durch die Top-Kamera abgedeckten Arbeitsbereich stand das Mikroskop [4], das individuell herangezogen werden konnte, ohne dabei das Kamerabild zu blockieren. Das Mikroskop war vom Sitzplatz aus zugänglich. Ein Ersatzmikroskop (wie im Hintergrund auf der Fensterbank zu sehen) wurde bereitgehalten und kam in einem Fall zum Einsatz. Da ein Ausschnitt des jeweiligen Präparats zur Standardisierung markiert war (5.2.1), konnte der Austausch zwischen zwei Präparaten in kurzer Zeit erfolgen. Zur Anfertigung der Zeichnungen und zum Ausfüllen der Seiten des ungebundenen Aufgabenhefts (5.9.3) standen den Teilnehmenden während der Studiendurchführung Bleistifte, Kugelschreiber, ein Spitzer und ein Radiergummi zur Verfügung.

Eine seitlich leicht versetzte Front-Kamera [5] erfasste die Schülerinnen und Schüler frontal und lieferte weitere Informationen zu den Tätigkeiten außerhalb des Arbeitsbereichs, die

durch die Top-Kamera nicht erfasst wurden. Beispielsweise konnte dadurch erkannt werden, ob eine Schülerin oder ein Schüler gerade auf die Textgrundlage oder die eigene Zeichnung blickte. Diese Unterscheidung ist relevant für die Analyse der ausgeführten Tätigkeiten (7.13). Bei den beiden Kameras [1, 5] handelt es sich um das IP-basierte Modell *AXIS M1065-LW*. Ein zentral ausgerichtetes Mikrofon [6] ermöglichte, dass die Teilnehmenden [A], der Versuchsleiter [B] und seine Assistenz [C] in den Audioaufnahmen gut zu verstehen sind. Auf Grund der wiederholten Interviewsituationen in verschiedenen Untersuchungsphasen (5.9.2), saßen sich Teilnehmende und Versuchsleiter diagonal gegenüber. Bei jeder Durchführung waren sowohl der Versuchsleiter als auch eine Assistenz anwesend. Während der Versuchsleiter primär den korrekten inhaltlichen Ablauf der Studiendurchführung sicherstellte, gewährleistete die Assistenz den technisch einwandfreien Ablauf der Studie. Sie machte den Versuchsleiter beispielsweise darauf aufmerksam, wenn eine Schülerin oder ein Schüler das Arbeitsblatt außerhalb des von der Front-Kamera erfassten Arbeitsbereichs schob.



Abbildung 5.3 Aufbau des Studienequipments in einer Schule: [1] Top-Kamera, [2] Arbeitsbereich der Schülerinnen und Schüler, [3] Schreibtischlampe, [4] Mikroskop, [5] Front-Kamera, [6] Mikrofon, [7] Diktiergerät, [8] beide Videospuren im picture-by-picture-Format, [A] Sitzposition der Schülerinnen und Schüler, [B] Sitzposition des Versuchsleiters, [C] Sitzposition der Assistenz

Während der Studiendurchführung lief zusätzlich ein vom System entkoppeltes Diktiergerät mit [7], um eine temporäre Störung des Hauptsystems potenziell aufzufangen. Die durch die beiden Kameras aufgenommenen Videospuren liegen im *picture-by-picture*-Format jeweils nebeneinander [8]. Auf dem Laptopbildschirm ist die Videospur der Front-Kamera links und die der Top-Kamera rechts zu sehen. Zur Synchronisierung der Video- und Audiospuren wurde der *MediaRecorder 4.0* der Firma *Noldus* verwendet.

Nach Ende des LGVT (5.4, 5.9.1) wurde die Video- und Audioaufzeichnung gestartet. Die Aufnahme lief bis zum Ende der Untersuchungsphase D (Video 1). Die gesamte Untersuchungsphase E wurde ebenso aufgenommen (Video 2). Für jede Versuchsperson entstanden zwei Videos. Die Aufteilung der Aufzeichnung auf zwei Videos erfolgte zur Reduzierung der Dateigröße. Da die empfohlene Maximalgröße importierter Dateien in der verwendeten Analysesoftware MAXQDA 2018 (7.12-14) begrenzt ist, musste hinsichtlich der Audio- und Videodateien im Vorfeld ein Kompromiss zwischen hoher Bildqualität sowie -auflösung und geringer Dateigröße gefunden werden. Laut Rückfrage beim Hersteller sollte die Gesamtgröße der zu importierenden Videos 20 GB nicht übersteigen. Das Kameraequipment wurde dazu bei einer internen Pilotierung über einen Zeitraum von zwei Wochen mit Studierenden sowie Kolleginnen und Kollegen getestet. Dabei wurden Videos gleicher Länge mit unterschiedlichen soft- und hardware-spezifischen Einstellungen verglichen (z. B. Bildformat, Auflösung, Sättigung, Kontrast, Helligkeit, Schärfe, Codec). Als zweckmäßig erwies sich das *picture-by-picture*-Format (Abb. 5.3). Die beiden nebeneinanderliegenden Videospuren umfassen eine Bildbreite von 1920 px und eine Bildhöhe von 540 px. Die bei der Pilotierung kalkulierte Dateigröße von 15 GB wurde mit der tatsächlichen Gesamtgröße von 17.1 GB nur leicht überschritten.

6. Stichprobe und Zugang zum Feld

Zunächst werden einige Vorüberlegungen geschildert, die das Alter der Teilnehmenden betreffen (6.1). Im Anschluss wird das Verfahren der Stichprobenziehung sowie der Ablauf der Erst- und Zweit- bzw. Nacherhebung erläutert (6.2).

6.1 Festlegung der Altersgruppe

Bisherige Studien, die den Prozess des Zeichnens untersucht haben, verweisen darauf, dass der Einbezug von unterschiedlichen Kontexten sowie von Lernenden unterschiedlichen Alters eine wesentliche Voraussetzung für die Steigerung der empirischen Belastbarkeit der Befunde darstellt (vgl. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; 3.6). Wie zuvor dargestellt, bringen Lernende unterschiedliche Voraussetzungen mit, die von der Quantität und Qualität bisheriger repräsentationsspezifischer Lerngelegenheiten bestimmt sind (2.2, 3.5.2, 3.7). Mit zunehmender Erfahrung reduzieren sich jedoch zugleich die mit dem Zeichnen verbundenen Schwierigkeiten, indem Schülerinnen und Schüler beispielsweise lernen, sich nicht mehr von Oberflächenmerkmalen ablenken zu lassen (Quillin & Thomas, 2015, S. 10). Gemäß des Lehrplans des Bundeslandes der Versuchsdurchführung können Schülerinnen und Schüler in der fünften und sechsten Klasse bereits erste Erfahrungen mit der Konstruktion von Zeichnungen sammeln (MfBWJK, 2010). Diese Erfahrungen resultieren aus dem Darstellen einfacher mikroskopischer Strukturen (z. B. Zwiebelzellen; 3.5.3) oder, bezogen auf Ablaufdiagramme, aus der Darstellung von Kreisläufen sowie anderer Zusammenhänge mittels Pfeilen und Begriffen (z. B. Wasserkreislauf; 3.4.5) (MfBWJK, 2010). In der Praxis gehen die Auffassungen zum Zeitpunkt der Einführung des Mikroskopierens jedoch weit auseinander (Gropengießer, 2020d, S. 279). Vor diesem Hintergrund bot es sich an, Mittelstufenschülerinnen und -schüler heranzuziehen, da diese bereits erste zeichnerische Erfahrungen im Unterricht sammeln konnten, aber im Gegensatz zu Oberstufenschülerinnen und -schülern noch weniger häufig mit den betreffenden Repräsentationsformen in Berührung gekommen sind.

6.2 Verfahren der Stichprobenziehung und Beschreibung der Stichprobe

Eine Auswertung videobasierter Daten kann auf Grund des erheblichen Aufwands nur für eine verhältnismäßig kleine Stichprobe geleistet werden (Döring & Bortz, 2016). Dabei sollte das vorrangige Ziel der qualitativen Stichprobenziehung nicht deren statistische Repräsentativität sein, sondern die im Untersuchungsfeld vorhandene und die für die

Forschungsfrage relevante Heterogenität abzubilden (Kelle & Kluge, 2010, S. 109). Bezogen auf die Forschungsfragen dieser Studie bedeutet oben Genanntes, dass die Größe und Zusammensetzung der Stichprobe es erlauben sollten, die Phasen des Zeichnens zu beschreiben (Forschungsfrage 1), möglichst alle manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler zu identifizieren, die bei der Anfertigung von Ablaufdiagrammen oder mikroskopischen Zeichnungen auftreten können (Forschungsfragen 2.1 und 2.2) sowie Schülertypen zu charakterisieren (Forschungsfrage 3). Da jedem der acht Kontexte bzw. jedem der vier Kontextkombinationen (Tab. 5.15 in 5.9.3) unter Einhaltung der technischen Rahmenbedingungen der Studie (5.10.2) nur eine geringe Anzahl an Teilnehmenden zugewiesen werden konnte, wäre eine zufällige Stichprobenziehung nicht zielführend gewesen. Bei der Stichprobenziehung mussten zudem sowohl Rahmenbedingungen auf schulischer Ebene als auch forschungspragmatische Erwägungen mit bedacht werden: Vor dem Hintergrund der Notwendigkeit zahlreicher Schulbesuche, dem personellen Bedarf (Versuchsleiter sowie Assistenz) und auf Grund des umfangreichen Equipments der Studiendurchführung, das an jedem Untersuchungstag mit einem PKW transportiert, aufgebaut und Funktionstests unterzogen werden musste (5.10.2), war es sinnvoll, die Untersuchung auf das Bundesland des Universitätsstandortes zu beschränken. Hinsichtlich des Zeichnens war kein Einfluss der Schule (Schuleffekt) zu erwarten, da Lehrkräfte unterschiedlicher Schulen davon berichteten, dass ein das Zeichnen betreffendes schulinternes Curriculum nicht existiert sowie der Austausch zum Zeichnen zwischen Kolleginnen und Kollegen gering ausfällt (Feld, 2016; Scherb, 2015; Scherb & Nitz, 2020). Die Stichprobenziehung an einer einzigen Schule erschien daher grundsätzlich legitim.

Auf schulischer Ebene handelt es sich bei der Stichprobenauswahl zunächst um ein bewusstes Auswahlverfahren einer Quotenstichprobe (Döring & Bortz, 2016): Die Schülerinnen und Schüler mussten der siebten, achten oder zehnten Jahrgangsstufe angehören. Wie bereits zuvor kenntlich gemacht, entfiel ein Kontext für die neunte Klassenstufe, da in Rheinland-Pfalz, dem Bundesland der Versuchsdurchführung, an vielen Schulen das Fach Biologie in der neunten Jahrgangsstufe nicht unterrichtet wird.

Trotz der relativ kleinen Stichprobengröße qualitativer Untersuchungen kann die sorgfältige Fallauswahl, z. B. „nach dem Prinzip maximaler und minimaler Kontraste“ (Kuckartz, 2018, S. 218), eine Voraussetzung für die Verallgemeinerbarkeit der Studienergebnisse darstellen: Zur Gewährleistung der empirischen Belastbarkeit der Studienergebnisse ist es sinnvoll, dass keine der vier Kontextkombinationen (Tab. 5.15 in 5.9.3) zufallsbedingt nur von Schülerinnen und Schülern bearbeitet wird, die alle überdurchschnittlich gut zeichnen und nur sehr wenige Schwierigkeiten bzw. Fehler zeigen. Um also, wie eingangs dargestellt, die im Untersuchungsfeld vorhandene und die für die Forschungsfragestellung relevante

Heterogenität abzubilden (Kelle & Kluge, 2010, S. 109), sollte jede der vier Kontextkombinationen von mindestens einer/einem überdurchschnittlich Zeichnenden, einer/einem durchschnittlich Zeichnenden sowie einer/einem unterdurchschnittlich Zeichnenden bearbeitet werden. Neben der Einschätzung der Lehrkräfte sind auch die Noten in den Fächern Biologie und Kunst (Tab. 6.1) mögliche Indikatoren für Heterogenität, die jedoch nicht als Kriterium zur Stichprobenziehung herangezogen wurden, da sie unspezifischer für das Zeichnen sind.

An der Schule der Ersterhebung (Schule 1) wurden von den Biologielehrkräften 317 Anschreiben an Eltern sowie Schülerinnen und Schüler ausgehändigt. In den Anschreiben an die Schulleitung, Lehrkräfte, Eltern und Schülerinnen und Schüler wurden keine Hinweise darauf gegeben, welche Repräsentationstypen die Schülerinnen und Schüler konstruieren sollten. Die inhaltliche Vorbereitung der Teilnehmenden auf die konkreten Zeichenanlässe konnte dadurch weitestgehend ausgeschlossen werden.

Insgesamt zeigten 19 Schülerinnen und Schüler Interesse an einer Teilnahme. Davon meldeten sich zwei Schüler vor dem Ende des Erhebungszeitraums ab, sodass sich für die erste Schule 17 Teilnehmende ergaben, wovon vier der siebten Klassenstufe, fünf der achten Klassenstufe und acht der zehnten Klassenstufe angehörten. Die Teilnahmequote beträgt ca. 5.4%.

Da Lehrkräfte über ein fundiertes diagnostisches Einschätzungsvermögen verfügen (Praetorius et al., 2012), wurden die Lehrkräfte, die die Teilnehmenden unterrichteten, gebeten, ihre Schülerinnen und Schüler basierend auf bisherigen Zeichenanlässen als überdurchschnittliche, durchschnittliche oder unterdurchschnittliche Zeichnende einzuschätzen. Vor dem Hintergrund der vier Kontextkombinationen (5.9.3) und der genannten drei zeichnerischen Niveaustufen lag die Mindestgröße der Stichprobe bei zwölf Teilnehmenden. Für jede Kontextkombination wurde daher so lange erhoben, bis jede zeichnerische Niveaustufe mindestens einmal abgedeckt war. Dabei handelt es sich in Anlehnung an Kelle und Kluge (2010) um ein kriteriengesteuertes Verfahren der Stichprobenziehung. Gleichzeitig galt es, die Erhebung so lange fortzuführen, bis keine weiteren zeichnerischen Schwierigkeiten mehr identifiziert werden konnten (Döring & Bortz, 2016). Da eine nachträgliche Akquise zu einem erheblichen Mehraufwand geführt hätte und die Anzahl der Doppelungen der zeichnerischen Niveaustufen gering ausfiel, wurden die Teilnehmenden mit redundanter Niveaustufe nicht abgelehnt.

Nach der Ersterhebung, die zwischen dem 21. November und dem 18. Dezember 2018 an 16 Tagen¹ stattfand, fehlten in der siebten Klassenstufe mindestens eine durchschnittlich Zeichnende bzw. ein durchschnittlich Zeichnender sowie in der achten Klassenstufe mindestens eine überdurchschnittlich Zeichnende bzw. ein überdurchschnittlich Zeichnender (Tab. 6.1). Die Zweit-/Nacherhebung erfolgte im Zeitraum vom 17. bis 19 Juni 2019 (Schule 2). Bedarfsorientiert wurde gezielt für die siebte und achte Klassenstufe akquiriert. Fünf den Anforderungen entsprechende Teilnehmende konnten gefunden werden, wobei ein Teilnehmer nach der Erhebung aus der Bewertung genommen werden musste, da sich nachträglich herausstellte, dass dieser bereits in der neunten Klassenstufe war. In der tabellarischen Darstellung der Probandinnen und Probanden wurden die Namen der Teilnehmenden jeweils durch ein Pseudonym ersetzt (Tab. 6.1).

Tabelle 6.1 Ausgewählte Merkmale und Pseudonyme der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler

Schülerin/ Schüler	Aufgaben- heft	Pseudonym	Ge- schlecht	Einschätzung einer Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst	Schule
S7A	7a	Laura	W	überdurchschnittlich	2	1	1
S7B	7a	Isabelle	W	überdurchschnittlich	1	1	1
S7C	7b	Nathalie	W	unterdurchschnittlich	3	2	1
S7D	7b	Jonas	M	überdurchschnittlich	3	2	1
S7E	7a	Florian	M	durchschnittlich	1.5 ^a	2	2
S7F	7b	Mara	W	unterdurchschnittlich	2	2	2
S8A	8b	Sara	W	unterdurchschnittlich	2	1	1
S8B	8b	Lisa	W	durchschnittlich	2	1.5 ^a	1
S8C	8a	Nora	W	durchschnittlich	2	1	1
S8D	8a	Johanna	W	durchschnittlich	3	2	1
S8E	8a	Sofia	W	durchschnittlich	2	1	1
S8F	8b	Emma	W	unterdurchschnittlich	2	1	2
S8G	8a	Ben	M	überdurchschnittlich	2	2	2
S10.1A	10.1a	Klara	W	überdurchschnittlich	1.5 ^a	1	1
S10.1B	10.1a	Paul	M	unterdurchschnittlich	2	2.5 ^a	1
S10.1C	10.1b	Carolin	W	durchschnittlich	1.5 ^a	2	1
S10.1D	10.1b	Leah	W	durchschnittlich	3	2.5 ^a	1
S10.2A	10.2a	Hannah	W	überdurchschnittlich	1	2	1
S10.2B	10.2a	Melinda	W	überdurchschnittlich	3	2	1
S10.2C	10.2b	Victoria	W	durchschnittlich	1.5 ^a	1	1
S10.2D	10.2b	Pablo	M	unterdurchschnittlich	2	3	1

Anmerkung. ^a Bei einer ungenauen Angabe der Noten durch die Schülerinnen und Schüler (z. B. „Eine Eins oder eine Zwei.“, S7E), wurde das arithmetische Mittel gebildet (5.8).

¹ Die hohe Anzahl an Erhebungstagen resultiert aus den umfangreichen technischen Vorbereitungen im Vorfeld jeder Durchführung (5.10.2). Teilweise wurden vereinbarte Termine von den Teilnehmenden trotz Erinnerung vergessen und ein neuer Termin musste gefunden werden.

Von den 21 Teilnehmenden waren fünf männlich (23.8 %). Ohne die Abmeldung der zwei Teilnehmer an der Schule der Ersterhebung und dem nachträglichen Entfernen eines Teilnehmers aus der Zweit-/Nacherhebung wäre das Geschlechterverhältnis ausgeglichener. Eine gezielte Nacherhebung zum Ausgleich des Geschlechterverhältnisses fand nicht statt. Aus der Perspektive interviewter Lehrkräfte spielt das Geschlecht der Zeichnenden keine wesentliche Rolle beim Aufkommen von Schwierigkeiten beim Zeichnen (Scherb & Nitz, 2020).

7. Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse

Nachfolgend wird zunächst ein Überblick über die jeweilige Methode der Datenaufbereitung, -auswertung bzw. -analyse gegeben (7.1) bevor in den anschließenden Unterkapiteln (7.2-7.10, 7.12-7.14) auf die jeweiligen Verfahren näher eingegangen wird. Unterkapitel 7.11 verdeutlicht, dass die zur Beantwortung der Forschungsfragen relevanten Ergebnisse der einzelnen Auswertungsschritte systematisch in teilstrukturierte Schülerprofile (Anhang 7) überführt wurden. Letztere waren neben der Videospur ein übersichtliches Format, das zur Identifikation von manifesten Schwierigkeiten herangezogen wurde (Abb. 7.2 in 7.12.1). Ebenso stellten die Schülerprofile neben der test- und phasenbezogenen Auswertung (Anhang 9) die Grundlage für die Kontrastierung von Fällen (9.4) und die Anfertigung der Fallbeschreibungen (9.5, Anhang 10) dar. Sämtliche zur Qualitätssicherung angewendeten Maßnahmen (z. B. Intercoder-Übereinstimmung) werden zentral in Kapitel 8 erörtert.

7.1 Überblick

Auf Grund des unterschiedlichen Datenmaterials (z. B. Testbögen des LGVT, Audio- und Videoaufnahmen, Zeichnungen, Selbsteinschätzungsaussagen mit vierstufiger Likert-Skala) war der Einsatz unterschiedlicher Methoden der Datenaufbereitung, -auswertung bzw. -analyse notwendig. Tabelle 7.1 liefert hierzu eine Übersicht.

Eine inhaltliche Auswertung des Warm-Ups zum lauten Denken war nicht notwendig, da es lediglich die Funktion erfüllte, die Schülerinnen und Schüler im Vorfeld mit der Methode des lauten Denkens vertraut zu machen, sodass es während der Anfertigung der Zeichnungen automatisiert ablaufen konnte und keine zusätzlichen kognitiven Ressourcen in Anspruch nahm (5.3). Die Auswertung der Testhefte des LGVT (5.4) und die Ermittlung der Lesegeschwindigkeit und des Leseverständnisses erfolgte gemäß Schneider et al. (2007; 7.2). Die Audioaufzeichnungen der Interviewfragen zur fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung (5.5.1) wurden transkribiert (7.3). In diesem Zusammenhang wurde die Anzahl der genannten kontextrelevanten Informationen erfasst (7.5.1). Weiterhin wurden die Zeichnungen pflanzlicher und tierischer Zellen, die im Zuge des Zeichnen-Tests entstanden (5.5.2), auf Grundlage von Kriterien zur Beurteilung von Zeichnungen (7.4) eingeschätzt sowie inhaltlich ausgewertet (7.5.2). Die ermittelten Werte für beide Zeichnungen wurden gemeinsam mit der Einschätzung der Lehrkräfte und der Noten im Fach Biologie und Kunst (5.7) in das jeweilige Schülerprofil überführt. Die angefertigten Ablaufdiagramme und mikroskopischen Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler wurden, ebenso wie die Zeichnungen des Zeichnen-Tests, auf Grundlage von Kriterien zur Beurteilung von Zeichnungen (7.4)

bewertet (7.6). Zudem wurden die Audioaufzeichnungen des lauten Denkens, das parallel zum Zeichnen erfolgte, transkribiert (7.3, 7.7). Auch die Audioaufzeichnung zu den kontextbezogenen Verständnisfragen (5.6) sowie die der mündlichen Reflexionsfragen (5.7.2) wurden transkribiert und ausgewertet (7.8, 7.9). Die Antworten auf den Selbsteinschätzungsbögen wurden in tabellarische Form überführt (7.9). In Ergänzung dazu wurde die Leistung der Teilnehmenden durch die Verbindung von Prozess (Dauer der Aufgabenbearbeitung) und Produkt (Gesamtpunktzahl, Anzahl der Elemente und Relationen) ermittelt (7.10). In Unterkapitel 7.12 erfolgt die Darstellung der zur Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern durchgeführten qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015). Die anschließend beschriebene Tätigkeitsanalyse (7.13) ermittelte auf Grundlage der Videoaufnahmen die Tätigkeitsabfolge während der Anfertigung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen und quantifizierte diese (Anhang 7, Anhang 9.6, Anhang 9.7). Abschließend wird der Vorgang der Typenbildung dargestellt (7.14).

Tabelle 7.1 Übersicht zur Datenaufbereitung, -auswertung bzw. -analyse

Datenmaterial (Referenzkapitel)	Methode(n) der Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse (Referenzkapitel)
Audioaufnahmen zum Warm-Up des lauten Denkens (5.3.2)	Inhaltliche Auswertung nicht relevant für die Beantwortung der Forschungsfragen
Testhefte (5.4) des LGVT: Lesegeschwindigkeits- und -verständnistests	Auswertung nach Schneider et al. (2007), Ermittlung der PR-Werte (7.2)
Audioaufnahmen der Interviewfragen zur fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung (5.5.1)	Transkription (7.3) und Auswertung der relevanten kontextbezogenen Informationen (7.5.1)
Zeichnungen pflanzlicher und tierischer Zellen des Zeichnen-Tests (5.5.2)	Auswertung der Zeichnung auf Grundlage der Kriterien zur Beurteilung von Zeichnungen (7.4.2 7.5.2)
Audioaufnahmen zum Lauten Denken (5.3)	Transkription (7.3 7.7)
Audioaufnahmen der Verständnisfragen zum Kontext (5.6)	Transkription und Auswertung mittels Kategoriensystem (7.3 7.9)
Videoaufnahmen zum Zeichenprozess a) Ablaufdiagramme (5.1, 5.10) b) mikroskopische Zeichnungen (5.2, 5.10)	Entwicklung eines Kategoriensystems zu Schwierigkeiten (7.12) und Tätigkeiten (7.13) und Anwendung im Rahmen der Analyse
Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler a) Ablaufdiagramme (5.1, 5.10) b) mikroskopische Zeichnungen (5.2, 5.10)	Auswertung der Zeichnung auf Grundlage von Kriterien zur Beurteilung von Zeichnungen (7.4 7.6), Berechnung der Leistungen der Schülerinnen und Schüler (7.10)
Selbsteinschätzungsbögen (5.7.1)	Überführung in tabellarische Form (7.9)
Audioaufnahmen der mündlichen Reflexionsfragen (5.7.2)	Transkription und Auswertung (7.3 7.9)
Einschätzungen der Lehrkräfte, Noten im Fach Biologie und Kunst (5.8)	Unmittelbare Überführung in die Schülerprofile (Anhang 7)

7.2 Auswertung der LGVT-Testhefte

Die Auswertung der LGVT-Testhefte umfasste sowohl die Ermittlung der Lesegeschwindigkeit als auch die des Leseverständnisses. Die Auswertungen erlauben es, zwischen den einzelnen Schülerinnen und Schülern zu vergleichen.

Lesegeschwindigkeit

Die Textgrundlage des LGVT umfasst 1727 Wörter. Die Anzahl der Wörter, die die Schülerinnen und Schüler davon innerhalb von vier Minuten gelesen haben, wurde mit der jeweils zutreffenden Normtabelle aus Schneider et al. (2007) abgeglichen. Der mit der Wortanzahl assoziierte Prozentrang (*PR*) hilft dabei, die Lesegeschwindigkeit der Teilnehmenden innerhalb der Klassenstufe und des Schultyps zu vergleichen. Ein Prozentrang zwischen 96-100 steht dabei für eine ausgezeichnete, 76-95 für eine überdurchschnittliche, 51-75 für eine durchschnittliche (oberer Durchschnitt), 26-50 für eine durchschnittliche (unterer Durchschnitt), 11-25 für eine unterdurchschnittliche, 6-10 für eine schwache und 0-5 für eine sehr schwache Leistung (Schneider et al., 2007, S. 20). Wird für eine Schülerin oder einen Schüler beispielsweise ein Prozentrang von 37 ($PR = 37$) ermittelt, bedeutet dies, dass 37% der Schülerinnen und Schüler aus der Normierungsstichprobe ($N = 2390$) die gleiche oder eine schlechtere Leistung zeigten. Somit schneidet die Schülerin oder der Schüler zugleich schlechter ab als 63% der Schülerinnen und Schüler aus der Normierungsstichprobe.

Leseverständnis

Der LGVT umfasst 23 Textstellen, an denen jeweils drei Wörter vorgeschlagen sind. Es passt jeweils nur eine der drei Alternativen in den Textzusammenhang. Haben die Schülerinnen und Schüler die richtige Antwortalternative ausgewählt, erhalten sie pro Textstelle zwei Punkte. Wurde die falsche Alternative ausgewählt, erhalten sie einen Punkt Abzug bzw. keinen Punkt, wenn keine Textstelle ausgewählt wurde (Schneider et al., 2007). Die Rohpunktzahl, d. h. die Summe aller vergebenen Punkte, wurde im Anschluss errechnet und mit der jeweils zutreffenden Normtabelle aus Schneider et al. (2007) verglichen. Der abgelesene Prozentrang (*PR*) hilft dabei, das Leseverständnis der Teilnehmenden innerhalb der Klassenstufe und des Schultyps zu vergleichen. Die *PR*-Wertebereiche für die Leistungsniveaus der Schülerinnen und Schüler entsprechen denen der Lesegeschwindigkeit.

7.3 Transkription der Audioaufzeichnungen

Während den unterschiedlichen Erhebungsphasen wurden Audioaufzeichnungen angefertigt, die vor der weiteren Auswertung zunächst transkribiert werden mussten. Inhaltlich umfassen die Audioaufnahmen die Interviews zur fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung (5.5), die beiden Phasen des lauten Denkens (5.3.3) sowie das abschließende Interview, das die Verständnisfragen zum Kontext (5.6) und die mündlichen Reflexionsfragen beinhaltet (5.7.2). Wie in Unterkapitel 5.9.1 beschrieben, wurde die Kamera erst mit Beginn der Untersuchungsphase B eingeschaltet, also nach der Durchführung des LGVT. Die Transkription wurde nicht an wissenschaftliche Hilfskräfte ausgelagert, sondern von dem Versuchsleiter und Autor durchgeführt. Das dadurch erworbene Verständnis des Materials, ebnet den Weg für eine fundiertere Auswertung (Döring & Bortz, 2016, S. 368). Es erfolgte keine vollständige Transkription der Audiospuren, da nicht alle aufgenommenen Passagen im Erkenntnisinteresse der Arbeit stehen (z. B. Warm-Up zum lauten Denken). Eine Teiltranskription ist aus forschungspragmatischer und -ökonomischer Sicht legitim, wenn die Transkription und die Analyse von derselben Person durchgeführt werden und diese einen Überblick über das relevante Datenmaterial hat (Döring & Bortz, 2016, S. 583). Die Teiltranskription wurde an inhaltsbedeutsamen Stellen, d. h. während aller Interviewphasen und während des lauten Denkens, ausgesetzt, da Selektionsentscheidungen zu einer ungewollten Interpretation führen können; an diesen Stellen war daher eine vollständige Transkription vorzuziehen (Schreier, 2013b). Das Transkriptionssystem, das die angewendeten Transkriptionsregeln umfasst, ist vor dem Hintergrund des Untersuchungsziels festzulegen (Döring & Bortz, 2016, S. 583). Auf die detaillierte Wiedergabe von Sprechpausen und die Darstellung der Betonung einzelner Wörter wird vor dem Hintergrund der Untersuchungsziele dieser Studie verzichtet. Im theoretischen und empirischen Teil dieser Arbeit sowie in Anhang 10 (Fallbeschreibungen) wurde, im Gegensatz zu den Anhängen 6 (Transkripte) und 7 (Schülerprofile), auf die Darstellung von Sprechpausen zur besseren Lesbarkeit verzichtet. Die vereinfachten Transkriptionsregeln entstanden angelehnt an Dresing und Pehl (2010), Przyborski und Wohlrab-Sahr (2014) und Selting et al. (2009). Sie setzen sich wie nachfolgend dargestellt zusammen:

Transkriptionsregeln

- 1: An inhaltsbedeutsamen Stellen, d. h. während den Interviewphasen und während des lauten Denkens, wird vollständig und wörtlich transkribiert.
- 2: Eine geringfügige Glättung der Aussagen ist möglich, wenn diese nicht den Aussagegehalt verfälscht.

- 3: Der Sprecherwechsel wird durch einen Zeilenumbruch gekennzeichnet. Diese Regel ist innerhalb eines zusammengehörigen Textabschnittes (z. B. Transkript zum lauten Denken) zur Verbesserung des Leseflusses ausgesetzt. Die Aussage des Versuchsleiters steht in diesem Fall innerhalb der zugehörigen Textpassage in eckigen Klammern: z. B. [E: Versuche bitte, etwas lauter zu sprechen.]
- 4: Dialekt wird bereinigt.
- 5: Fehlende Silben werden ergänzt.
- 6: Die Interpunktion orientiert sich an der Intonation der Teilnehmenden. Sie entspricht dadurch nicht zwangsläufig den grammatikalischen Regeln, ermöglicht aber leichter das Verständnis zusammengehöriger Sinneinheiten.
- 7: Wiederholt benutzte Wörter werden nur einfach transkribiert (z. B. „ich *ich* weiß nicht, wie ich hier weitermachen soll“).
- 8: Sprechpausen überbrückende Ausdrücke (z. B. „äh“, „öh“) werden nicht transkribiert.
- 9: Rezeptionssignale (z. B. „hm“) werden nur dann transkribiert, wenn diese eine inhaltliche Relevanz für die Textstelle besitzen.
- 10: Ergänzend werden die in der Transkriptionslegende genannten Kürzel verwendet.

Transkriptionslegende

E	Interviewer entspricht Versuchsleiter
T	Interviewte oder Interviewter
lacht	Interviewte oder Interviewter lacht
[Frage], [Phase]	Zur schnelleren Navigation innerhalb der Transkripte werden die Untersuchungsphasen (z. B. Zeichnen-Test) und Kürzel der Fragen (z. B. Vor_MZ_5) jeweils durch Fettdruck hervorgehoben. Die gestellten Fragen sind dabei unterstrichen dargestellt.
[unverständl.]	Unverständliche Aussage
[...]	Nicht transkribierte Ausführung
[_]	Sprechpause
[Deiktische Explikation]	Orts-, Personen- und Zeitdeixis (z. B. Klein, 2001) folgt eine Erläuterung in eckigen Klammern, z. B. „Ich zeichne jetzt hier [rechts am Rand] weiter“.

[*Hinweis*] Ein Einschub in eckigen Klammern (vgl. 5.10.1) wird ergänzt, wenn ein Zusammenhang zweifelsfrei in der Videospur, jedoch nicht in der Audiospur deutlich wird, z. B. „Und die [*Mineralsalze*] sind ...“.

Auf das **Redigieren** der Transkripte wurde weitestgehend verzichtet, da damit bereits eine Interpretation der Transkripte einhergeht (Krüger & Riemeier, 2014, S. 138). Redigieren umfasst nach Krüger und Riemeier (2014) die Operationen: Paraphrasieren, Selegieren, Auslassen und Transformieren. Beim Überarbeiten der Transkripte wurde paraphrasiert, indem eine leichte Glättung der Aussagen stattfand, insofern sich dadurch nicht der Aussagegehalt veränderte (vgl. 2. Transkriptionsregel). Auf die Operationen des Selegierens und Auslassens wurde verzichtet, da die Identifikation von geäußerten Schwierigkeiten erschwert oder gar verhindert wird, wenn die verbalen Protokolle ihre ursprüngliche Struktur verlieren und sich die Reihenfolge der Aussagen verändert. Paraphrasieren hat zum Ziel, dass Aussagen losgelöst für sich verständlich werden (Krüger & Riemeier, 2014, S. 138). Dies wurde, wie in der Transkriptionslegende und in Unterkapitel 5.10.1 bereits deutlich gemacht, durch verschiedene Einschübe in eckigen Klammern realisiert. Nachfolgend ist ein Ausschnitt eines Transkripts dargestellt (inklusive Sprechpausen), der die Anwendung des vorgestellten Transkriptionssystems demonstriert (Tab. 7.2).

Tabelle 7.2 Ausschnitt des Transkripts Teil B von Jonas (S7D; Anhang 6.1)

1	Kontext 2: Ablaufdiagramm
2	E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. <u>Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.</u>
3	T: [...] Was ist "vgl."? [E: Vergleiche.] [<i>Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.</i>] Die Bäume. Erstmal den Boden, dann auch Bäume. [] [<i>unverständl.</i>] Die Blätter kann ich so zeichnen, wie sie sind. So zeichnen, dass man auch erkennt, dass es Bäume sind. [] Und hier noch so ein Baum. [<i>Der Schüler zeichnet die Umriss einer Fabrikanlage.</i>] Eine etwas kleinere Fabrik und Rauch. [] Hier steigt Rauch hoch zu den Bäumen. Und wenn dann mal zu viel Sonne scheint, hier ist zum Beispiel ein See, verdunstet das Wasser [<i>zeichnet die Verdunstung über der Wasseroberfläche und über den Bäumen ein</i>] geht noch zu den Bäumen dazu und wenn es dann regnet, kommt der Schaden von den Regentropfen und von der Fabrik hauptsächlich [] hier auf die Bäume. Das schadet den Bäumen und dadurch können die schneller verrotten und kleinere Bäume oder generell Pflanzen wachsen nicht so schnell, das dauert dann länger. [] Sonst gibt es eigentlich nicht mehr dazu zu sagen.
4	Kontext 2: Verständnisfragen
5	E: [Ver_AD_1] <u>Erkläre die Entstehung des sauren Regens.</u>
6	T: Der Rauch von Häusern und von Fabriken steigt auf und es bilden sich Wolken. Wenn stark die Sonne scheint, zum Beispiel auf einen See, steigt Wasserdampf auf und so bildet sich auch Regen, nur, dass jetzt auch noch die Schadstoffe der Fabrik oder von den Häusern dabei sind, wenn zum Beispiel Holz oder Chemikalien verbrannt werden. Mit dem Regen kommen auch die Chemikalien und das geht dann auf die Bäume und das schadet den Bäumen und anderen Pflanzen beim Wachsen oder die können dann auch kaputtgehen.

7.4 Kriteriengeleitete Beurteilung der Zeichnungen

Die schulische Leistungsbeurteilung kann sich an einer individuellen, sozialen oder sachlichen bzw. kriterialen Bezugsnorm ausrichten (Harms, 2020; Rheinberg, 2001; 3.7). Das Anlegen einer sachlichen Bezugsnorm erfordert die Verwendung von Kriterien, anhand derer die Beurteilung erfolgt (Sacher, 2014). Bezogen auf den Unterricht wird an verschiedenen Stellen auf die Beurteilung von Zeichnungen anhand von Kriterien verwiesen (z. B. KMK, 2020; Scherb, 2018; Wolowski & Scherb, 2022; 3.6). Auch ist die Beurteilung von Schülerzeichnungen anhand von Kriterien in Studien zum Zeichnen eine gängige Praxis (vgl. z. B. Widodo et al., 2019). Zur Bewertung der Qualität der Zeichnungen fiel die Wahl auf eine Sammlung von Kriterien, die deduktiv entwickelt, im Rahmen von Lehrerinterviews bestätigt und induktiv erweitert wurden (Feld, 2016; Scherb, 2015; Scherb & Nitz, 2020).

Nachfolgend wird dargestellt, welche Kriterien bei der Beurteilung der jeweiligen Repräsentationsform zum Einsatz kamen (7.4.1, 7.4.2) und welche Ausprägungen die Einschätzungen umfassen konnten (7.4.3). Insgesamt mussten pro Schülerin bzw. Schüler vier Zeichnungen beurteilt werden. Die Kriterien zur Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen sowie die Beurteilungsskala wurden in geringfügig veränderter Form bereits in Scherb und Wolowski (2020) sowie Wolowski und Scherb (2022) veröffentlicht.

7.4.1 Kriterien zur Beurteilung der Ablaufdiagramme

Wie nachfolgend berichtet, wurden zur Beurteilung der Ablaufdiagramme sechs Kriterien herangezogen: [1] Blatteinteilung und Größe der Zeichnung, [2] Sauberkeit, [3] Verstehen ohne gelesen, [4] Vollständigkeit Elemente, [5] Vollständigkeit Relationen, [6] Zweckmäßige Strukturierung. Tabelle 7.3 beschreibt die inhaltliche Dimension des jeweiligen Kriteriums. Die genannten Kriterien gehen aus der eingangs erwähnten Interviewstudie mit Lehrkräften hervor (Scherb & Nitz, 2020 sowie Feld, 2016; Scherb, 2015). Das erste Kriterium beurteilt die angemessene Blatteinteilung vor dem Hintergrund des zur Verfügung stehenden Raums sowie die Größe der Zeichnung. Das zweite Kriterium bezieht sich auf die Sauberkeit der Zeichnung. Das dritte Kriterium ist spezifisch für die Studie und bezieht sich auf das Maß der Umsetzung der Aufgabenstellung: *Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat* (5.1.4). Das vierte und fünfte Kriterium erfassen, inwiefern alle im Text genannten Textinformationen (Elemente) und Zusammenhänge (Relationen) dargestellt sind. Diese beiden inhaltsbezogenen Kriterien sind auf die beiden von Lehrkräften am häufigsten genannten Beurteilungskriterien zurückzuführen, nämlich „Exakte und vollständige Darstellung“ sowie „Exakte und vollständige Beschriftung“ (Feld, 2016, S. 215 f.; Scherb, 2015, S. 268 f.). Diese wurden im

Hinblick auf die Beurteilung von Ablaufdiagrammen sprachlich angepasst. Die Kriterien vier und fünf heißen daher: Vollständigkeit Elemente, Vollständigkeit Relationen. Das sechste Kriterium erfasst, inwiefern die Textinformationen und deren Beziehungen zueinander im Schaubild zweckmäßig dargestellt sind.

Für die Beurteilung der Ablaufdiagramme entfielen die Kriterien „Umrandung der Zeichnung mit Lineal gezogen“ (Feld, 2016, S. 216; Scherb, 2015, S. 270), und „Angemessenheit von Hand- und Druckschrift“ (Feld, 2016, S. 217; Scherb, 2015, S. 270), da die Lehrkräfte in der Interviewstudie hierzu kontroverse Ansichten berichteten. Das Kriterium „bewusster Einsatz von Farbe“ (Scherb, 2015, S. 267) wurde ebenso nicht zur Beurteilung herangezogen, da die Verwendung von Farbe für die Überführung der Textinformationen in das Schaubild der Schülerinnen und Schüler nicht relevant war.

Tabelle 7.3 Kriterien zur Beurteilung von Ablaufdiagrammen

Kriterium	Erklärung
Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Größe der Zeichnung geeignet ist, um alle Inhalte eindeutig voneinander abzugrenzen und die Zeichnung vor diesem Hintergrund leicht erschlossen werden kann. Das Kriterium berücksichtigt auch, ob die Position der Zeichnung auf dem Arbeitsblatt sinnvoll gewählt und inwieweit die zur Verfügung stehende Fläche genutzt wurde.
Sauberkeit	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Zeichnung frei von deutlich sichtbaren Korrekturspuren ist und Strukturen nicht von anderen Strukturen überzeichnet wurden. Bei der Darstellung der Strukturen sollte auf unsauberes Korrigieren und offensichtliches Durchstreichen verzichtet werden. Auch schließt das Kriterium den nachvollziehbaren Verlauf von Linien ein. Auf die Verwendung von sehr dünnen oder gestrichelten Linien, die gesehene Strukturen nur grob andeuten, sollte dabei verzichtet werden.
Verstehen ohne gelesen	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern es möglich ist, die Abbildung zu verstehen, ohne dass der Text zum Verständnis des Schaubilds gelesen werden muss.
Vollständigkeit Elemente	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die im Text genannten und die zur Konstruktion des Ablaufdiagramms notwendigen Textinformationen (Elemente) vollständig abgebildet wurden.
Vollständigkeit Relationen	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die im Text genannten und die zur Konstruktion des Ablaufdiagramms notwendigen Zusammenhänge (Relationen) zwischen Textinformationen (Elementen) vollständig abgebildet wurden.
Zweckmäßige Strukturierung	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Strukturierung der Darstellung für das Verständnis zuträglich ist.

Anmerkung. Die Erklärungen sind an die Kategoriendefinitionen aus dem Kategoriensystem von Scherb (2015, S. 266–273) zu den Kriterien der Beurteilung von Zeichnungen angelehnt.

7.4.2 Kriterien zur Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen

Die Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen sowie der beiden Darstellungen des Zeichnen-Tests erfolgte auf der Basis von neun Kriterien: [1] Abstraktionsgrad, [2] Beschriftung und Beschriftungslinien, [3] Blatteinteilung und Größe der Zeichnung, [4] keine

Schraffur, kein Punkten, kein Ausmalen, [5] Linienführung, [6] objektive Darstellung, [7] Sauberkeit, [8] Verwendung von Bleistift, [9] Vollständigkeit der Strukturen. Die Erläuterung der Kriterien erfolgt in Tabelle 7.4.

Tabelle 7.4 Kriterien zur Beurteilung von mikroskopischen Zeichnungen

Kriterium	Erklärung
Abstraktionsgrad	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die zeichnerische Darstellung dem mikroskopischen Original ähnelt und den inhaltlichen Anforderungen (z. B. einer Aufgabenstellung) entspricht.
Beschriftung und Beschriftungslinien	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Zeichnung vollständig und fehlerfrei beschriftet ist. Auch berücksichtigt das Kriterium, ob Beschriftungslinien parallel und überschneidungsfrei verlaufen.
Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Größe der Zeichnung geeignet ist, um alle Strukturen eindeutig voneinander abzugrenzen und die Zeichnung vor diesem Hintergrund leicht erschlossen werden kann. Das Kriterium berücksichtigt auch, inwiefern die Position der Zeichnung auf dem Arbeitsblatt sinnvoll gewählt und inwiefern die zur Verfügung stehende Fläche genutzt wurde.
Keine Schraffur, kein Punkten, kein Ausmalen	Dieses Kriterium beurteilt, inwieweit die dargestellten Strukturen weder schraffiert, gepunktet noch ausgemalt wurden.
Linienführung	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Linien durchgehend und in ihrem Verlauf nachvollziehbar gezeichnet wurden. Auf die Verwendung von sehr dünnen oder gestrichelten Linien, die gesehene Strukturen nur grob andeuten, sollte dabei verzichtet werden.
Objektive Darstellung	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern das Gezeichnete frei von subjektiven Verzerrungen ist, die die Sachlichkeit der Zeichnung verringern. Beispiel: geschlossen dargestellte Zellen (objektiv), deformierte Zellen in Dachziegelstruktur (subjektiv verzerrt).
Sauberkeit	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Zeichnung frei von deutlich sichtbaren Korrekturspuren ist und Strukturen nicht von anderen Strukturen überzeichnet wurden. Bei der Darstellung der Strukturen sollte auf unsauberes Korrigieren und offensichtliches Durchstreichen verzichtet werden.
Verwendung von Bleistift	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Zeichnung ausschließlich mit Bleistift angefertigt wurde.
Vollständigkeit der Strukturen	Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die im Präparat zu sehenden oder die in der Aufgabengestellung geforderten Strukturen vollständig abgebildet wurden.

Anmerkung. Die Erklärungen sind an die Kategoriendefinitionen aus dem Kategoriensystem von Scherb (2015, S. 266–273) zu den Kriterien der Beurteilung von Zeichnungen angelehnt.

Wie einleitend in Unterkapitel 7.4 angemerkt, entsprechen die Kriterien häufig verwendeten Beurteilungskriterien aus der Praxis. Neben diesen neun Kriterien gaben die befragten Lehrkräfte wenige weitere Kriterien an, die im Rahmen dieser Studie nicht angewendet wurden: Das Kriterium „angemessener Bildausschnitt“ (Scherb, 2015, S. 266) entfiel, da der Bildausschnitt bei der anzufertigenden mikroskopischen Zeichnung auf Grund des Standardisierungsbestrebens (5.2.1) vorgegeben und beim Zeichnen-Test nicht relevant war, da die zu zeichnende Anzahl an Zellen aus der Aufgabenstellung hervorging. Wurde der vorgegebene Bildausschnitt missachtet, so wurde dies separat als Fehler erfasst (Abb. 7.4 in 7.12.2). Ebenso musste das Kriterium „Erfüllung kriterienbezogener Vorgaben“ (Feld, 2016, S. 216;

Scherb, 2015, S. 269) entfallen, das aufzeigt, inwiefern die Lernenden beim Zeichnen die von der Lehrkraft im Vorfeld genannten Vorgaben umgesetzt haben. Die Anwendung dieses Kriteriums wäre nicht zielführend gewesen, da den Schülerinnen und Schülern zur Aufdeckung eines möglichen breiten Spektrums an Schwierigkeiten (Forschungsfrage 2.1) keine Vorgaben zur Darstellung der mikroskopischen Strukturen gemacht wurden. Das von den Lehrkräften genannte Kriterium „Beschränkung der Zeichnung auf das Gesehene“ (Scherb, 2015, S. 270) ist wiederum in das Kriterium Objektive Darstellung eingeflossen. Die Kriterien „Umrandung der Zeichnung mit Lineal gezogen“ (Feld, 2016, S. 216; Scherb, 2015, S. 270), und „Angemessenheit von Hand- und Druckschrift“ (Feld, 2016, S. 217; Scherb, 2015, S. 270) entfielen, da die Lehrkräfte hierzu kontroverse Ansichten berichteten.

7.4.3 Beurteilungsskala

Für jedes Kriterium muss ein geeigneter Beurteilungsmaßstab gefunden werden (Sacher, 2014). Dabei können Kriterien erreicht, verfehlt oder übertroffen werden (Klauer, 1987). Soll das Maß, in dem ein Kriterium realisiert wurde, differenzierter eingeschätzt werden, kann eine feinere Stufung vollzogen werden (Klauer, 1987). Die vorgestellten Bewertungskriterien zur Beurteilung von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen können zwar erreicht oder verfehlt, aber nicht übertroffen werden. Beispielsweise ist eine Zeichnung entweder vollständig, teilweise oder gar nicht zweckmäßig strukturiert, wobei *teilweise* beliebig viele Ausprägungen annehmen kann.

Die Differenzierung von *teilweise* zwischen den Polen *gar nicht* und *vollständig* wurde im Rahmen der Studie mit fünf äquidistanten Abstufungen vorgenommen. Ein Kriterium konnte damit jeweils entweder gar nicht (0 Punkte), in Ansätzen (1 Punkt), teilweise (2 Punkte), mehrheitlich (3 Punkte) oder vollständig (4 Punkte) erfüllt sein. Diese fünffache Abstufung setzte sich gegenüber einer dreifachen Abstufung (gar nicht, teilweise, vollständig) durch, da die prozentuale Übereinstimmung für die fünffache Abstufung durchschnittlich höher ausfiel.¹ Die für die einzelnen Kriterien erzielten Punkte wurden zu einer Gesamtpunktzahl aufsummiert (Anhang 9.4, Anhang 9.5). Ein Vergleich zwischen den Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler ist dadurch schnell möglich.

¹ Hinsichtlich der verworfenen dreifachen Abstufung betrug die durchschnittliche prozentuale Übereinstimmung zwischen den Kodierenden bei der Beurteilung der Zeichnungen pflanzlicher Zellen im Zuge des Zeichnen-Tests 94.7%, bei der Beurteilung der Zeichnungen tierischer Zellen 96.3%, bei der Beurteilung der Ablaufdiagramme 89.7% und bei der Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen 95.2%. Die durchschnittlich höher ausgefallene prozentuale Übereinstimmung für die letztendlich verwendete Beurteilungsskala mit fünffacher Abstufung wird in Kapitel 8 gemeinsam mit der Intercoder-Übereinstimmung erläutert sowie differenziert nach den Beurteilungskriterien in Anhang 9.4 (Tab. A9.6, Tab. A9.7) und Anhang 9.5 (Tab. A9.11, Tab. A9.12) dargestellt.

7.5 Auswertung der fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung

Die Auswertung der Vorerfahrung der Schülerinnen und Schüler setzte sich aus der inhaltlichen Auswertung der Transkripte der Interviewfragen (7.5.1) sowie der Beurteilung der beiden im Rahmen des Zeichnen-Tests angefertigten Zeichnungen (7.5.2) zusammen. Die auf diese Weise aggregierten Daten wurden in die Schülerprofile übertragen.

7.5.1 Auswertung der Interviewfragen zur fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung

Die Audioaufzeichnungen zu den Interviewfragen der fachlichen und zeichnerischen Vorerfahrung (5.5.1) wurden gemäß des in Unterkapitel 7.3 beschriebenen Vorgehens transkribiert und redigiert. Bezogen auf Ablaufdiagramme wurden in den Transkripten im Anschluss alle Elemente markiert, die im Erwartungshorizont enthalten sind (Anhang 1). Für jeden relevanten Aspekt erhielten die Teilnehmenden einmalig einen Punkt. Aus der Summe der Punkte lässt sich grob abschätzen, wie viel Vorerfahrung die Lernenden bereits zum jeweiligen Kontext mitbringen. Die Gesamtpunktzahl wurde in das Schülerprofil aufgenommen. Tabelle 7.5 zeigt exemplarisch, dass in den Antworten von Carolin (S10.1C) zwei Textpassagen markiert wurden, die einen Bezug zum Erwartungshorizont aufweisen. Eine vollständige Übersicht zur Auswertung der Vorerfahrungen bietet Anhang 9.3.

Tabelle 7.5 Auswertung der Interviewfragen zur Vorerfahrung zum Kontext der Ablaufdiagramme am Beispiel von Carolin (S10.1C)

Kürzel	Interviewfrage	Antwort	Punkte
Vor_AD_1	Welchen Einfluss könnte unsere Ernährung auf die Entstehung von Krankheiten haben?	„Also wenn man zum Beispiel etwas Schlechtes isst, dann wird man ja auch krank oder wenn ein kranker Bauer Sachen weiterverkauft, dann können ja auch Krankheitserreger darauf sein und wenn man die selber isst, wird man auch krank und so kann sich das weiterentwickeln.“ (S10.1C, a3) ¹	0
Vor_AD_2	Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Was verstehst du unter diesem Begriff?	„Wir hatten den Herz-Kreislauf, aber nicht in Verbindung mit der Krankheit.“ (S10.1C, a5)	0
Vor_AD_3	Sind dir die Begriffe Herzinfarkt und Schlaganfall bzw. Hirninfarkt schon einmal begegnet? Erkläre doch bitte kurz die vier Begriffe und den Zusammenhang zwischen ihnen.	„Herzinfarkt ja. Wenn die Herzkranzgefäße verstopft sind, dann kann das Blut nicht mehr richtig fließen und das Herz schafft es einfach nicht diese Blockade zu lösen und bleibt halt stehen.“ (S10.1C, a7)	2
Gesamtpunktzahl			2

¹ Angaben in diesem Format beziehen sich auf die in Anhang 6 hinterlegten Transkripte. Das „a“ zeigt in diesem Fall an, dass sich das vorherige Zitat in *Transkript Teil A* wiederfinden lässt. Ein „b“ würde dahingegen für einen Fundort in *Transkript Teil B* stehen. Die Zahl „3“ bezieht sich auf die entsprechende Absatznummer des Transkripts.

Nach einem ähnlichen Prinzip wurde mit den berichteten Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler zum Mikroskopieren verfahren. Auch hier wurde die Auswertung im Anschluss in das Schülerprofil (Anhang 7) übernommen. Tabelle 7.6 zeigt für einige Antworten exemplarisch, wie die Daten aggregiert wurden. Dieses Vorgehen schließt nicht aus, dass das Transkript dennoch stellenweise bei der Analyse der Schwierigkeiten (7.12) im Original herangezogen wurde.

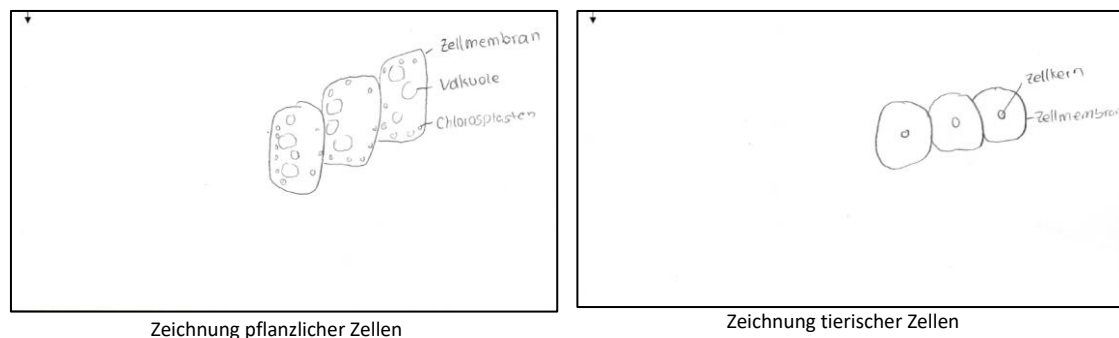
Tabelle 7.6 Auswertung der Interviewfragen zu den bisherigen Erfahrungen der Teilnehmenden im Umgang mit dem Mikroskop und zum mikroskopischen Zeichnen (Vor_MZ_1-7) sowie zu den Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler zum Kontext der mikroskopischen Zeichnungen (Vor_MZ_8 und Vor_MZ_9)

Kürzel	Interviewfrage	Antwort	Übertrag in das Schülerprofil
Vor_MZ_1	Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?	„Vielleicht vier- oder fünfmal.“ (Pablo, S10.2D, a11)	4-5
Vor_MZ_2	Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?	„Zwiebelzellen und andere pflanzliche Zellen.“ (Pablo, S10.2D, a13)	Zwiebelzellen, andere pflanzl. Zellen
Vor_MZ_3	Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gibt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?	„Keine gestrichelten Linien. Man sollte nicht mit Füller zeichnen, sondern eben mit Bleistift.“ (Sophia, S8E, a15)	Keine gestrichelten Linien, nur Bleistift
Vor_MZ_4	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gibt?	„Es kommt immer darauf an, was es jetzt ist. Einfach am Mikroskop fokussieren und dann zeichnen, einfach loslegen.“ (Pablo, S10.2D, a17)	- (Keine Gütekriterien benannt)
Vor_MZ_5	Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?	„Ich glaube nicht. [...] Nur eben Bleistift benutzen.“ (Mara, S7F, a17)	Bleistift
Vor_MZ_6	Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?	„Zellmembran, Vakuolen, Chloroplasten.“ (Klara, S10.1A, a24)	Zellmembran, Vakuolen, Chloroplasten
Vor_MZ_7	Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?	„Tierische Zellen haben keine Zellwand. Tierische Zellen haben einen Zellkern.“ (Pablo, S10.2D, a24)	Tierische Zellen ohne Zellwand
Vor_MZ_8	Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?	„Doch, das ist halt so eine Bakterie oder sowas. Wir haben halt verschiedene Bakterien einmal durchgenommen. Wir hatten so ein Arbeitsblatt, da haben wir verschiedene Sachen, auch Zellen und so, auch draufgehabt, da mussten wir die dann auch abzeichnen. Amöbe ist so ein ovales Ding glaube ich.“ (Nora, S8C, a22)	- (unklar)
Vor_MZ_9	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Hast du diese auch gezeichnet?	„Gesehen ja, gezeichnet nicht.“ (Johanna, S8D, a29)	- (nein)

7.5.2 Auswertung der Zeichnen-Tests

Die beiden während des Zeichnen-Tests angefertigten Darstellungen tierischer und pflanzlicher Zellen wurden anhand der neun Kriterien zur Beurteilung von mikroskopischen Zeichnungen (7.4) bewertet. Die Zeichnungen sind im jeweiligen Schülerprofil dargestellt (Anhang 7). Tabelle 7.7 zeigt exemplarisch die Auswertung der Schülerin Klara (S10.1A). Ihre Zeichnungen sind im oberen Abschnitt der Auswertung abgebildet. Dabei ist jeweils das gesamte Zeichenfeld, das der Schülerin zur Verfügung stand (Anhang 5), zu sehen, so dass unmittelbar erkenntlich wird, dass beide Zeichnungen sehr klein dargestellt sind. Diese Auffälligkeit spiegelt sich bei der Beurteilung in einem der neun Beurteilungskriterien wider (7.4.2, Anhang 9.4). Neben der Gesamtpunktzahl, die sich für die jeweilige Zeichnung aus der kriterialen Beurteilung heraus ergab, wurde zum Binnenvergleich der Mittelwert und die Standardabweichung bezogen auf die Altersgruppe berechnet (Anhang 9.4). Die maximal mögliche Gesamtpunktzahl von 36 ergibt sich vor dem Hintergrund von neun Beurteilungskriterien und fünf Ausprägungen (0-4 Punkte; 7.4.3). Unterhalb der Ergebnisse der kriterialen Beurteilung werden im Auswertungsschema (Tab. 7.7) die in beiden Zeichnungen korrekt oder falsch beschrifteten Strukturen sowie die gezeichneten Strukturen ohne Beschriftung ausgewiesen. Ein Kommentar erläuterte die Beurteilung der Zeichnungen. Da lautes Denken während des Zeichnen-Tests nicht vorgegeben war, wurden die Anmerkungen der Schülerinnen oder Schüler nur in den Fällen hinzugefügt, in denen laut gedacht oder in einer anderen Form die eigene Zeichnung kommentiert wurde.

Tabelle 7.7 Ausschnitt aus dem Schülerprofil von Klara (S10.1A) zum Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen	Zeichnung tierischer Zellen
Kriteriale Beurteilung der Zeichnung: 63.9% (23/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung: 66.7% (24/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellmembran_{tier.}, Chloroplasten_{pfl.}, Zellkern_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran_{pfl.}, Vakuole_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Die Beschriftungslinien der Begriffe Zellmembran_{pfl.} und Vakuole_{pfl.} grenzen nicht bzw. nur bedingt an die zu bezeichnenden Strukturen.

Anmerkung der Schülerin: „Was ist mit Zellorganellen gemeint? [...] Ich habe es noch ein bisschen in Erinnerung. Ich zeichne es jetzt einfach irgendwie hin. Ich weiß jetzt auch nicht, ob ich die beschriften kann, weil wir hatten das glaube ich nicht so genau besprochen, sondern eher, man hat halt gesehen, dass da kleine grüne Teilchen drin waren, aber das Chlorophyll sieht man glaube ich nicht. Ist das Chlorophyll nicht in den Chloroplasten? Könnte sein. Ich bin mir noch nicht so sicher. Ich glaube eine tierische Zelle habe ich in letzter Zeit nicht angeschaut. Könnte sein, ich bin mir da nicht so sicher. Mehr fällt mir nicht ein.“

7.6 Auswertung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen

Die Tabellen 7.8 bis 7.10 zeigen Ausschnitte aus einem exemplarischen Schülerprofil (Anhang 7) zur Auswertung der beiden Zeichnungen, die während den Untersuchungsphasen D und E entstanden. Die gezeichneten Ablaufdiagramme und mikroskopischen Zeichnungen wurden mit Hilfe der bereits vorgestellten Beurteilungskriterien (7.4) bewertet. Auf Grund der sechs Kriterien zur Beurteilung von Ablaufdiagrammen und der fünf Ausprägungen (0-4 Punkte) konnten maximal 24 Punkte erreicht werden (Tab. 7.8). Vor dem Hintergrund der neun Kriterien zur Beurteilung mikroskopischer Zeichnungen konnten maximal 36 Punkte erreicht werden (Tab. 7.9). Neben der erreichten Gesamtpunktzahl ist auch die prozentuale Häufigkeit angegeben (Tab. 7.8, Tab. 7.9).

Bei den Ablaufdiagrammen wurde zusätzlich zur kriterialen Beurteilung eine inhaltliche Beurteilung der Zeichnung vorgenommen, um auf einen Blick zu erkennen, wie viele der in der jeweiligen Textgrundlage genannten Elemente und Relationen die Schülerinnen und Schüler in ihrem Schaubild dargestellt haben. Die maximal erreichbare Anzahl an Elementen und Relationen, die sich aus der Textgrundlage ergeben, ist kontextspezifisch (5.1, Anhang 1). Sowohl für die kriteriale als auch die inhaltliche Beurteilung wird zum Vergleich innerhalb des Kontexts ebenso der Mittelwert und die Standardabweichung angegeben. Anknüpfend an die Beurteilung der Ablaufdiagramme wird außerdem berichtet, ob die Teilnehmenden im Zuge der Verständnisfragen (5.6, 7.9) mehr Textinhalte erinnern konnten als sie im Schaubild dargestellt haben. Ergänzend wurden Leistungswerte in Form von Elementen und Relationen pro Minute sowie Punkten pro Minute errechnet, auf die in Unterkapitel 7.10 (sowie Tab. A9.25 in Anhang 9.11) näher eingegangen wird.

Tabelle 7.8 Ausschnitt aus dem Schülerprofil von Pablo (S10.2D) zur Beurteilung des Ablaufdiagramms

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
60.0% (9/15 Elemente), $M = 71.7$, $SD = 13.6$	83.3% (20/24 Gesamtpunkte), $M = 85.4$, $SD = 3.6$
70.0% (7/10 Relationen), $M = 75.0$, $SD = 11.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 9 der 9 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Der Schüler nannte darüber hinaus <u>zwei</u> weitere der 6 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.9 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.5$, $SD = 0.4$	
2.3 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 1.7$, $SD = 0.6$	

Tabelle 7.9 Ausschnitt aus dem Schülerprofil von Pablo (S10.2D) zur Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung

55.6% (20/36 Gesamtpunkte), $M = 75.7$, $SD = 13.5$
3.7 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 5.2$, $SD = 1.1$

Für die Auswertung der mikroskopischen Zeichnungen war es außerdem relevant, ob die Teilnehmenden während der zweiten Aufgabenstellung (5.2.5) die Zeichnung zusätzlich zur Beschriftung verändert haben und wie lange sie dafür insgesamt gebraucht haben (Tab. 7.10; Anhang 9.7). Mittelwerte und Standardabweichungen beziehen sich auf den jeweiligen Kontext. Zudem umfasst die inhaltliche Auswertung der mikroskopischen Zeichnung jeweils die korrekt und falsch beschrifteten Strukturen sowie sämtliche fehlenden Strukturen und Beschriftungen. Ein Kommentar erläutert die inhaltliche Auswertung. Anhang 9.5 gibt einen Überblick über die inhaltsbezogene und kriteriale Beurteilung der angefertigten Zeichnungen.

Tabelle 7.10 Ausschnitt aus dem Schülerprofil von Pablo (S10.2D) zur Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von dem Schüler neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.
Dauer der Beschriftung: 178 s, $M = 221.3$, $SD = 57.3$
<u>Korrekt beschriftete Strukturen:</u> Zellwand, Epidermiszelle, Schließzelle
<u>Falsch beschriftete Strukturen:</u> Zellkern, Spaltöffnung, Mittellamelle
<u>Fehlende Struktur/Beschriftung:</u> Zellmembran
<u>Kommentar:</u> Eine Differenzierung zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran ist nicht erfolgt. Die gleichen Strukturen werden sowohl mit Mittellamelle als auch mit Zellwand bezeichnet. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellkern der Epidermiszelle grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

7.7 Auswertung des lauten Denkens

Die Audioaufzeichnungen zum lauten Denken wurden gemäß den Transkriptionsregeln (7.3) in ein verbales Protokoll überführt und in das Schülerprofil übernommen (Anhang 7). Bezogen auf die mikroskopischen Kontexte waren die Schülerinnen und Schüler ausschließlich während der ersten Aufgabenstellung – der Anfertigung der Zeichnung – zum lauten Denken angehalten (5.3). Während der zweiten Aufgabenstellung – der Beschriftung der Zeichnung – existierte diese Vorgabe nicht. Ein Transkript zur zweiten Aufgabenstellung liegt daher nur dann vor, wenn die Beschriftung oder Korrektur der Zeichnung von den Teilnehmenden kommentiert wurde. Tabelle 7.11 zeigt hierzu ein Beispiel.

Tabelle 7.11 Ausschnitt aus dem Schülerprofil von Pablo (S10.2D) zum lauten Denken am Beispiel der mikroskopischen Zeichnung

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ok. <input type="checkbox"/> Das ist eine gute Frage, <input type="checkbox"/> ob die Zelle jetzt das kleine mit zwei Punkten ist oder <input type="checkbox"/> dieses kleine ovale. <input type="checkbox"/> Ich soll wieder laut mitdenken? [E: Ja.] Ok. Ich weiß nicht genau, was das hier darstellen soll, welcher Teil der Zelle das ist oder ob es überhaupt eine Zelle ist. [Er zeichnet ein Schließzellenpaar.] <input type="checkbox"/> Bunt soll ich nicht zeichnen, oder? [E: Nein, liegen ja auch keine bunten Stifte da.] Dumme Frage. <input type="checkbox"/> [Der Schüler zeichnet die linke angrenzende Epidermiszelle ein.] [unverständlich.] <input type="checkbox"/> [Er zeichnet den Zellkern der Epidermiszelle.] Wenn ich ehrlich sein muss, ich erkenne die Spaltöffnung nicht, <input type="checkbox"/> bzw. doch hier. [Er schaut zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die linke angrenzende Epidermiszelle ein.] <input type="checkbox"/> Die restlichen Zellen auch oder nur den Ausschnitt? [E: Das, was du im Bildausschnitt siehst.] Ok, gut. <input type="checkbox"/> [Er zeichnet die obere und untere Epidermiszelle und blickt dabei mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her.] Ok.“
Beschriftung [Aufgabe 2]: „Ich sehe gerade, die haben also doch Zellkerne. [...] Ok.“

7.8 Auswertung der kontextbezogenen Verständnisfragen

Die Audioaufzeichnungen zu den Verständnisfragen (5.6) wurden entsprechend der Transkriptionsregeln (7.3) transkribiert. Die Ablaufdiagramme betreffend erfolgte ein inhaltlicher Abgleich der Antworten der Schülerinnen und Schüler mit dem Erwartungshorizont (Anhang 1). Dabei wurden in den Antworten der Teilnehmenden sämtliche Elemente markiert, die gemäß dem Erwartungshorizont eine Relevanz für die Darstellung besitzen (Tab. 7.12). Somit kann ein Vergleich zwischen der Anzahl der gezeichneten (7.6), der genannten sowie der genannten, aber nicht gezeichneten Textinformationen erfolgen. Anhand dieser Auswertung lässt sich erkennen, ob die Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler alle erkannten bzw. erinnerten Textinformationen letztendlich auch umfassen. Tabelle 7.12 zeigt am Beispiel von Melinda (S10.2B), dass neun Elemente (1-9) identifiziert wurden, die sie zugleich in der Zeichnung dargestellt hat. Darüber hinaus nennt die Schülerin einen Zusammenhang, den sie in ihrer Zeichnung nicht dargestellt hat. Anhang 9.10 zeigt die Ergebnisse der Auswertung der kontextbezogenen Verständnisfragen für alle Schülerinnen und Schüler.

Tabelle 7.12 Auswertung der Verständnisfragen zum Kontext des Ablaufdiagramms am Beispiel von Melinda (S10.2B)

Kürzel	Interviewfrage	Antwort
Ver_AD_1	Nenne die Funktionen des von der Schilddrüse ausgeschütteten Thyroxins.	„Ich habe nicht genau verstanden, was genau Thyroxin ¹ ist und wofür es wichtig ist, aber im Hypothalamus ² wird ja das TRH gebildet ³ und das bindet an die Rezeptoren der Zellen ⁴ der Hypophyse ⁵ und die produzieren TSH ⁶ und das gelangt in die Schilddrüse ⁷ und setzt dort Thyroxin ⁸ frei, was dann durch das Blut in den gesamten Körper transportiert ⁹ wird. [...]“ (S10.2B, a37)
Ver_AD_2	Beschreibe die hormonelle Regulation der Schilddrüse ausgehend von einem Reiz des Gehirns, wie z. B. Kälte oder Stress.	Entfiel, da bereits mit Ver_AD_1 beantwortet.
Ver_AD_3	Erkläre in eigenen Worten, was man unter negativer Rückkopplung versteht.	„Die Zellen im Hypothalamus haben auch die Rezeptoren in der Zellwand ¹⁰ und deswegen, ich weiß nicht, welche Hormone sich auch daran binden können, [...]“ (S10.2B, a40)

Auswertung:

- ¹ bis ⁹ = genannte und gezeichnete Textinformationen,
- ¹⁰ = genannte, aber nicht gezeichnete Textinformation

Im Gegensatz zu der die Ablaufdiagramme betreffenden Auswertung wurden die Antworten auf die Verständnisfragen zum mikroskopischen Kontext nicht quantifiziert. Nachfolgendes Beispiel (Ver_MZ_1, Anhang 4) zeigt, dass die Antworten der Schülerinnen und Schüler wertvolle Hinweise zum Vorgehen liefern und zur Identifikation von Schwierigkeiten beitragen können:

„[...] Es war das Wassernetz zu sehen und man hat gesehen, wie sich so ein Netz zusammensetzt. Von der Struktur her jetzt nicht so Kästchen, Kästchen, Kästchen nebeneinander, nicht so akkurat wie ein Fischernetz, sondern natürlich. Was mir aufgefallen ist, es gab kein Zellkern. Ich weiß nicht, ob er nur nicht in der Beschriftung war oder ob ich ihn nicht gesehen habe. Dann habe ich natürlich die Zellwand gemalt, das war dieser Zwischenraum, den habe ich jetzt aber nicht so deutlich gemalt, lediglich bei den Zellen, die ich beschriftet habe. Das Zellplasma war innendrin das. Ich habe gesehen, das hatte eine körnige Struktur. [...] Die Zwischenräume, den Begriff habe ich vergessen, weil wir den noch nicht hatten, bei dem die Netzteile, Zellen aufeinandertreffen. Da habe ich auch nicht ganz verstanden, wie werden die genau zusammengehalten? [...]“ (Laura, S7A, b9, Präparat: Wassernetz).

Die Antworten auf die kontextbezogenen Verständnisfragen wurden im Falle der Ablaufdiagramme, wie eingangs beschrieben, in aggregierter Form oder, wie im Falle der mikroskopischen Zeichnungen, als Ausschnitt des Transkripts in das Schülerprofil überführt (Anhang 7).

7.9 Auswertung der Selbsteinschätzung und der mündlichen Reflexionsfragen

Wie in Unterkapitel 5.7.1 berichtet, umfassen die Selbsteinschätzungsaussagen bezogen auf Ablaufdiagramme fünf und bezogen auf mikroskopische Zeichnungen vier Aussagen. Zudem wurden die Teilnehmenden gebeten, eine Einschätzung vorzunehmen, inwiefern sie im Biologieunterricht sowie außerhalb des Biologieunterrichts gerne zeichnen. Diese wird in den Schülerprofilen tabellarisch dargestellt (Anhang 7).

Die Audioaufzeichnungen zu den mündlichen Reflexionsfragen (5.7.2) wurden gemäß den Transkriptionsregeln (7.3) transkribiert. Tabelle 7.13 zeigt exemplarisch für sechs mündliche Reflexionsfragen, dass die Antworten der Schülerinnen und Schüler wertvolle Erkenntnisse zum Vorgehen und den von ihnen wahrgenommenen Schwierigkeiten beim Zeichnen liefern können. Die Antworten wurden ebenso wie die Angaben zu den Selbsteinschätzungsaussagen in tabellarischer Form in das zugehörige Schülerprofil übernommen (Anhang 7).

Tabelle 7.13 Antworten auf die Verständnisfragen am Beispiel von unterschiedlichen Teilnehmenden

Kürzel	Interviewfrage	Antwort
mRef_MZ_1	Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?	<i>„Ich habe erstmal vergessen, den Ausschnitt genau anzuschauen. Ich habe zuerst das Einfachste, das Größte, nämlich die beiden Schließzellen, gezeichnet. Ich habe ja zuerst zwei einzelne gezeichnet und dann deren Aufbau und dann die Zelle der Epidermis dann dazwischen. Und weil ich gemerkt habe, dass es im Ausschnitt anders ist, habe ich nochmal die andere Hälfte, also die andere Epidermiszelle gezeichnet und die andere Schließzelle wegradiert.“</i> (Melinda, S10.2B, b16)
mRef_MZ_2	Was fiel dir beim Zeichnen schwer?	<i>„Darzustellen, wie die Zellen aneinander liegen, weil man das im Mikroskop auch nicht zu 100% gesehen hat. Deswegen habe ich das schraffiert, dass es nicht so aussieht wie eine Mauer, sondern dass es zusammengehört.“</i> (Klara, S10.1A, b18)
mRef_MZ_3	Fiel dir beim Zeichnen etwas Bestimmtes besonders schwer?	<i>„Die Scheinfüßchen zu erkennen.“</i> (Sara, S8A, a47)
mRef_MZ_4	Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?	<i>„[...] Auf jeden Fall der Maßstab [gemeint ist das Größenverhältnis], der hätte mir besser gelingen können. Und deutlicher zeichnen. Ich glaube ich hätte überall diese Zellmembran und blablabla deutlicher zeichnen sollen. Ich habe alles eher so minimalistisch gemalt. Man bekommt ja meist ein ganzes Blatt, um auch ein ganzes Blatt zu nutzen, das habe ich jetzt nicht gemacht. Ich glaube das hätte ich besser machen können. [...]“</i> (Laura, S7A, b20)
mRef_MZ_5	Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?	<i>„Besser hinsehen, also häufiger hinsehen, sodass man es auch eher zeichnen kann.“</i> (Emma, S8F, a54)
mRef_MZ_6	Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?	<i>„Nicht so schlimm. [...] Ich habe einfach das gesagt, was ich gedacht habe und manche finden das peinlich zu sagen, was sie denken, aber mir hat das nichts ausgemacht.“</i> (Jonas, S7D, a49)

7.10 Berechnung der Leistung

Bei der Darstellung der Auswertung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen (7.6) wurde angemerkt, dass in Ergänzung zur inhaltlichen Beurteilung der Zeichnungen auch die individuelle Leistung der Teilnehmenden berechnet wurde. Da für die Anfertigung der Zeichnungen keine zeitliche Begrenzung vorgegeben wurde (5.9.2), variierte die Dauer der Aufgabenbearbeitung zwischen den Teilnehmenden zum Teil erheblich (Anhang 9.6, Anhang 9.7). Bezogen auf den jeweiligen Kontext erlauben die Leistungswerte einen Vergleich zwischen den Schülerinnen und Schülern (Anhang 9.11).¹ Auch spiegelt sich in den Leistungswerten der Einfluss der Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Schraffieren, Punkten, Ausmalen), die zwar Zeit in der Ausführung benötigen, aber zu keinem inhaltlichen Zugewinn führen (z. B. Anzahl der dargestellten Elemente), wider. Fallbezogen

¹ Der Vergleich zwischen den Leistungen der Schülerinnen und Schüler ist nur innerhalb eines jeden Kontexts und nicht zwischen beiden Repräsentationstypen zulässig: (I) Das Vorgehen bei der Anfertigung beider Repräsentationstypen unterscheidet sich fundamental voneinander. (II) Der Beurteilung der beiden Repräsentationsformen liegt eine unterschiedliche Anzahl an Kriterien zu Grunde; die maximal erreichbare Gesamtpunktzahl variiert daher (7.4). (III) Die Anzahl der darzustellenden Elemente und Relationen unterscheidet sich zwischen den Kontexten der Ablaufdiagramme (5.1.1).

werden die Leistungswerte gemeinsam mit dem Mittelwert und der Standardabweichung für den jeweiligen Kontext innerhalb der Schülerprofile berichtet (Anhang 7).

Als Vergleichsmaß für die Leistung der Schülerinnen und Schüler wurde die erreichte Punktzahl pro Minute ($Punkte_pro_Minute_{AD}$, $Punkte_pro_Minute_{MZ}$) sowie die Anzahl der dargestellten Elemente und Relationen pro Minute ($Elemente\&Relationen_pro_Minute_{AD}$) bestimmt. Die Berechnung der drei Variablen wird nachfolgend dargestellt:

$Punkte_pro_Minute_{AD}$ | Diese Variable gibt für jede Schülerin oder jeden Schüler an, wie viele Punkte sie oder er pro Minute durchschnittlich erzielt. Wie in Unterkapitel 7.4 beschrieben, konnten für ein Ablaufdiagramm ($_{AD}$) maximal 24 Punkte erreicht werden. Wie nachfolgend dargestellt, fließt in die Variable die erreichte Gesamtpunktzahl (AH_Punkte_{AD}) sowie die Bearbeitungsdauer in Sekunden ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD}^1$) ein (Tabelle A9.25 in Anhang 9.11):

$$Punkte_pro_Minute_{AD} = \frac{AH_Punkte_{AD}}{T_Alle_Tätigkeiten_{AD} * \frac{1}{60}}$$

$Punkte_pro_Minute_{MZ}$ | Diese Variable gibt für jede Schülerin oder jeden Schüler an, wie viele Punkte sie oder er pro Minute durchschnittlich erreicht. Die maximal erreichbare Gesamtpunktzahl für eine mikroskopische Zeichnung ($_{MZ}$) liegt bei 36 Punkten (7.4). Wie nachfolgend dargestellt, fließt in die Variable die erreichte Gesamtpunktzahl (AH_Punkte_{MZ}) sowie die um die Dauer der technischen Einführung bereinigte Bearbeitungsdauer in Sekunden ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$) ein (Tabelle A9.26 in Anhang 9.11):

$$Punkte_pro_Minute_{MZ} = \frac{AH_Punkte_{MZ}}{T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} * \frac{1}{60}}$$

$Elemente\&Relationen_pro_Minute_{AD}$ | Diese Variable gibt für jede Schülerin oder jeden Schüler an, wie viele Elemente und Relationen sie oder er pro Minute durchschnittlich abbildet. Wie nachfolgend zu erkennen, fließt in die Variable die Summe der Elemente und Relationen ($AH_Elemente_{AD}$, $AH_Relationen_{AD}$) sowie die Bearbeitungsdauer in Sekunden ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD}$) ein (Tabelle A9.25 in Anhang 9.11):

$$Elemente\&Relationen_pro_Minute_{AD} = \frac{AH_Elemente_{AD} + AH_Relationen_{AD}}{T_Alle_Tätigkeiten_{AD} * \frac{1}{60}}$$

¹ Die Beschreibung der Variablen $T_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ sowie $T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ erfolgt in Unterkapitel 7.13.5 im Zuge der Vorstellung der Tätigkeitsanalyse des Zeichenprozesses.

7.11 Erstellung von Schülerprofilen

Wie in Unterkapitel 7.1 angemerkt, wurde eine Aggregation für viele Rohdaten vorgenommen. Die ungekürzten Materialien umfassen pro Schülerin oder Schüler zwischen 35 bis 45 DIN-A4-Seiten und wären für die Analysierenden nur schwer zu überblicken gewesen. Vor diesem Hintergrund integrieren die Schülerprofile (Anhang 7) repräsentationsspezifisch die Ergebnisse der einzelnen Schritte der Datenaufbereitung und -auswertung (7.2-7.10). Durch die kompakte Darstellung relevanter Informationen liefern die Schülerprofile die Basis, um die Analysierenden bei der Identifikation der Schwierigkeiten (Forschungsfrage 2.1, 2.2) mit Hilfe des Kategoriensystems (7.12) zu unterstützen. Zudem stellen sie neben der Tätigkeitsanalyse (7.13, Forschungsfrage 1) die Voraussetzung für die Anfertigung der Fallbeschreibungen und die Kontrastierung von Fällen (Forschungsfrage 3) dar.

7.12 Kategoriensysteme zu Schwierigkeiten

Dieses Unterkapitel stellt das Kategoriensystem zur Identifikation manifester Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen vor, das der Beantwortung der Forschungsfrage 2.1 und 2.2 dient. Dabei wird zunächst die Auswahl einer geeigneten qualitativen Analysetechnik erläutert (7.12.1), bevor der Ablauf der inhaltlichen Strukturierung beschrieben wird (7.12.2). Im Anschluss werden die Bezüge zwischen den gebildeten Kategorien und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien hergestellt (7.13.2).

7.12.1 Auswahl einer geeigneten qualitativen Analysetechnik

Eine qualitative Inhaltsanalyse qualifiziert sich in besonderem Maße für die Identifikation der manifester Schwierigkeiten, auf die Lernende bei der Konstruktion beider zuvor genannter Repräsentationsformen treffen, da sie eine systematische, regelgeleitete und nachvollziehbare Herausarbeitung von unterschiedlichen Aspekten der Kommunikation erlaubt und sich auch auf umfangreiche Ausgangsmaterialien anwenden lässt (vgl. Kuckartz, 2018). Zur Bestimmung einer geeigneten qualitativen Analysetechnik schlägt Mayring (2015) die in Abbildung 7.1 dargestellten Teilschritte vor.

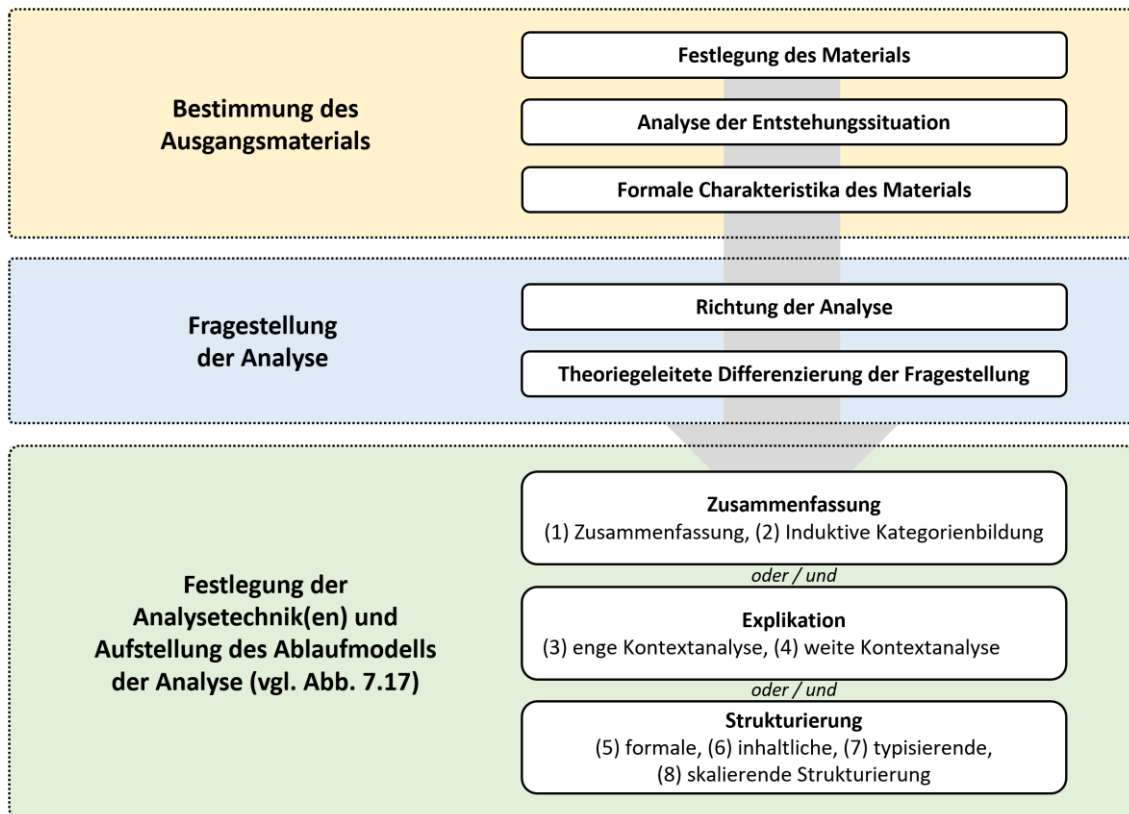


Abbildung 7.1 Übersicht zum Ablauf der Auswahl einer geeigneten qualitativen Analysetechnik auf Grundlage der Erläuterungen in Mayring (2015, S. 54-69)

Zunächst geht es um die **Festlegung des Materials**. Das Material umfasst für 21 Schülerinnen oder Schüler jeweils zwei Schülerprofile, von denen sich eines auf das konstruierte Ablaufdiagramm und eines auf die mikroskopische Zeichnung bezieht (7.11), das ungekürzte Transkript aller verbalen Äußerungen (7.3) sowie die beiden Videoaufnahmen (5.10.2), die die Untersuchungsphasen B bis E (5.9) abdecken. Dieses Material kann als „Corpus“ (Mayring, 2015, S. 54) der qualitativen Inhaltsanalyse verstanden werden. Auch umfasst der Schritt der Festlegung des Materials die Anwendung eines geeigneten Verfahrens der Stichprobenziehung. Für diese Studie wurde zunächst das bewusste Auswahlverfahren einer Quotenstichprobe (Akquise von Schülerinnen und Schülern der siebten, achten und zehnten Klassenstufe) sowie kontextspezifisch ein kriteriengesteuertes Ziehungsverfahren (Zeichnende aller drei Niveaustufen) angewandt (6.1, 6.2).

Die **Analyse der Entstehungssituation** kann durch die ausführliche Beschreibung der Erhebungsinstrumente und -methoden (5), die transparente Schilderung der Akquisestrategie (6.2) sowie die Erläuterung sämtlicher Teilschritte der Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse (7) nachvollzogen werden.

Hinsichtlich der **formalen Charakteristika des Materials** wurde bereits zuvor verdeutlicht, dass der Autor dieser Arbeit zugleich Versuchsleiter bzw. Interviewer war und von

einer Assistenz begleitet wurde, die den standardisierten und technisch einwandfreien Ablauf der Studie unterstützte (5.10.2). Die vor Ort durchgeführten Audioaufzeichnungen wurden regelgeleitet transkribiert (7.3). Die Videoaufnahmen wurden unbearbeitet in die Analyse einbezogen (Abb. 7.2).

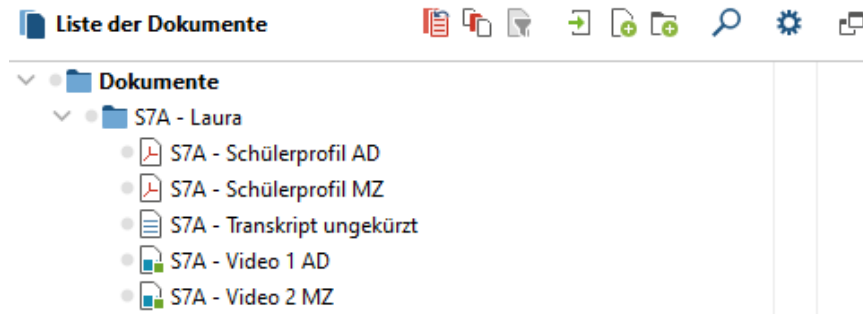


Abbildung 7.2 Dokumente, die den Kodierenden für jede Schülerin bzw. jeden Schüler zur Verfügung standen

Da die Interpretation „nicht einfach so“ (Mayring, 2015, S. 58) erfolgen sollte, bedarf es im nächsten Schritt der Bestimmung der **Richtung der Analyse**. Die qualitative Inhaltsanalyse dieser Arbeit hat zum Ziel, manifeste Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen auf Grundlage des Ausgangsmaterials zu identifizieren. Dabei werden neben prozessbezogenen Ausgangsmaterialien (Protokoll des lautenden Denkens, Video zur Konstruktion der Zeichnungen) sowohl die von den Teilnehmenden berichteten Vorerfahrungen (5.5) und ihre Selbsteinschätzungen (5.7.1) als auch die retrospektiven Anmerkungen (5.7.2) berücksichtigt.

Die **theoriegeleitete Differenzierung der Fragestellung** wurde bereits zu Beginn des empirischen Teils geleistet (4.1). Die qualitative Inhaltsanalyse stellt das zentrale Instrument zur Beantwortung der Forschungsfrage 2.1 und 2.2 dar.

Der letzte Schritt bestand in der **Festlegung der Analysetechnik** sowie der **Aufstellung des Ablaufmodells der Analyse** (Abb. 7.3 in 7.12.2). Als geeignetes Verfahren zur Identifikation von Schwierigkeiten stellte sich die inhaltliche Strukturierung heraus, bei der ausgewählte Inhaltsbereiche des Ausgangsmaterials systematisch, d.h. kategoriengestützt, extrahiert werden (vgl. Mayring, 2015). Da eine induktive Ergänzung von durch Literatur nicht abgedeckten Schwierigkeiten eine notwendige Voraussetzung zur Beantwortung der Forschungsfragen 2.1 und 2.2 ist, wurde das Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung um den Aspekt der induktiven Kategorienbildung erweitert. Die methodische Anlehnung an Mayring und die induktive Erweiterung deduktiv gebildeter Kategoriensysteme stellt in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung eine gängige Praxis dar (vgl. Göhner & Krell, 2020). Weiterhin sieht Mayring (2015) die Kombination unterschiedlicher inhaltsanalytischer Formen zwar grundsätzlich als möglich an (vgl. Mayring, 2015, S. 62), geht auf deren

hybriden Einsatz aber nicht näher ein. Außerdem betont Mayring insbesondere den verbal-sprachlichen Charakter von Ausgangsmaterialien. Er verweist jedoch auch darauf, dass „die Inhaltsanalyse nicht zu starr und unflexibel“ (Mayring, 2015, S. 131) werden darf und „die Gegenstandsangemessenheit wichtiger genommen werden [muss] als die Systematik“ (Mayring, 2015, S. 131). Aus der Perspektive von Schreier (2014) könnte das für diese Studie adaptierte Ablaufmodell der Analyse auch als praktikables „Werkzeugkasten-Modell“ (Schreier, 2014, S. 22) eingeordnet werden, das sich nach dem Bedarf der Analyse (deduktive und induktive Kategorien (Abb. 7.4 in 7.12.2) sowie unterschiedliche Ausgangsmaterialien (Abb. 7.5 in 7.12.2) richtet, d. h. die Analyseform ist an der möglichst funktionalen Identifikation von Schwierigkeiten ausgerichtet. Die Orientierung an Mayring (2015) bot im Gegensatz zu den weniger gefestigten Guidelines für die Kategorienbildung nach Kuckartz (2018) einen strukturierten Rahmen zur Bestimmung einer geeigneten qualitativen Analysetechnik, zur Entwicklung des Ablaufmodells der inhaltlichen Strukturierung (7.12.2) und zur Gestaltung der Kodierleitfäden sowie der Kodiermanuals (Anhang 8.1, Anhang 8.2). Nachfolgend wird das Ablaufmodell der Analyse näher betrachtet.

7.12.2 Ablauf der inhaltlichen Strukturierung

Die vorausgegangenen Erläuterungen machten deutlich, dass sich die inhaltliche Strukturierung in ihrer Grundform als geeignete Analyseform qualifiziert, die Ergänzung induktiver Kategorien jedoch eine notwendige Voraussetzung zur Beantwortung der Forschungsfragen 2.1 und 2.2 darstellte. Vor diesem Hintergrund ergibt sich das adaptierte Ablaufmodell inhaltlicher Strukturierung, das wiederum acht Teilschritte umfasst (Abb. 7.3). Der erste Schritt, die **Bestimmung der Analyseeinheiten**, umfasst nach Mayring (2015) die Definition der Auswertungseinheit, der Kodiereinheit und der Kontexteinheit. Die Auswertungseinheit umfasst für jede Schülerin bzw. jeden Schüler sowohl die im jeweiligen Schülerprofil aggregierten Daten (Basisinformationen, Ergebnisse des Lesegeschwindigkeits- und -verständnistests, Vorerfahrungen mit dem Kontext und mit Ablaufdiagrammen oder mikroskopischen Zeichnungen, die Visualisierung der Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung, das Protokoll des lauten Denkens, das Arbeitsblatt, die Beurteilung der Zeichnung(en), kontextbezogenes Verständnis, Leistung, Selbsteinschätzung und mündliche Reflexionsfragen) als auch die ungekürzte Audio- und Videospur und das ungekürzte Transkript. Die Kodiereinheit bezeichnet die kleinste Analyseeinheit. Im Rahmen dieser Studie umfasst die Kodiereinheit beispielsweise kurze Passagen des Transkripts mit wenigen Wörtern oder Zahlen (z. B. „*Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal*“; Laura, S7A, b6) oder stellt eine rechteckige Flächenauswahl dar (z. B. Markierung schraffierter Flächen; Abb. 7.5c). Die Kontexteinheit bezeichnet die größte Analyseeinheit

und kann im Rahmen dieser Studie einzelne Antworten der Schülerinnen und Schüler umfassen (z. B. mRef_AD_1; Anhang 4) oder sich antwortübergreifend zusammensetzen (z. B. mRef_AD_4: Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?; mRef_AD_5: Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?).

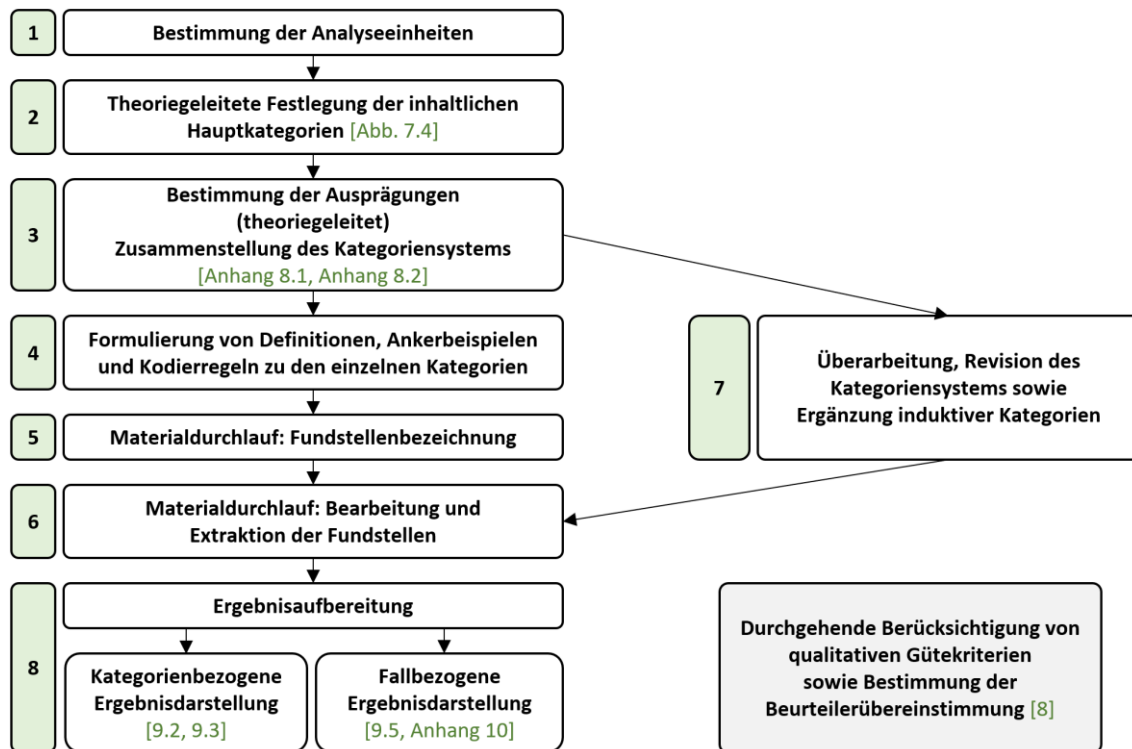


Abbildung 7.3 Ablaufmodell inhaltlicher Strukturierung; zusammengeführte Darstellung, verändert nach Mayring (2015, S. 98, 104)

An die Bestimmung der Analyseeinheiten schließt die **theoriegeleitete Festlegung der inhaltlichen Hauptkategorien** (zweiter Schritt) sowie die **Bestimmung der Ausprägungen und die Zusammenstellung des Kategoriensystems** (dritter Schritt). Abbildung 7.4 zeigt die aus der Literatur heraus abgeleiteten Schwierigkeiten, wie sie in der theoretischen Rahmung (3.4.5, 3.5.3, 3.7) vorgestellt wurden, sowie die im Zuge der qualitativen Inhaltsanalyse induktiv hinzugekommenen Schwierigkeiten im Überblick. Schwierigkeiten, die sowohl auf der Seite der Ablaufdiagramme als auch auf der Seite der mikroskopischen Zeichnungen zu verorten sind, werden bilateral innerhalb der Hauptkategorie dargestellt. Die Hauptkategorien der Schwierigkeiten für Ablaufdiagramme (AD) und mikroskopische Zeichnungen (MZ) umfassen I: Attentive Schwierigkeiten, II: Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler, III: Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen, IV: Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis, V: Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung, VI: Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen,

VII-AD: Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage, VII-MZ: Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung. Von den in Abbildung 7.4 dargestellten Schwierigkeiten, die sich aus den von Scherb und Nitz (2020) durchgeführten Interviews mit Lehrkräften ergaben, wurden sensomotorische Schwierigkeiten auf Grund ihrer latenten, d. h. nicht-manifesten Darbietung¹ nicht als eigene Kategorie angelegt. Jedoch erlauben Kategorien, wie *Uneindeutige Linienführung*, *Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts fällt schwer* oder *Übertragung der Lage und Proportionen von Strukturen fällt schwer* indirekte Rückschlüsse auf sensomotorische Schwierigkeiten. Vor dem Hintergrund des hohen Anspruchs von Zeichenaufgaben auf Grundlage von Texten (vgl. z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2022; Scott & Dreher, 2016) bzw. der angemessenen Darstellung von mikroskopischen Präparaten (vgl. z. B. Gropengießer et al., 2012; Spörhase, 2010b) und angesichts der altersgerecht konzipierten Kontexte (5.1, 5.2) entfiel eine Kategorie für Unterforderung.

Auf eine Erläuterung der abgeleiteten und nachfolgend in Abbildung 7.4 überblickshaft gelisteten Schwierigkeiten bzw. Fehler wird vor dem Hintergrund der umfassenden Erörterung der deduktiven und induktiven Schwierigkeiten bzw. Fehler im Ergebnis- (9) und Diskussionskapitel (10) dieser Arbeit verzichtet. Jedoch werden im anschließenden Unterkapitel 7.12.3 die Bezüge zwischen den gebildeten Hauptkategorien (wie zuvor angeführt) bzw. den Kategorien, die die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen bzw. mikroskopischen Zeichnungen betreffen, und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen sowie Theorien (3.3, 3.4, 3.5), die grundlegend für das Zeichnen sind, hergestellt. Durch diese Maßnahme wird sowohl die theoriegeleitete Festlegung der inhaltlichen Hauptkategorien (zweiter Schritt, Abb. 7.3) als auch die theoriegeleitete Bestimmung der Ausprägungen und die Zusammenstellung des Kategoriensystems (dritter Schritt) übergreifend gewährleistet.

¹ Sensomotorische Schwierigkeiten äußern sich in der Ausführung motorischer Programme (vgl. Hegele und Sülzenbrück (2017) sowie Abb. 3.6 in 3.5.2).

I Attentive Schwierigkeiten	
ABLAUFDIAGRAMM (9.2.1)	MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.1)
Ablenkung Scott & Dreher, 2016	Ablenkung Scott & Dreher, 2016
Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) Cohn, 2012	Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) Cohn, 2012
Bedeutsamkeitsmangel Quillin & Thomas, 2015	Bedeutsamkeitsmangel Quillin & Thomas, 2015
Fehlendes Bemühen/Interesse Quillin & Thomas, 2015	Fehlendes Bemühen/Interesse Quillin & Thomas, 2015
Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung Leopold & Leutner, 2012	Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung Leopold & Leutner, 2012
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung Induktive Kategorie	Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung Induktive Kategorie
II Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler	
ABLAUFDIAGRAMM (9.2.2)	MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.2)
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung Scherb & Nitz, 2020; Beurteilungskriterium (7.4)	Fehlende (Vor-)Strukturierung Wanner, 2004
Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung Beurteilungskriterium (7.4)	Unzweckmäßige Größe der Zeichnung Scherb & Nitz, 2020; Beurteilungskriterium (7.4)
III Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen	
ABLAUFDIAGRAMM (9.2.3)	MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.3)
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen Induktive Kategorie	Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen Induktive Kategorie
Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) Induktive Kategorie	Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) Beurteilungskriterium (7.4)
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen Retzlaff-Fürst, 2020	Kein angemessenes Abstraktionsmaß Beurteilungskriterium (7.4)
Uneindeutige Linienführung Induktive Kategorie	Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen Retzlaff-Fürst, 2020
Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer Induktive Kategorie	Uneindeutige Linienführung Beurteilungskriterium (7.4)
	Verwendung von Farbe Gropengießer et al., 2012
	Zellen grenzen nicht natürlich aneinander Stahl-Biskup & Reichling, 2015, Beurteilungskriterium (7.4)
	Zellen nicht geschlossen dargestellt Stahl-Biskup & Reichling, 2015, Beurteilungskriterium (7.4)

Abbildung 7.4 Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen

Anmerkung. Die genannten Quellen sind als exemplarische Belege der jeweiligen deduktiven Kategorie zu verstehen.

IV Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis	
<p>ABLAUFDIAGRAMM (9.2.4)</p> <p>Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung Induktive Kategorie</p> <p>Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet Induktive Kategorie</p> <p>Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (ohne Lesestrategie) Induktive Kategorie</p> <p>Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (trotz Lesestrategie) Induktive Kategorie</p>	<p>MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.4)</p> <p>Beschriftung trotz Vorlage unvollständig Beurteilungskriterium (7.4)</p> <p>Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur Beurteilungskriterium (7.4)</p> <p>Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien Scherb & Nitz, 2020</p> <p>Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt Induktive Kategorie</p> <p>Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung Induktive Kategorie</p> <p>Struktur(en) teilweise falsch beschriftet Beurteilungskriterium (7.4)</p> <p>Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet Induktive Kategorie</p> <p>Vorgabe des Bildausschnittes nicht beachtet Induktive Kategorie</p>
V Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung	
<p>ABLAUFDIAGRAMM (9.2.5)</p> <p>Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen Induktive Kategorie</p> <p>Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt Brown & Harris, 2013</p>	<p>MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.5)</p> <p>Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt Brown & Harris, 2013</p>
VI Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen	
<p>ABLAUFDIAGRAMM (9.2.6)</p> <p>Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden) Induktive Kategorie</p> <p>Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet Induktive Kategorie</p> <p>Überforderung Spörhase, 2010b</p>	<p>MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.6)</p> <p>Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden) Induktive Kategorie</p> <p>Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet Induktive Kategorie</p> <p>Überforderung Spörhase, 2010b</p> <p>Wesentliche Hilfestellungen wurden gegeben Induktive Kategorie</p>

Abbildung 7.4 (Fortsetzung)



Abbildung 7.4 (Fortsetzung)

Den vierten Schritt im Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung stellt die **Formulierung von Definitionen, Ankerbeispielen und Kodierregeln zu den einzelnen Kategorien** dar. Diese sind im Kodierleitfaden/-manual für Schwierigkeiten bzw. Fehler bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen (Anhang 8.1) und mikroskopischen Zeichnungen (Anhang 8.2) aufgeführt. Nachdem das deduktive Kategoriensystem in seiner Grundstruktur vorlag, konnte im fünften Schritt – dem ersten **Materialdurchlauf** – eine Kodierung von Fundstellen vorgenommen werden. Zur Kodierung wurde MAXQDA 2018 (Version 18.2.5) verwendet. Während es sich im ersten Materialdurchlauf noch um einen Probendurchlauf handelt, entspricht der sechste Schritt gemäß dem Ablaufmodell dem Hauptmaterialdurchlauf, der die Extraktion der Fundstellen einschließt (Mayring, 2015, S. 99). Parallel dazu wurde eine **Überarbeitung** (siebter Schritt) des Kategoriensystems zur Realisierung trennscharfer Kodierregeln vorgenommen und induktive Kategorien im Verlauf weiterer Materialdurchläufe ergänzt. Der iterative Prozess (Schritte drei bis sieben, Abb. 7.3) ist zum Abschluss gekommen, sobald der oder die jeweilige Kodierende keine Änderungen mehr vornehmen musste und die Extraktion aller Fundstellen abgeschlossen war. Eine ausführliche Erläuterung des Kodierverfahrens und des Kodiermanuals erfolgt im jeweiligen

Kodierleitfaden (Anhang 8.1, Anhang 8.2). Die Tabellen 7.14 und 7.15 zeigen für jedes der beiden Kodiermanuale beispielhaft zwei deduktiv entstandene Kategorien.

Tabelle 7.14 Ausschnitt aus dem Kodiermanual für manifeste Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der Ablaufdiagramme


Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Anmerkung bzw. Ankerbeispiel
➤ Attentive Schwierigkeiten [9.1.1]		
Ablenkung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler sich von der Aufgabenstellung für zwei oder mehr Sekunden ablenken lässt.	Vergleiche <i>T_Off-task-Aktivität_{AD}</i> (7.13), Farbcode, Kürzel = K.  Hannah (S10.2A) lässt sich für die Dauer von 19 Sekunden von der Aufgabenstellung ablenken.
➤ Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage [9.1.7]		
Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Grospietsch et al., 2021]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Umgang mit der Textgrundlage keine Lesestrategie außerhalb des wiederholten Lesens einzelner Abschnitte anwendet.	„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überflogen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“ (Florian, S7E, a40)

Tabelle 7.15 Ausschnitt aus dem Kodiermanual für manifeste Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen

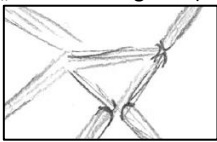
Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel, Anmerkung
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen [9.2.3]		
Kein angemessenes Abstraktionsmaß [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Wolowski & Scherb, 2022; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler bei der zeichnerischen Darstellung kein angemessenes Maß an Abstraktion wählt.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Abstraktionsgrad“ (7.4).  (Isabelle, S7B)
➤ Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung [9.2.7]		
Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen fällt schwer [deduktive Kategorie, Transformations-schwierigkeiten, vgl. z. B. Killermann et al., 2013]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf Schwierigkeiten bei der Übertragung der Lage und Proportionen von Strukturen hinweisen.	„Was mir schwer fiel, die Amöbe halt genau so zu zeichnen, wie sie unter dem Mikroskop aussieht. [...] Diese Vakuolen waren bei mir eher so rund, aber irgendwie sieht es unter dem Mikroskop etwas fleckiger aus.“ (Sophia, S8E, b18)

Abbildung 7.5 veranschaulicht die Kodierung a) einer Textstelle, b) einer visualisierten Tätigkeitsabfolge¹, c) einer Fläche innerhalb einer Zeichnung sowie d) eines Ausschnitts einer Videospur. Auf den von Mayring (2015) vorgeschlagenen Schritt der Paraphrasierung von extrahierten Passagen sowie auf die Zusammenfassung bedeutungsgleicher Informationen (Gläser & Laudel, 2009) wurde verzichtet, um eine Unschärfe oder Verfremdung der

¹ Erläuterungen hierzu schließen im nachfolgenden Unterkapitel 7.13 an.

ursprünglichen Aussage zu verhindern (vgl. Kuckartz, 2018). Während des gesamten Ablaufs der Analyse wurde die Einhaltung der qualitativen Gütekriterien sichergestellt (8.3). Eine Beschreibung der getroffenen Maßnahmen sowie die Darstellung der Inter- sowie Intracoder-Übereinstimmung erfolgt in Kapitel 8. Die abschließende **Ergebnisdarstellung** (Schritt acht, Abb. 7.3) erfolgt sowohl kategorien- (9.2, 9.3) als auch fallbezogen (9.5).

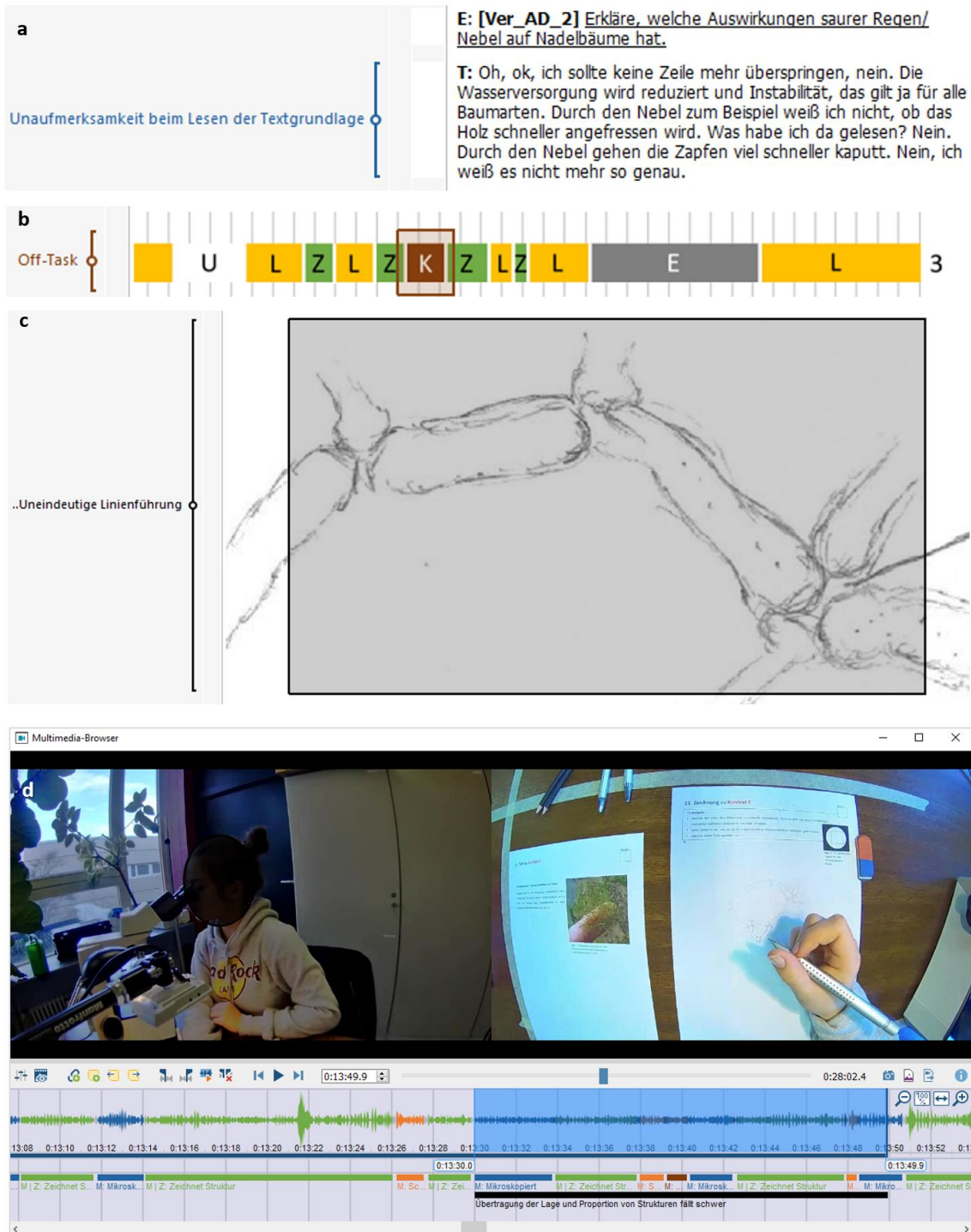


Abbildung 7.5 Kodierungen a) einer Textpassage im Transkript, b) eines Ausschnitts der visualisierten Tätigkeitsabfolge (vgl. 7.13), c) einer Zeichnung sowie d) eines Abschnitts der Videospur

7.12.3 Bezug der Kategorien zu Modellen und Theorien

Die nachfolgende Tabelle 7.16 zeigt die bereits zuvor angeführten Kategorien zu den Schwierigkeiten bzw. Fehlern, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betreffen, und stellt, wo möglich, Bezüge zu den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien (3.3-3.5) her. Dabei werden Verknüpfungen zwischen den einzelnen Komponenten der Modelle bzw. Theorien und den Kategorien bzw. Hauptkategorien (z. B. attentive Schwierigkeiten) hergestellt. Einige dieser Bezüge werden exemplarisch erläutert. Bezogen auf die **attentiven Schwierigkeiten** lassen sich alle sechs untergeordneten Kategorien [1-6, Tab. 7.16] mit dem Mehrspeichermodell des Gedächtnisses nach Atkinson und Shiffrin (1968; MSMG; 3.3) in Verbindung bringen. So führt beispielsweise Ablenkung [1] dazu, dass der Fokus der Aufmerksamkeit nicht auf aufgabenbezogene Informationsquellen ausgerichtet ist (Abb. 3.2 in 3.3) und es zu einer Unterbrechung der bisherigen Tätigkeit kommt. Dabei kann die Wiederholung von Informationen im Kurzzeitgedächtnis gestoppt werden, die während der Aufgabenbearbeitung aufrechterhalten werden sollen (Abb. 3.2 in 3.3). In dieser Folge benötigen Lernende nach dem Ende einer temporären Ablenkung erneut kognitive Ressourcen, um an vorausgegangene Lernprozesse anzuknüpfen. Bei der Steuerung des Aufmerksamkeitsfokus spielt die zentrale Exekutive eine wichtige Rolle (Baddeley, 2020; Gruber, 2011). Ebenso stellen die Aufmerksamkeit und Motivation der Schülerinnen und Schüler im Sinne einer volitionalen Eingebundenheit in den Lernprozess im Zusammenhang mit dem Generativen Modell des Lernens nach Wittrock (1974; GML) zwei von vier Bedingungen für erfolgreiches Lernen dar (3.4.1). Sind diese nicht erfüllt, ist es fraglich, inwiefern die Selektion, Organisation und Integration der Informationen noch angemessen gelingen kann (vgl. Fiorella & Mayer, 2015).

In Anlehnung an das Cognitive Model of Drawing Construction von van Meter und Firetto (2013; CMDC; 3.4.3) können **planungsbezogene Schwierigkeiten** [7, 8] mit unterschiedlichen Komponenten des Modells in Zusammenhang gebracht werden. So kann fehlendes Vorwissen (z. B. Pfeile repräsentieren Relationen) die zielführende Strukturierung der Zeichnung beeinträchtigen [8]. Eine unzuweckmäßige Strukturierung einer Zeichnung könnte aber auch das Resultat der Ableitung eines fragmentierten Erscheinungsbilds darstellen, welches zwar einzelne Informationen der Textgrundlage enthält, aber diese nur bedingt miteinander verknüpft. Das fragmentierte interne Erscheinungsbild kann auf Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage zurückzuführen sein (vgl. nachfolgende Erläuterungen zu den Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage). Bezogen auf die Selbstregulationsmechanismen von Winne (Winne & Hadwin, 1998; SRM; 3.4.3) ist es hinsichtlich der planungsbezogenen

Schwierigkeiten auch denkbar, dass es Lernenden vor dem Hintergrund fehlender Vorerfahrungen nicht gelingt, geeignete Standards für ihre Zeichnungen festzulegen (z. B. angemessene Größe [7]).

Die fünf den **Schwierigkeiten bzw. Fehlern in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen** [9-13] zugeordneten Kategorien lassen sich in Verbindung mit dem CMDC bringen. Ausgehend vom Modell spielt die Komponente des Vorwissens eine bedeutsame Rolle. Das Wissen darüber, wie sich einzelne Informationen zweckdienlich deskriptional (z. B. Notieren der Buchstaben „P r i m ä r k o n s u m e n t“) oder depiktional (z. B. Zeichnen einer Maus) abbilden lassen, geht auf Vorerfahrungen zurück. So können logische und zeitliche Zusammenhänge deskriptional meist zielführender dargestellt werden als depiktional (Scheiter et al., 2009). Darüber hinaus empfiehlt sich die deskriptionale Darstellung für das Abbilden abstrakter Konzepte (z. B. Saurer Regen) (Schnotz, 2014). Ebenso kann die depiktionale Darstellung in bestimmten Situationen Vorteile bieten (2.4). Bringen die Lernenden hierzu keine Vorerfahrungen mit, können im Modellzusammenhang bei der Externalisierung des Erscheinungsbilds Schwierigkeiten auftreten: Ziehen Lernende beispielsweise die deskriptionale Darstellung eines abstrakten Konzeptes (z. B. Atmosphäre) nicht eigenständig in Betracht, sondern halten an einer depiktionalen Darstellungsweise fest, kann sie letztere bei der verständlichen Darstellung des abstrakten Konzeptes vor eine Herausforderung stellen [13]. Weitere Bezüge zwischen den Kategorien der hier vorgestellten Hauptkategorie und den Komponenten des CMDC bzw. der SRM sind denkbar (Tab. 7.16).

Die Kategorien **der Schwierigkeiten bzw. Fehler in Folge von Kontrollversäumnis** [14-17] lassen sich mit den Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen des CMDC in Verbindung bringen. Fehlt die Anwendung von Kontrollstrategien oder treten wenig Selbst-Monitoring-Ereignisse im Zeichenprozess auf (vgl. van Meter, 2001; van Meter & Firetto, 2013), können Lernende prozessbegleitend [14] oder unmittelbar vor Beendigung der Aufgabenstellung [16, 17] versäumen, die eigene Zeichnung auf Vollständigkeit hin zu überprüfen. Im Zusammenhang mit der Kategorie zur Missachtung eines Teils der Aufgabenstellung [15] lassen sich ferner Bezüge zum MSMG sowie zum GML herstellen, denn die auf die Lernaufgabe gerichtete Aufmerksamkeit ist von zentraler Bedeutung für das (generative) Lernen. Van Meter und Firetto (2013, S. 253) verweisen weiterhin darauf, dass das eigene Selbstmonitoring im Zuge des regelmäßigen Abgleichs zwischen Ist- und Sollzustand zur Änderung des initialen Plans und zur Auswahl alternativer Strategien führen kann (3.4.3). Kommen Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen nur in geringem Umfang zum Einsatz, ist weiterhin mit **Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung** [18, 19] zu rechnen, da beispielsweise durch das Entfallen des

(frequentierten) Abgleichs zwischen Ist- und Sollzustand, eigene Fehler nicht erkannt und benannt werden können (z. B. können bereits im Text markierte Textinformationen übersehen und nicht in die eigene Zeichnung übernommen werden, da ein regelmäßiger oder abschließender Abgleich zwischen der Textgrundlage und der Zeichnung nicht stattfindet). Vorwissen und das Alter der Lernenden spielen bei der Selbsteinschätzung im Zusammenhang mit dem Zeichnen sicherlich eine vergleichbar wichtige Rolle wie in anderen Einschätzungssituationen (7.5). Schleinschok et al. (2017) und Kollmer et al. (2020) konnten jedoch wiederum feststellen, dass das Zeichnen die Qualität der Einschätzung von Lernprozessen verbessern kann. Grundsätzlich sind Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung im Hinblick auf künftige Zeichenanlässe besonders kritisch, da ohne selbst erkanntes Verbesserungspotential voraussichtlich keine Verbesserung – wenn nicht extern durch die Lehrkraft verursacht – eintreten wird.

Schwierigkeiten, die in Folge von fehlenden Hilfestellungen [20-22] auftreten, können potenziell mit allen Komponenten des CMDC in Verbindung stehen. Bringen Lernende nicht hinreichend Vorerfahrungen mit, können unbeantwortete Rückfragen [20, 21], die sich auf das Vorgehen der Lernenden bei der Externalisierung der Zeichnung beziehen, eine Herausforderung bei der adäquaten Abbildung von Informationen darstellen. In Anlehnung an die Cognitive Load Theory nach P. Chandler und Sweller (1991; CLT, 3.3) kann reines Zeichnen (en.: pure drawing, vgl. Leutner & Schmeck, 2022, S. 361), also das Zeichnen ohne Unterstützungsmaßnahmen, zu Überforderung [22] führen, wenn die Summe aus intrinsischer, lernbezogener und extrinsischer Belastung die Gesamtkapazität des Arbeitsgedächtnisses übersteigt. Da Zeichnen eine kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit darstellt (z. B. Fiorella & Mayer, 2015), ist zuvor genanntes Szenario wahrscheinlich.

Den **Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage** [23-31] sind wiederum neun Kategorien zugeordnet, die sich mit unterschiedlichen Modellen und Theorien in Verbindung bringen lassen. Die Auswahl relevanter Textinformationen [23], die eine Grundvoraussetzung für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen auf Grundlage von Texten darstellt, steht in enger Verbindung mit dem CMDC, das sowohl das Konzept der Selektion von Informationen aus dem SOI-Modell (select, organize, integrate) von R. E. Meyer (vgl. Fiorella & Mayer, 2015; 3.4.1) als auch das GML aufgreift. Ohne die Selektion, Organisation und Integration relevanter Textinformationen kann kein mentales Modell gebildet werden, das eine wichtige Grundlage für die Konstruktion eines Ablaufdiagramms darstellt (3.4.3). Das unzureichende Lesen oder Überspringen einzelner Textabschnitte [24] sowie der fehlende Abgleich der Zeichnung mit der Textgrundlage [26] kann bezüglich dem GML und dem MSMG mit fehlender Aufmerksamkeit in Verbindung gebracht werden. Beide Schwierigkeiten können in Anlehnung an das CMDC aber auch der fehlenden Anwendung

von Kontrollstrategien geschuldet sein. Ebenso zeigt sich, dass viele Lernende im Umgang mit biologischen Texten über ein eingeschränktes Strategierepertoire verfügen [27] und sie in dieser Folge nicht adäquat auf Schwierigkeiten reagieren können (Grospietsch et al., 2021, S. 57). Eine niedrige Lesegeschwindigkeit [28] und ein geringes Leseverständnis [29] können die Textarbeit zusätzlich erschweren (vgl. Schneider et al., 2007). Lesekompetenzen können im weitesten Sinne im Rahmen des CMDC der Modellkomponente des Vorwissens zugeordnet werden und die Modellkonstruktion in Folge der Selektion, Organisation und Integration erschweren. Überdies können fachliche Verständnisschwierigkeiten [25] auftreten, wenn von den Lernenden die Zusammengehörigkeit einzelner Informationen (Textkohärenz) nicht nachvollzogen werden kann. Im Hinblick auf die Konstruktion der späteren Zeichnung wäre dies problematisch, da die einzelnen Komponenten des CMDC interdependent sind (vgl. van Meter & Firetto, 2013): Eine beim Lesen nicht erkannte Textkohärenz könnte sich in der Zeichnung beispielsweise in Form von nicht eingezeichneten Relationen zwischen Elementen widerspiegeln. Lernenden, für die Deutsch eine Zweitsprache darstellt, können sprachliche Verständnisschwierigkeiten [30] in Bezug zum CMDC bzw. SOIM die Selektion, Organisation und Intergration beeinträchtigen. Betreffen die sprachlichen Verständnisschwierigkeiten bedeutsame Textinhalte, ist mit inhaltlichen Lücken in der späteren Zeichnung zu rechnen. In Verbindung mit dem CMDC kann darüber hinaus die Notwendigkeit, sich auf Grund fehlender visueller Ankerpunkte in der Textgrundlage (z. B. Markierungen, Unterstreichungen) wiederholt orientieren zu müssen [31], der fehlenden Nutzung von Organisationsstrategien zugeschrieben werden.

Tabelle 7.16 Bezug zwischen den gebildeten Kategorien der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien (3.3, 3.4)

Schwierigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente
Attentive Schwierigkeiten (9.2.1)			
1 Ablenkung	Scott & Dreher, 2016	MSMG GML	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit, Motivation (volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess)
2 Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung)	Cohn, 2012		
3 Bedeutsamkeitsmangel	Quillin & Thomas, 2015		
4 Fehlendes Bemühen/Interesse	Quillin & Thomas, 2015		
5 Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung	Leopold & Leutner, 2012		
6 Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung	induktiv		

Tabelle 7.16 (Fortsetzung)

Schwierigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente
Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.2.2)			
7 Unzweckmäßige Größe der Zeichnung	Scherb & Nitz, 2020	CMDC	Ableitung, Externalisierung, Vorwissen bzw. Integrieren (Modellkonstruktion) Festlegen von Standards
8 Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung	Beurteilungskriterium	SRM	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.2.3)			
9 Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen	induktiv	CMDC	Externalisierung, Vorwissen
10 Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)	induktiv		
11 Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen	Retzlaff-Fürst, 2020	CMDC	Ableitung, Externalisierung, Vorwissen
12 Uneindeutige Linienführung	induktiv	CMDC	Externalisierung, Vorwissen
13 Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer	induktiv	CMDC	Ableitung, Externalisierung, Vorwissen Festlegung von Standards, Entwicklung eines Plans zur Realisierung dieser
		SRM	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.2.4)			
14 Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung	induktiv	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen: insbesondere Kontrollstrategien
15 Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet	induktiv		
16 Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (ohne Lesestrategie)	induktiv	MSMG	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen
17 Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (trotz Lesestrategie)	induktiv	GML	Aufmerksamkeit
Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.2.5)			
18 Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen	induktiv	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen, Vorwissen
19 Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt	Brown & Harris, 2013		
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.2.6)			
20 Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)	induktiv	CMDC	potenziell alle Bereiche des Modells
21 Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet	induktiv		
22 Überforderung	Spörhase, 2010b	CLT CMDC	Extrinsische Belastung potenziell alle Bereiche des Modells

Tabelle 7.16 (Fortsetzung)

Schwierigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente
Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage (9.2.7)			
23 Auswahl relevanter Textinformationen fällt schwer	induktiv	CMDC SOIM	Element auswählen Selektion
24 Einzelne Textabschnitte werden nicht gelesen	induktiv	CMDC GML MSMG	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen: insbesondere Kontrollstrategien Aufmerksamkeit Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen
25 Fachliche Verständnisschwierigkeiten	van Meter, 2001	CMDC SOIM	Vorwissen Integration
26 Fehlender Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses	induktiv	CMDC GML	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen, Aufmerksamkeit, Motivation
27 Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n)	Grospietsch et al., 2021	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen: insbesondere Organisationsstrategie
28 Niedrige Lesegeschwindigkeit (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung)	Schneider et al., 2007	} (CMDC)	(Vorwissen)
29 Niedriges Leseverständnis (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung)	Schneider et al., 2007		
30 Sprachliche Verständnisschwierigkeiten	Gogolin & Lange, 2011	SOIM (CMDC)	Selektion, Organisation, Integration (Vorwissen)
31 Wiederholtes Orientierungsverhalten im Text durch fehlende visuelle Ankerpunkte (z. B. Markierungen)	induktiv	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen: insbesondere Organisationsstrategie

Anmerkung. CMDC = Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3), GML = Generatives Modell des Lernens (3.4.1), MSMG = Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (3.3), SOIM = SOI-Modell (3.4.1), SRM = Selbstregulationsmechanismen (3.4.3), CLT = Cognitive Load Theory (3.3).

Die nachfolgende Tabelle 7.17 zeigt wiederum die Hauptkategorien und Kategorien, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffen. Auch hier werden Bezüge zu den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien (3.3-3.5) hergestellt. Einige dieser Bezüge werden hiernach exemplarisch erläutert.

Die vorausgegangenen die Ablaufdiagramme betreffenden Erläuterungen zu den **attentiven Schwierigkeiten** sind auf mikroskopische Zeichnungen übertragbar. Auch hier können Bezüge zwischen den sechs Kategorien [1-6] und dem MSMG sowie dem GML hergestellt werden (Tab. 7.17). Dabei stehen die Aufmerksamkeit der Schülerinnen und Schüler und ihre volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess im Vordergrund.

Auf Seiten der mikroskopischen Zeichnungen umfassen die **planungsbezogenen Schwierigkeiten** die Kategorien fehlende (Vor-)Strukturierung [7] und unzuweckmäßige Größe der Zeichnung [8]. Beide Schwierigkeiten lassen sich im Modell des Zeichnens von Objekten von van Sommers (1989; MZO; 3.5.2) verankern und beziehen sich darin auf die Komponente der Abbildungsentscheidungen und -prozesse. Lernende treffen nach Abschluss der

visuellen Analyse grundlegende Entscheidungen zur Abbildung der gesehenen Strukturen (z. B. Festlegung der Gestalt, des Zustands und des Detailgrads, 3.5.2). Fehlen diese Vorüberlegungen, könnte die resultierende Zeichnung beispielsweise zu klein ausfallen, sodass sich ein Teil der dargestellten Strukturen nur schwer voneinander unterscheiden lässt. Auch ist dann denkbar, dass die Größe der Zeichnung ein weitestgehend zufälliges Produkt der additiven Darstellung nacheinander gezeichneter Strukturen ist.

Den **Schwierigkeiten bzw. Fehlern in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen** [9-16] sind acht Kategorien zugeordnet, die sich alle mit dem MZO in Verbindung bringen lassen, jedoch, wie nachfolgend dargestellt, mit unterschiedlich guter Passung. Bezüge zwischen den Kategorien und den Komponenten des Modells liegen vor allem auf der Ebene der Abbildungsentscheidungen vor, vereinzelt aber auch im Zusammenhang mit den motorischen Programmen [13] und der visuellen Analyse des mikroskopischen Objekts [15, 16]. Während bei van Sommers (1989, 2009) zwar die Bedeutsamkeit von Vorwissen bei unterschiedlichen Komponenten seines Modells anklingt (z. B. kontingentes Planen, routiniertes Planen, 3.5.2), taucht das Vorwissen innerhalb des Modells (im Gegensatz zum CMDC) nicht als eigene Modellkomponente auf. Es ist anzunehmen, dass beispielsweise ein erhöhter Zeitbedarf in Folge der Darstellung vieler redundanter Strukturen [9] oder in Folge der Ausführung optionaler anderer Tätigkeiten [10, 14] in enger Verbindung mit fehlendem Vorwissen über repräsentationsspezifische Konventionen steht (3.5.3). Lernende, die dieses Vorwissen mitbringen, könnten dahingegen auf die Ausführung der optionalen Tätigkeiten verzichten. Ebenso kann für alle Kategorien der Schwierigkeiten bzw. Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen ein Bezug zu den SRM hergestellt werden, auch wenn diese ursprünglich von van Meter und Firetto (2013) in Verbindung mit dem Zeichnen auf Grundlage von Texten im Rahmen des CMDC gebracht wurden. So bedeutet beispielsweise ein fehlendes Abstraktionsmaß [11] vor dem Hintergrund der SRM, dass es Lernenden nicht gelingt, geeignete Standards für die eigene Zeichnung festzulegen (z. B. Wie detailliert soll meine Zeichnung sein? Was wird von mir erwartet?).

Für die acht Kategorien, die den **Schwierigkeiten bzw. Fehlern in Folge von Kontrollver-säumen** [17-24] zugeordnet sind, lassen sich vielfältige Bezüge zu unterschiedlichen Modellen bzw. Theorien herstellen (Tab. 7.17). Hinsichtlich mehrerer Kategorien fällt die Passung zu den Komponenten des MZO jedoch gering aus. Die Limitation des MZO gegenüber dem CMDC werden am Beispiel der Kategorien des seltenen oder unregelmäßigen Abgleichs mit dem mikroskopischen Objekt [20] und dem des seltenen Überblickens oder Kontrollierens der eigenen Zeichnung [21] deutlich. Beide Schwierigkeiten können in Anlehnung an das MZO der Modellkomponente der visuellen Analyse zugeordnet werden, sinnvoller wäre allerdings in Anlehnung an das CMDC die Zuordnung zu den Metakognitions- und

Selbstregulationsmechanismen, nämlich insbesondere zu den Kontrollstrategien, vorzunehmen. Das CMDC beschränkt sich, wie in der theoretischen Rahmung beschrieben, jedoch auf die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten und das MZO auf das Zeichnen von Objekten. Beim MZO sind Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen nicht als explizite Modellkomponente verankert, obwohl diese eine wichtige Rolle für die Konstruktion unterschiedlicher Repräsentationen spielen können [20, 21; Kollmer et al., 2020; Schleinschok et al., 2017; Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001]. Weitere Bezüge zwischen den Kategorien der Schwierigkeiten bzw. Fehler in Folge von Kontrollversäumnis und den SRM sowie dem GML und dem MSMG sind denkbar (Tab. 7.17). Vor dem Hintergrund der im MZO, im Gegensatz zum CMDC, nicht ausgewiesenen Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen lässt sich zudem kein unmittelbarer Bezug zu den **Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung** [25] herstellen. Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung lassen sich allerdings mit dem Vorwissen (und Alter)¹ der Lernenden in Verbindung bringen, das im MZO zwar ebenso nicht als explizite Modellkomponente ausgewiesen ist, aber mit verschiedenen Komponenten im Zusammenhang steht (z. B. kontingentes Planen, routiniertes Planen, 3.5.2).

Drei der vier Kategorien der **Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen** [26-29] lassen sich potenziell mit allen Komponenten des MZO in Zusammenhang bringen. Verfügen die Lernenden lediglich über geringe repräsentationsspezifische Vorerfahrungen, so können beim Ausbleiben von Hilfestellungen [26, 27] während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der visuellen Analyse (z. B. 33) oder der Produktion der Zeichnung auftreten (z. B. 8). Die Kategorie zur Überforderung [28] lässt sich wiederum mit der CLT in Verbindung bringen. Treten viele Schwierigkeiten während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung auf, die eine hohe extrinsische Belastung erzeugen, stehen nicht mehr ausreichend kognitive Kapazitäten für die inhaltliche Auseinandersetzung, die ihrerseits intrinsische und lernbezogene Belastung erzeugt, zur Verfügung.

Die fünf den **Schwierigkeiten in Folge von fehlender oder geringer Vorerfahrung** [30-34] zugeordneten Kategorien lassen sich mit unterschiedlichen Komponenten des MZO in Beziehung setzen. Die Kategorien zur Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts [30] sowie zur Übertragung der Lage und Proportionen von Strukturen [33] beziehen sich innerhalb des MZO auf die visuelle Analyse von Strukturen. Für die letztgenannte Schwierigkeit lässt sich darüber hinaus ein eindeutiger Bezug zur Modellkomponente der Abbildungsentscheidungen erkennen, sobald Lernende die Längen- und Größenverhältnisse der

¹ Vgl. vorausgegangene Erläuterungen zu den Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung im Zusammenhang mit Ablaufdiagrammen.

erkannten Strukturen auf das Zeichenblatt übertragen. Die übrigen drei Kategorien [31, 32, 34] stehen im Zusammenhang mit dem repräsentationsspezifischen Vorwissen der Lernenden, das im MZO, wie zuvor dargestellt, nicht explizit als Modellkomponente ausgewiesen ist, aber an mehreren Stellen anklingt (z. B. kontingentes Planen, routiniertes Planen, 3.5.2). Bei fehlender Kenntnis von zeichnerischen Konventionen [32] ist zudem anzunehmen, dass es den Lernenden in Bezug zu den SRM nicht gelingt, geeignete Standards (z. B. Abstraktionsgrad) für ihre Zeichnung festzulegen.

Die vorausgegangenen Erläuterungen zu den beiden Repräsentationsformen zeigen, dass für die meisten der deduktiv oder induktiv gebildeten Kategorien eindeutige Bezüge zwischen den für das Zeichnen grundlegenden Modellen bzw. Theorien hergestellt werden können. Weiterhin wurde deutlich, dass die Modellkomponenten des CMDC an vielen Stellen eine bessere Verortung der Kategorien erlauben als die des MZO. Insbesondere die in letzterem Modell nicht explizit ausgewiesenen Modellkomponenten zum Vorwissen der Lernenden sowie zu den Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen erschweren die Zuordnung der Kategorien, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffen. Weiterführende Erläuterungen zu allen Kategorien bietet Anhang 8.1 für Ablaufdiagramme sowie Anhang 8.2 für mikroskopische Zeichnungen.

Tabelle 7.17 Bezug zwischen den gebildeten Kategorien der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien (3.3, 3.5)

Schwierigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente
Attentive Schwierigkeiten (9.3.1)			
1 Ablenkung	Scott & Dreher, 2016	MSMG (GML)	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit, Motivation (volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess)
2 Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung)	Cohn, 2012		
3 Bedeutsamkeitsmangel	Quillin & Thomas, 2015		
4 Fehlendes Bemühen/Interesse	Quillin & Thomas, 2015		
5 Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung	Leopold & Leutner, 2012		
6 Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung	induktiv		
Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.3.2)			
7 Fehlende (Vor-)Strukturierung	Wanner, 2004	MZO	Abbildungsentscheidungen
8 Unzweckmäßige Größe der Zeichnung	Scherb & Nitz, 2020		

Tabelle 7.17 (Fortsetzung)

Schwierigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente
Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.3.3)			
9 Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Strukturen	induktiv	MZO SRM	Abbildungsentscheidungen (Vorwissen) Festlegung von Standards
10 Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)	Beurteilungskriterium		
11 kein angemessenes Abstraktionsmaß	Beurteilungskriterium		
12 Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen	Retzlaff-Fürst, 2020		
13 Uneindeutige Linienführung	Beurteilungskriterium		
14 Verwendung von Farbe	Gropengießer et al., 2012		
15 Zellen grenzen nicht natürlich aneinander (Dachziegelstruktur, ...)	Stahl-Biskup & Reichling, 2015	MZO	Abbildungsentscheidungen, Visuelle Analyse (Vorwissen) Festlegung von Standards
16 Zellen nicht geschlossen dargestellt	Stahl-Biskup & Reichling, 2015	SRM	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.3.4)			
17 Beschriftung trotz Vorlage unvollständig	Beurteilungskriterium	MSMG GML	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit
18 Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur	Beurteilungskriterium	MSMG GML (MZO)	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit (Vorwissen)
19 Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien	Scherb & Nitz, 2020	MZO SRM	Abbildungsentscheidungen (Vorwissen) Festlegung von Standards
20 Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt	induktiv	MZO	Visuelle Analyse
21 Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung	induktiv		
22 Struktur(en) teilweise falsch beschriftet	Beurteilungskriterium	MSMG GML (MZO)	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit (Vorwissen)
23 Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet	induktiv	MSMG GML	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit
24 Vorgabe des Bildausschnitts nicht beachtet	induktiv	MZO MSMG GML	Visuelle Analyse Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen Aufmerksamkeit
Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.3.5)			
25 Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt	Brown & Harris, 2013	(MZO)	(Vorwissen)

Tabelle 7.17 (Fortsetzung)

Schwierigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.3.6)			
26 Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)	induktiv	MZO	potenziell alle Komponenten des Modells
27 Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet	induktiv		
28 Überforderung	Spörhase, 2010b	MZO CLT	potenziell alle Komponenten des Modells Extrinsische Belastung
29 Wesentliche Hilfestellung wurde gegeben	induktiv	-	-
Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung (9.3.7)			
30 Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts fällt schwer	induktiv	MZO	Visuelle Analyse
31 Fehlende bzw. geringe Vorerfahrung zum Zellaufbau	induktiv	(MZO)	(Vorwissen)
32 Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt (vgl. 9.3.3 für Folgen)	induktiv	(MZO) SRM	(Vorwissen) Festlegung von Standards
33 Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen fällt schwer	Killermann et al., 2013	MZO	Visuelle Analyse, Abbildungsentscheidungen
34 Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen	Scherb & Nitz, 2020	(MZO)	(Vorwissen)

Anmerkung. CLT = Cognitive Load Theory (3.3), GML = Generatives Modell des Lernens (3.4.1), MZO = Modell zum Zeichnen von Objekten (3.5.2), MSMG = Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (3.3), SRM = Selbstregulationsmechanismen (3.4.3).

Bezogen auf die theoriegeleitete Festlegung der inhaltlichen Hauptkategorie in Anlehnung an Mayring (2015; zweiter Schritt in Abb. 7.3 in 7.12.2) machten die vorausgegangenen Erläuterungen zugleich deutlich, dass die Schwierigkeiten bzw. Fehler im Zusammenhang mit der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen sehr vielfältig sind ($n = 65$) und einzelne Kategorien multiple Komponenten von Modellen und Theorien betreffen. Vor diesem Hintergrund ist eine exklusive Zuordnung einzelner Hauptkategorien/Kategorien zu einer einzigen Theorie oder einem einzigen Modell meist nicht sinnvoll. Kuckartz (2018, S. 72, 73) verweist darauf, dass bei der induktiven Kategorienbildung kein Anspruch besteht, dass zwei Kodierende zu den identischen induktiven Kategorien gelangen. Die gebildeten Hauptkategorien stellen letztendlich induktive Gruppierungsversuche für verwandte (deduktive und induktive) Kategorien unter Theorie- und Modellbezug dar. Grundsätzlich sind leicht abweichende Gruppierungen denkbar. Beispielsweise lassen sich einzelne Kategorien, die der Hauptkategorie *Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis* untergeordnet sind, zugleich als attentive Schwierigkeiten einstufen, auch wenn diese nicht ebenso grundlegend für den Zeichenprozess sind, als die aktuell den attentiven Schwierigkeiten zugeordneten Kategorien.

7.13 Kategoriensysteme zu Tätigkeiten

Zunächst wird der Erkenntniswert der Tätigkeitsanalyse herausgestellt (7.13.1), bevor die Entwicklung der Kategoriensysteme erläutert wird (7.13.2). Hiernach werden die gebildeten Kategorien mit den bereits in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien in Verbindung gebracht (7.13.3). Im Anschluss werden die Auswertung und Visualisierung der Tätigkeitsanalyse beschrieben (7.13.4). Das Vorgehen wird dabei anhand eines Fallbeispiels verdeutlicht. Aus der Tätigkeitsanalyse gehen unterschiedliche Variablen hervor (7.13.5), die neben der Ermittlung der Tätigkeitswechsel (Anhang 9.6, Anhang 9.7) eine wesentliche Voraussetzung für die Visualisierung der Prozessstrukturen (7.13.6) darstellen.

7.13.1 Erkenntniswert und Vorbemerkungen

Das zentrale Instrument zur Beantwortung von Forschungsfrage 1 stellt die Tätigkeitsanalyse dar. Bezogen auf Forschungsfrage 3 erlaubt die Visualisierung der Tätigkeitsabfolge (7.13.4) bzw. der Prozessstruktur (7.13.6) ebenfalls die Kontrastierung von Fällen. Bereits in anderen naturwissenschaftsdidaktischen Studien stellte sich die Analyse und Visualisierung von Phasen von Prozessen als geeignete Methodik heraus (z. B. Kambach, 2018).

Die Analyse der Tätigkeiten, denen die Teilnehmenden während der Anfertigung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen nachgehen, gestattet es, deren Anzahl (Häufigkeit des Auftretens) und Dauer (im Einzelfall oder kumulativ) zu ermitteln. Weiterhin ermöglicht die Analyse eine transparente Abbildung der aufeinanderfolgenden Tätigkeiten, sodass in nachgelagerten Auswertungs- und Interpretationsschritten nicht jedes Mal erneut auf die Videospur zurückgegriffen werden musste. Auf Grundlage der Visualisierung der Tätigkeitsabfolge kann zum Teil auch eine Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern (z. B. Ablenkung während des initialen Lesens der Textgrundlage) stattfinden. Sie erfüllt damit ferner eine Funktion bei der Beantwortung der Forschungsfragen 2.1 und 2.2. Anhand der Visualisierung der Prozessstruktur (7.13.6) kann wiederum verhältnismäßig schnell erkannt werden, ob eine Teilnehmerin oder ein Teilnehmer beispielsweise eine Tätigkeit auslöst oder nur in geringem Umfang ausübt, die zur Aufgabenbearbeitung notwendig gewesen wäre (z. B. das abschnittsweise Lesen einzelner Textpassagen während der Anfertigung eines Ablaufdiagramms).

Bei der durchgeführten qualitativen Analyse der Tätigkeiten handelt es sich um eine visuelle Dokumentenanalyse bzw. im engeren Sinne um eine Videoanalyse (Döring & Bortz, 2016). Dabei stellt nicht ein Transkript, sondern die Videospur selbst das Ausgangsmaterial der Kodierung dar. Die Kodierung der Videospur wird erst durch die computergestützte

Auswertung ermöglicht (Kuckartz, 2018). Auf die ausschließliche Kodierung von Videospuren, also den Umgang mit nicht-textbasierten Ausgangsmaterials gehen weder Kuckartz (2018) noch Mayring (2016) näher ein. Das nachfolgend vorgestellte Vorgehen ist angelehnt an das Verfahren der inhaltlichen Strukturierung nach Mayring (2015), das bereits ausführlich für die Analyse von Schwierigkeiten (7.12) vorgestellt wurde. Das Vorgehen der tätigkeitsbezogenen Analyse dieser Arbeit gleicht dem bereits erläuterten Ablaufmodell der inhaltlichen Strukturierung (Abb. 7.3 in 7.12.2): So erfolgte eine theoriegeleitete Kategorienbildung (7.13.2, 7.13.3), die Bestimmung der Analyseeinheiten (Auswertungs-, Kodier-, Kontexteinheit; Anhang 8.3, Anhang 8.4), die Formulierung von Kodierregeln und die Auswahl von Ankerbeispielen (Anhang 8.3, Anhang 8.4), die die Auswertung und Analyse leiteten, ebenso wie wiederholte Materialdurchläufe und eine Extraktion der Fundstellen (7.13.4). Verschiedenste Maßnahmen trugen auch hier zur Qualitätssicherung bei (8.2). Auf eine erneute ausführliche Darstellung des Rahmens der inhaltlichen Strukturierung (7.12.1, 7.12.2) wird daher verzichtet und der Schwerpunkt auf die Erörterung der praktischen Durchführung dieser gelegt.

7.13.2 Entwicklung der Kategoriensysteme

Die bereits existierenden Kategoriensysteme mit Bezug zum Zeichenprozess betreffen, wie zuvor dargestellt (3.6), entweder ausschließlich Selbst-Monitoring-Ereignisse (vgl. van Meter, 2001) oder verschiedene Denkprozesse von Lernenden (vgl. Scott & Dreher, 2016), die in beiden Studien durch den Einsatz des lauten Denkens transparent gemacht wurden. Darüber hinaus weist das Kategoriensystem von Scott und Dreher (2016) teilweise keine trennscharfen Kategorien auf und zeigt weitere Limitationen (3.6). In Anbetracht dieser Tatsachen können beide Kategoriensysteme den Zeichenprozess auf der Ebene der Sichtstruktur nicht bzw. nicht lückenlos beschreiben. Außerdem stehen beide Kategoriensysteme nur in Verbindung mit dem Zeichnen auf Grundlage von Texten und nicht mit dem Zeichnen auf Grundlage der Beobachtung von Objekten. Letzteres ist für die Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen relevant und muss zur Beantwortung von Forschungsfrage 1 ebenso berücksichtigt werden.

Obwohl eine Synthese aus beiden Kategoriensystemen nicht zielführend war, konnten aus den beiden Studien von van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016) folgende Tätigkeiten abgeleitet werden, mit deren Auftreten im Zeichenprozess zu rechnen ist: a) Zeichnen bzw. notieren von Textinformationen, b) Lesen in Abhängigkeit vom Ausgangsmaterial, c) Rückfragen bzw. Austausch zwischen Teilnehmenden und anderen Personen, d) Monologisieren, d. h. Phasen in denen nur oder primär gesprochen wird, e) Betrachten der Zeichnung, ohne zu sprechen f) Verwerfen von Strukturen sowie g) Ablenkung und Beschäftigung mit

Tätigkeiten, die nicht im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung stehen. Auf Grundlage dieser Zusammenstellung und weiterführender Literatur, wurden die meisten in Abbildung 7.6 und 7.7. dargestellten Tätigkeiten zur Beschreibung des Zeichenprozesses auf der Ebene der Sichtstruktur deduktiv abgeleitet. Abbildung 7.6 stellt diese überblickshaft für Ablaufdiagramme und Abbildung 7.7 für mikroskopische Zeichnungen dar. Die wenigen im Rahmen der Analyse induktiv hinzugekommenen Kategorien sind ergänzend dargestellt. Das Ziel bestand in einer möglichst durchgängigen Kodierung aller Tätigkeiten, die Lernende während der Konstruktion der beiden Repräsentationsformen ausüben (7.14.4). Wiederholte Materialdurchläufe von Erstkodierer (Autor) sowie einer weiteren Person stellten die Ausschärfung des Kategoriensystems sicher (Anhang 8.3, Anhang 8.4) und führten zur Präzisierung der Kategoriendefinitionen. Zusätzlich wurde die Intercoder-Übereinstimmung ermittelt (8.2).

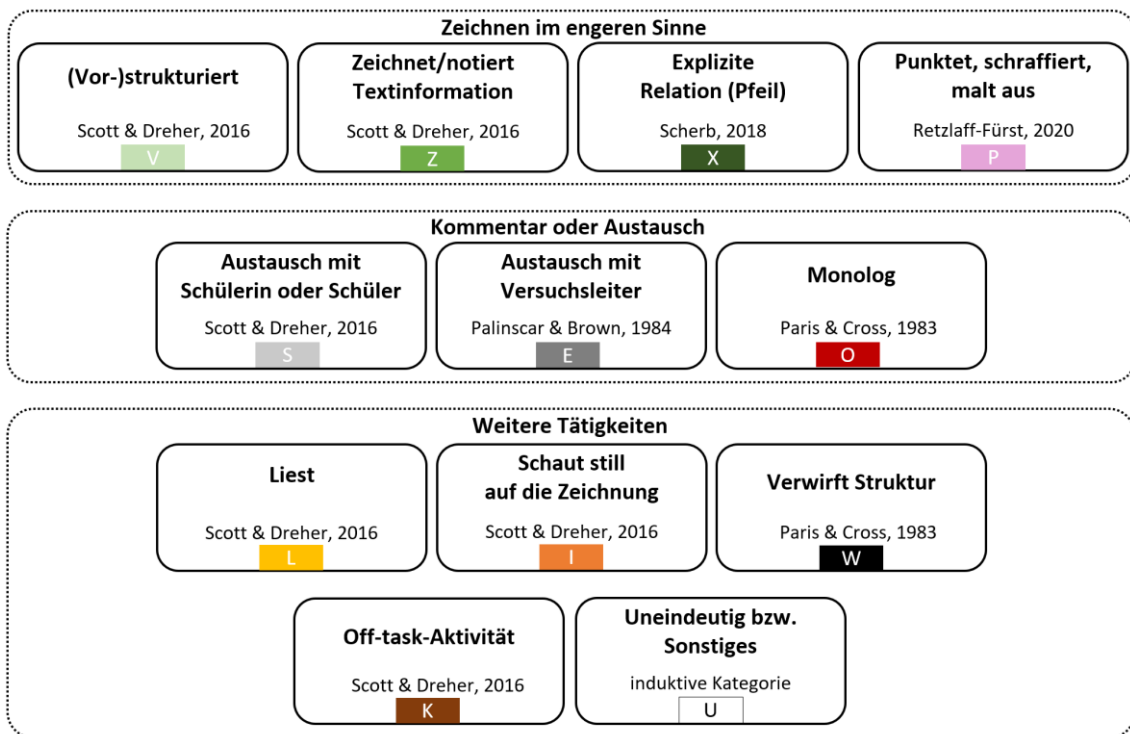


Abbildung 7.6 Tätigkeiten während der Konstruktion der Ablaufdiagramme

Anmerkung. Die genannten Quellen sind als exemplarische Belege der jeweiligen deduktiven Kategorie zu verstehen.

Jeder Kategorie wurde eine Farbe zugeordnet. Auf Grund des umfangreichen Kategoriensystems und der damit verbundenen breiten Farbpalette für Tätigkeiten, wurden die einzelnen Tätigkeiten zur besseren Abgrenzung mit einem kategorienspezifischen Buchstaben beschriftet (Abb. 7.6, Abb. 7.7). Damit sind die Tätigkeiten auch in Schwarz-Weiß-Ansicht oder bei Farbenblindheit eindeutig erkenn- und differenzierbar. Innerhalb der

visualisierten Tätigkeitsabfolgen (Anhang 7) sind die einzelnen Farbcodes durch eine weiße Trennlinie voneinander abgegrenzt (Abb. 7.9). Bei der farblichen Abstufung der Farbcodes wurde, wie nachfolgend dargestellt, eine Farblogik etabliert, die die Lesbarkeit vereinfacht (z. B. Zwick & Schmitz, 2004).

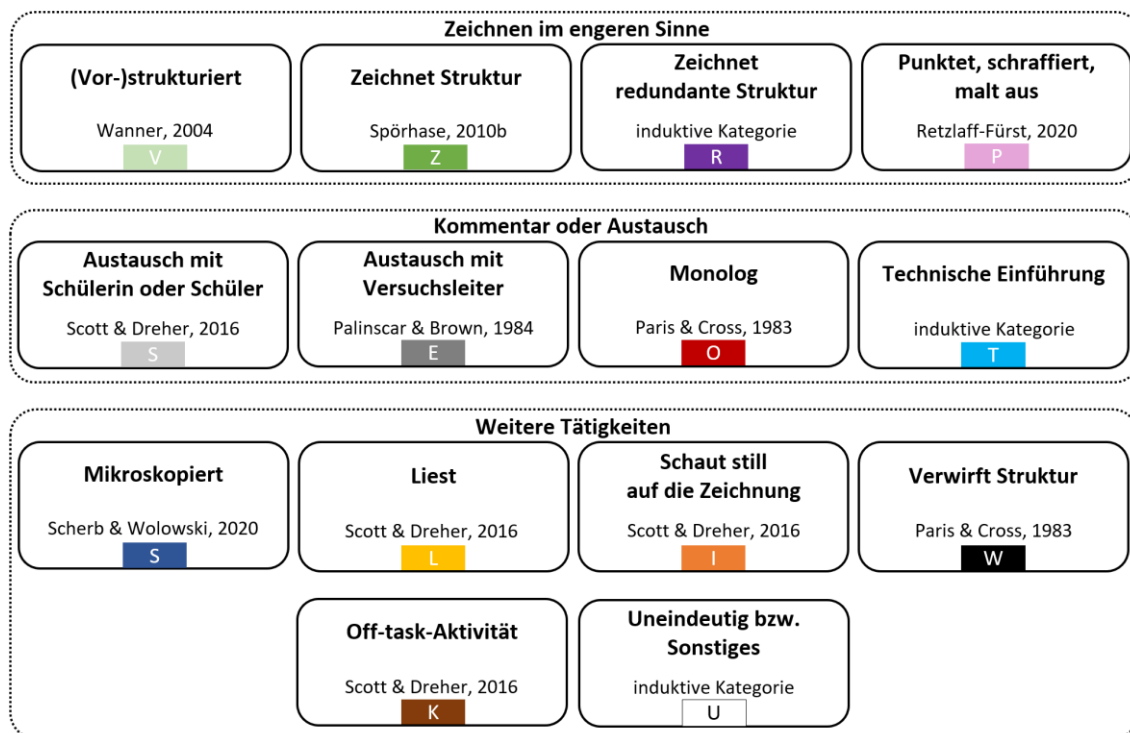


Abbildung 7.7 Tätigkeiten während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen

Anmerkung. Die genannten Quellen sind als exemplarische Belege der jeweiligen deduktiven Kategorie zu verstehen.

Mit dem Zeichnen verbundene Tätigkeiten sind entweder hellgrün („(Vor-)strukturiert“), mittelgrün („Zeichnet/notiert Textinformation“) oder dunkelgrün („Explizite Relation (Pfeil)“) dargestellt. Dyadische Kommunikation ist hellgrau („Austausch mit Schülerin oder Schüler“) oder dunkelgrau („Austausch mit Versuchsleiter“) dargestellt und hebt sich damit von der rot dargestellten monologischen Gesprächsform („Monolog“) ab. Blickt eine Schülerin oder ein Schüler lediglich still auf die eigene Zeichnung, ohne parallel einer anderen Tätigkeit nachzugehen, ist dies durch eine orangefarbene Markierung („Schaut still auf die Zeichnung“) dargestellt. Liest eine Schülerin oder ein Schüler die Textgrundlage, den Einführungstext oder die Aufgabenstellung, so wurde die Tätigkeit gelb („Liest“) markiert. Das Punketen, Schraffieren und Ausmalen gezeichneter Strukturen und die Darstellung einer Vielzahl redundanter Strukturen ist gemäß zeichnerischer Beurteilungskriterien meist nicht notwendig (z. B. Retzlaff-Fürst, 2020; Spörhase, 2010b). Nicht notwendige Tätigkeiten wurden rosa („Punktet, schraffiert, malt aus“) oder lila („Zeichnet redundante Struktur“)

dargestellt. Mit dem Zeichnen verbundene technische Aspekte wurden hellblau („Technische Einführung“) oder mittelblau („Mikroskopiert“) markiert. Für die verbleibenden Tätigkeiten, zwischen denen es keine nähere Zusammengehörigkeit gibt, wurde auf eine farbliche Abstufung verzichtet: braun („Off-task-Aktivität“), weiß umrandet („Uneindeutig bzw. Sonstiges“), schwarz („Verwirft Struktur“).

Unterkapitel 5.2.1 zeigte bereits, dass eine technische Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop notwendig war. In der Regel erfolgte die technische Einführung, bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Aufgabe begonnen hatten. Liegt die technische Einführung vor dem definierten Startzeitpunkt der Tätigkeitsanalyse (7.13.4), wird sie nicht kodiert. Teilweise war es notwendig, dass der Versuchsleiter zusätzlich zu der im Vorfeld geleisteten technischen Einführung weitere Hinweise zum Umgang mit dem Mikroskop gab. Dies machte die Einführung einer gleichnamigen Kategorie unabdingbar.

Beim mikroskopischen Zeichnen kann es notwendig sein, bestimmte Strukturen in geringer Anzahl redundant darzustellen. So müssen beispielsweise bei einem Querschnitt einer Kiefernadel (z. B. Spörhase, 2010b, S. 150) deutlich mehr redundante Strukturen gezeichnet werden, als bei der Zeichnung einer Zwiebelzelle (z. B. Scherb & Wolowski, 2020, S. 6). Die Merkmale mikroskopischer Objekte sollen bei der Überführung in eine Zeichnung knapp dargestellt werden (Gropengießer et al., 2012, S. 88). Damit verbunden ist ein gewisses Maß der Generalisierung. Wie die zuvor angeführten Beispiele zeigen, ist die Anzahl an Strukturen, die sinnvollerweise redundant dargestellt werden, vom jeweiligen Kontext abhängig: (I) Der mikroskopische Kontext der siebten Klassenstufe (Präparat: Zellen des Wassernetzes, *Hydrodictyon spec.*) erforderte keine Darstellung redundanter Strukturen (Anhang 2.1). Wie in Unterkapitel 5.2.5 beschrieben, entfiel das Einzeichnen von Zellorganellen, durch den Aufgabenzusatz: *Zeichne keine Zellorganellen ein.* (II) Der mikroskopische Kontext der achten Klassenstufe (Präparat: Amöbe, *Amoeba proteus*) erforderte die Darstellung einiger weniger redundanter Strukturen. Es reichte dabei aus, weniger als zehn Nahrungsvakuolen innerhalb der Amöbe einzuzichnen (Anhang 2.2). (III) Der erste mikroskopische Kontext der zehnten Klassenstufe (Präparat: Zellen eines Laubmoosblättchens, *Mnium spec.*) erforderte gemäß der Aufgabenstellung die Darstellung von Chloroplasten in einer einzigen Zelle. Der Erwartungshorizont zeigt alle im mikroskopischen Bild gut sichtbaren Chloroplasten (Anhang 2.3). Zur angemessenen Repräsentation des mikroskopischen Präparats reichte es, wie im Fall der Amöbe, aus, etwa zehn Chloroplasten darzustellen. (IV) Der zweite mikroskopische Kontext der zehnten Klassenstufe (Präparat: Epidermis der Tulpe, *Tulipa spec.*) erforderte wiederum keine Darstellung redundanter Strukturen (Anhang 2.4).

Neben den bereits einleitend angeführten Limitationen, die sich mit Blick auf die Kategoriensysteme von van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016) erkennen lassen, stellen beide Studien zudem keine expliziten Bezüge zwischen den gebildeten Kategorien und den Komponenten von Modellen bzw. Theorien (3.3, 3.4.3, 3.5.2), die mit dem Zeichnen in Zusammenhang gebracht werden können, her. Bezogen auf die im Rahmen dieser Studie gebildeten und zuvor überblickshaft dargestellten Kategorien (Abb. 7.6, Abb. 7.7) kommt das nachfolgende Unterkapitel diesem Anspruch nach.

7.13.3 Bezug der Kategorien zu Modellen und Theorien

In den beiden nachfolgenden Tabellen 7.18 und 7.19 werden die bereits zuvor angeführten Tätigkeiten, die Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen ausüben, mit den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen oder Theorien (3.3-3.5) in Verbindung gebracht.

Der vom Versuchsleiter initiierte Austausch mit einer Schülerin oder einem Schüler [AD.1 in Tab. 7.18, MZ.1 in Tab. 7.19] (z. B. ausgelöst durch einen Impuls des lauten Denkens; 5.3.3) stellt bezogen auf Ablaufdiagramme und mikroskopische Zeichnungen, ebenso wie die Tätigkeiten der technischen Einführung [MZ.10] und des Monologs [AD.5, MZ.5], ein Artefakt der spezifischen Erhebungssituation dar. Parallelen zwischen diesen drei Tätigkeiten der spezifischen Erhebungssituation und ähnlichen Tätigkeiten im natürlichen Umfeld – dem Unterricht – lassen sich dennoch annehmen (10.1). Der Austausch mit dem Versuchsleiter [AD.2] während der Konstruktion eines Ablaufdiagramms lässt sich dahingehend mit dem Cognitive Model of Drawing Construction von van Meter und Firetto (2013; CMDC; 3.4.3) in Verbindung bringen. So kann eine gezielte Rückfrage der Lernenden der Modellkomponente der Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen zugeordnet werden. Auf der Seite der mikroskopischen Zeichnungen gibt es bezogen auf das Modell des Zeichnens von Objekten von van Sommers (1989; MZO; 3.5.2) keine vergleichbare Modellkomponente, mit der sich der Austausch mit dem Versuchsleiter [MZ.2] in Verbindung bringen lassen könnte. Auf diese und weitere Limitationen des MZO wurde bereits in Unterkapitel 7.12.2 hingewiesen.

Im Rahmen des CMDC lassen sich vier Tätigkeiten, nämlich Explizite Relation (Pfeil) [AD.3], Punktet schraffiert, malt aus [AD.7], (Vor-)strukturiert [AD.7] sowie Zeichnet/notiert Textinformation [AD.12], mit der Modellkomponente der Externalisierung in Zusammenhang bringen. Die vier assoziierten Kategorien entsprechen damit denjenigen Tätigkeiten des Zeichnens, die unmittelbar zur Entstehung der Zeichnung führen und dem Zeichnen im engeren Sinne entsprechen. Nehmen Lernende eine Vorstrukturierung ihres

Ablaufdiagramms [AD.11] vor, so kann diese Tätigkeit mit Bezug zum CMDC als Organisationsstrategie betrachtet werden. Bezogen auf mikroskopische Zeichnungen umfassen die Tätigkeiten des Zeichnens im engeren Sinne die Kategorien: Punktet, schraffiert, malt aus [MZ.7], Redundante Struktur [MZ.8], (Vor-)strukturiert [MZ.13] sowie Zeichnet Struktur [MZ.14]. Diese Tätigkeiten lassen sich innerhalb des MZO der Modellebene der Produktion der Zeichnung zuordnen und können damit die Modellkomponenten der Abbildungsentscheidungen- und prozesse, der Produktionsstrategien, des Kontingenten Planens, der Artikulation und Ökonomie sowie der motorischen Programme betreffen (Abb. 3.6 in 3.5.2).

Weiterhin ist für die Konstruktion eines Ablaufdiagramms die Auseinandersetzung mit der Textgrundlage [AD.4] wesentlich. Das Lesen führt zur Identifikation von relevanten Textinformationen, die in der späteren Zeichnung dargestellt werden. Im Zusammenhang mit dem CMDC erfolgt beim Lesen die Auswahl und Organisation der im Text beschriebenen Elemente und Relationen. Bezogen auf die Konstruktion einer mikroskopischen Zeichnung ist die Auseinandersetzung mit der Aufgabenstellung (und dem Einführungstext; Anhang 2) Voraussetzung für die zielgerichtete visuelle Analyse während des Mikroskopierens [MZ.4] und der Produktion der Zeichnung. Ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen der Tätigkeit des Lesens [MZ.3] und einer spezifischen Modellkomponente des MZO lässt sich jedoch nicht herstellen.

Die Tätigkeit des stillen Betrachtens der Zeichnung [AD.8, MZ.9] kann bezogen auf das CMDC der Modellkomponente der Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen – insbesondere den Kontrollstrategien – zugeordnet werden. Auch verweisen van Meter und Firetto (2013, S. 253) darauf, dass der wiederholte Abgleich zwischen Ist- und Sollzustand zur Änderung des initialen Plans und zur Auswahl alternativer Strategien führen kann (3.4.3). Stellen Lernende im Abgleich zwischen der internen – Erscheinungsbild – und der externen Repräsentation – Zeichnung – Abweichungen fest, kann es wiederum notwendig werden, bereits dargestellte Strukturen zu verwerfen [AD.10], um im Anschluss eine Anpassung der externen an die interne Repräsentation vorzunehmen. Im Zusammenhang mit dem MZO stellt das Betrachten der mikroskopischen Zeichnung [MZ.9] selbst eine Form der visuellen Analyse dar. In diesem Zusammenhang kann der Abgleich zwischen den gesehenen Strukturen (extern) und der visuellen Repräsentation (intern) die Abbildungsentscheidungen und Produktionsstrategien ebenfalls beeinflussen (Abb. 3.6 in 3.5.2), sodass Anpassungen der Zeichnung [MZ.12] notwendig werden. Diese können beispielsweise den Zustand oder den Detailgrad eines Objekts betreffen.

Lassen sich Lernende während der Bearbeitung der Aufgabenstellung ablenken [AD.6, MZ.6], so fehlt in diesen Momenten in Anlehnung an das MSMG die gerichtete

Aufmerksamkeit auf aufgabenbezogene Informationen. Ablenkung kann auch zur Unterbrechung der Wiederholung von Informationen führen, die im Kurzzeitgedächtnis für die Aufgabenbearbeitung aufrechterhalten werden muss (Abb. 3.2 in 3.3). Dauert die Ablenkung einige Sekunden lang an, benötigen Lernende unter Umständen erneut kognitive Ressourcen, um an vorausgegangene Lernprozesse anzuknüpfen (3.3). Hinsichtlich des Generativen Modell des Lernens nach Wittrock (1974; GML; 3.4.1) sind die Aufmerksamkeit der Lernenden und die volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess zudem zwei unbedingte Voraussetzungen für erfolgreiches Lernen.

Die Kategorie Uneindeutig bzw. Sonstiges [AD.9, MZ.11] erlaubt die Kodierung von Situationen, die keiner anderen Tätigkeit zugeordnet werden können. Weiterführende Erläuterungen zu allen Kategorien bietet Anhang 8.3 für Ablaufdiagramme sowie Anhang 8.4 für mikroskopische Zeichnungen.

Neben den in Unterkapitel 7.13.2 zusammenfassend dargestellten Limitationen bestehender Kategoriensysteme zum Zeichenprozess wurde in der theoretischen Rahmung ferner dargestellt (3.6), dass die Studien von van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016) keine Phasierung des Zeichenprozesses in Form einer Visualisierung von Prozessstrukturen vornahmen. Eine solche Visualisierung der Prozessstruktur erlaubt den Vergleich zwischen Fällen oder Gruppen, ermöglicht die Identifikation prozessbezogener Schwierigkeiten (Forschungsfrage 2.1, 2.2) und unterstützt die Typenbildung (Forschungsfrage 3). Die drei nachfolgenden Unterkapitel stellen daher dar, wie die Prozessstruktur auf Grundlage der beiden zuvor erläuterten Kategoriensysteme zu den Tätigkeiten des Zeichnens ausgewertet und visualisiert wurden.

Tabelle 7.18 Bezug zwischen den gebildeten Kategorien der Schülertätigkeiten während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien (3.3, 3.4)

Tätigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente	Weiterführende Erläuterung
AD.1 Austausch mit Schülerin oder Schüler	Scott & Dreher, 2016	-	-	Artefakt der spezifischen Erhebungssituation
AD.2 Austausch mit Versuchsleiter	Palinscar & Brown, 1984	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen	Bedarfsgerechte Rückfrage
AD.3 Explizite Relation (Pfeil)	Scherb, 2018	CMDC	Externalisierung	Verdeutlichen der Relationen zwischen den Elementen
AD.4 Liest	Scott & Dreher, 2016	CMDC	Elemente auswählen, Elemente organisieren	Subsemantische und semantische Verarbeitung, Identifizieren relevanter Textinformationen
AD.5 Monolog	Paris & Cross, 1983	Lautes Denken	-	Externalisierung handlungsnaher Kognitionen, Artefakt der spezifischen Erhebungssituation
AD.6 Off-task-Aktivität	Scott & Dreher, 2016	MSMG	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen	Variable Ursachen
		GML	Aufmerksamkeit, Motivation (volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess)	
AD.7 Punktet, schraffiert, malt aus	Retzlaff-Fürst, 2020	CMDC	Externalisierung	Ausführung einer optionalen Tätigkeit, die nicht in Verbindung mit Konventionen steht
AD.8 Schaut still auf die Zeichnung	Scott & Dreher, 2016	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen	Abgleich zwischen interner und externer Repräsentation, Kontrollstrategie
AD.9 Uneindeutig bzw. Sonstiges	induktiv	-	-	Zuordnung der Schülertätigkeit nicht möglich
AD.10 Verwirft Struktur	Paris & Cross, 1983	CMDC	Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen	Anpassung der externen an die interne Repräsentation
AD.11 (Vor-)strukturiert	Scott & Dreher, 2016	CMDC	Externalisierung, Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen	Organisationsstrategie zur Externalisierung der internen Repräsentation
AD.12 Zeichnet/notiert Textinformation	Scott & Dreher, 2016	CMDC	Externalisierung	Externalisierung der internen Repräsentation

Anmerkung. CMDC = Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3), GML = Generatives Modell des Lernens (3.4.1), MSMG = Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (3.3).

Tabelle 7.19 Bezug zwischen den gebildeten Kategorien der Schülertätigkeiten während der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen und Theorien (3.3, 3.4, 3.5)

Tätigkeit	Ursprung	Bezug	Komponente	Weiterführende Erläuterung
MZ.1 Austausch mit Schülerin oder Schüler	Scott & Dreher, 2016	-	-	Artefakt der spezifischen Erhebungssituation
MZ.2 Austausch mit Versuchsleiter	Palinscar & Brown, 1984	-	-	Bedarfsgerechte Rückfragen
MZ.3 Liest Text	Scott & Dreher, 2016	-	-	Voraussetzung für die zielgerichtete visuelle Analyse und Produktion der Zeichnung
MZ.4 Mikroskopiert	Scherb & Wolowski, 2020	MZO	Visuelle Analyse	Verarbeitung des retinalen Abbilds, Erkennen von Strukturen
MZ.5 Monolog	Paris & Cross, 1983	Lautes Denken	Externalisierung handlungsnaher Kognitionen	Artefakt der spezifischen Erhebungssituation
MZ.6 Off-task-Aktivität	Scott & Dreher, 2016	MSMG	Gerichtete Aufmerksamkeit auf wichtige oder neue Informationen	Variable Ursachen
		GML	Aufmerksamkeit, Motivation (volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess)	
MZ.7 Punktet, schraffiert, malt aus	Retzlaff-Fürst, 2020	MZO	Produktion der Zeichnung (Artikulation und Ökonomie, Routiniertes Planen, Motorische Programme)	Treffen der Abbildungsentscheidung und Wiederholung der Technik
MZ.8 Redundante Struktur	induktiv	MZO	Produktion der Zeichnung (Artikulation und Ökonomie, Routiniertes Planen, Motorische Programme)	Treffen der Abbildungsentscheidung und (vielfache) Duplikation der Struktur
MZ.9 Schaut still auf die Zeichnung	Scott & Dreher, 2016	MZO	(Abbildungsentscheidungen und -prozesse, Visuelle Analyse)	Abgleich mit der intendierten Gestalt, dem Zustand oder dem Detailgrad
MZ.10 Technische Einführung	induktiv	-	-	Artefakt der spezifischen Erhebungssituation
MZ.11 Uneindeutig bzw. Sonstiges	induktiv	-	-	Zuordnung der Schülertätigkeit nicht möglich
MZ.12 Verwirft Struktur	Paris & Cross, 1983	MZO	(Abbildungsentscheidungen und -prozesse, Motorische Programme)	Anpassung der Zeichnung an die visuelle Repräsentation
MZ.13 (Vor-)strukturiert	Wanner, 2004	MZO	Produktion der Zeichnung	Potenziell alle Teilschritte der Produktion einer Zeichnung (Organisationsstrategie)
MZ.14 Zeichnet Struktur	Spörhase, 2010b	MZO	Produktion der Zeichnung	Potenziell alle Teilschritte der Produktion einer Zeichnung

Anmerkung. GML = Generatives Modell des Lernens (3.4.1), MSMG = Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (3.3), MZO = Modell zum Zeichnen von Objekten (3.5.2).

7.13.4 Auswertung und Visualisierung der Tätigkeitsabfolge

Zur Auswertung der Tätigkeitsabfolgen kam MAXQDA 2018 (Version 18.2.5) zum Einsatz. Im Multimedia-Browser der Analysesoftware (Abb. 7.8) umfasst die kleinstmögliche Einheit, die kodiert werden kann, 0.1 Sekunden. Um Farbkodierungen nebeneinander darzustellen, müssen die Kodierungen systembedingt eine, manchmal zwei Einheiten auseinanderliegen. Ob der Abstand eine oder zwei Einheiten beträgt, spielt durch die zunehmende Generalisierung bei verkleinerter Darstellung keine Rolle mehr.

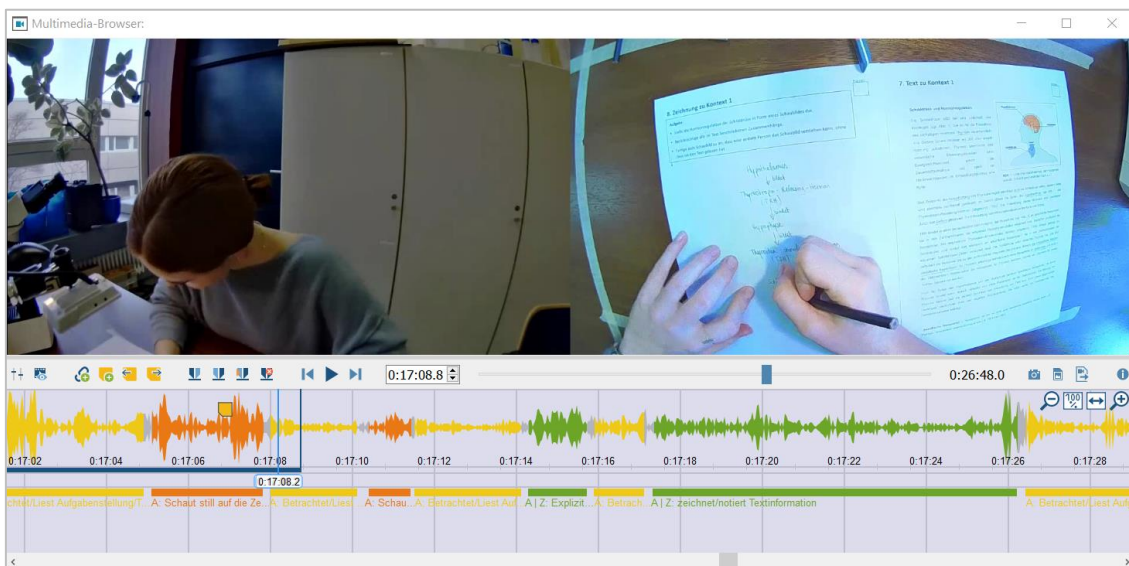


Abbildung 7.8 Multimediasbrowser in MAXQDA 2018 (Version 18.2.5) mit importierter Audio- und Videospur sowie Kodierungen

Um einzelne Kodierungen auch bei verkleinerter Darstellung voneinander unterscheiden zu können, ist es notwendig, dass keine Tätigkeit weniger als fünf Einheiten, d. h. weniger als 0.5 Sekunden, umfasst. Auch ist davon auszugehen, dass die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler aus Tätigkeiten (z. B. Lesen, Mikroskopieren), denen sie weniger als 0.5 Sekunden nachgehen, keinen größeren Nutzen ziehen. Als Kodiereinheit (kleinste Analyseeinheit) wurden daher 0.5 Sekunden der Videospur festgelegt. Die Kontexteinheit (größte Analyseeinheit) kann zwischen den Teilnehmenden variieren und mehrere Minuten umfassen (vgl. Beispiele in Anhang 8.3, Anhang 8.4).

Tätigkeiten, die sich über einen Zeitraum von weniger als 0.5 Sekunden erstrecken, also im Multimediasbrowser der Analysesoftware maximal vier Einheiten umfassen, werden nachfolgend als „flüchtig“ bzw. als „flüchtiger Blick“ bezeichnet. Flüchtige Tätigkeiten wurden nicht als eigenständige Tätigkeiten kodiert. Zeichnet eine Schülerin oder ein Schüler und wendet beispielsweise für weniger als 0.5 Sekunden den Blick von der Zeichnung ab, um flüchtig einer anderen Tätigkeit nachzugehen (z. B. Blick zur Tür), so wurde der flüchtige

Blick von der Tätigkeit „Zeichnet/notiert Textinformation“ überschrieben (Abb. 7.9, Fall A). Wird vor und nach dem flüchtigen Blick eine andere Tätigkeit ausgeübt, wird die flüchtige Tätigkeit von beiden Tätigkeiten in gleichen Anteilen überschrieben (Abb. 7.9, Fall B).

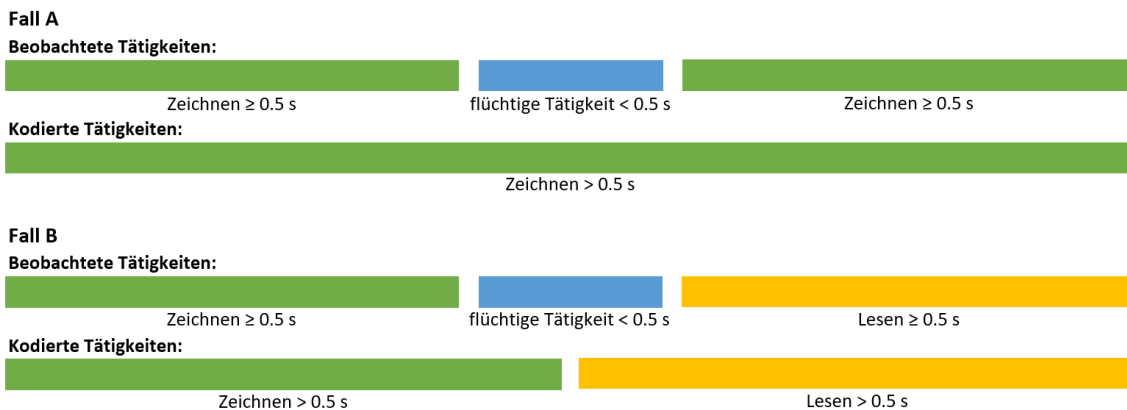


Abbildung 7.9 Kodierverhalten bei Tätigkeiten, die weniger als 0.5 Sekunden andauern

Der Start der Tätigkeitsanalyse ergab sich aus der ersten Tätigkeit, die in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Aufgabenstellung steht (5.1.4 bzw. 5.2.5). Im Fall der Ablaufdiagramme startete die Tätigkeitsanalyse mit dem initialen Lesen der Textgrundlage oder der Aufgabenstellung und im Fall der mikroskopischen Zeichnungen mit dem initialen Lesen des Einführungstexts oder der Aufgabenstellung. Die Tätigkeitsanalyse endete, sobald eine Schülerin oder ein Schüler signalisierte, dass sie oder er mit der Aufgabenstellung fertig war. Das Signal (z. B. verbale Äußerung) wurde nicht mehr kodiert, insofern die Schülerin oder der Schüler nicht mit einem die Aufgabe betreffenden Monolog endete, der deutlich machte, dass sie oder er sich noch mit der Zeichnung oder dem Material beschäftigt (z. B. „So ich glaube, ich habe so langsam alles. Ich gucke noch einmal drüber.“, Laura, S7A, b3). Die Auswertungseinheit entspricht daher der Zeitspanne zwischen dem definierten Beginn und Ende der Aufgabenstellung, die die Konstruktion des Ablaufdiagramms bzw. der mikroskopischen Zeichnung betreffen.

Da die Dauer bis zur Vollendung einer Zeichnung zwischen den Schülerinnen und Schülern erheblich variierte (Anhang 9.6, Anhang 9.7), war es nicht zielführend, die Farbkodierungen aller Teilnehmenden auf eine identische Länge zu skalieren. Desiderate für die Darstellung der Kodierungen waren: a) Sichtbarkeit aller Farbcodes in der Printversion, b) Keine oder möglichst wenige Zeilenumbrüche. Als Kompromiss, der beiden Desideraten gerecht wird, hatte sich die Darstellung von drei Minuten Aufgabebearbeitungsdauer auf etwa 15 cm Abbildungsbreite in der A4-Printversion herausgestellt (Abb. 7.10a). Zur besseren Lesbarkeit der Kodierungen wurden die Audiospur sowie die in der Analysesoftware vorgegebene Zeitleiste entfernt (Abb. 7.10b). Die vertikalen Linien in gleichmäßigen Abständen, die sich

hinter der Audiospur und den Kodierungen befinden, repräsentieren jeweils Zeitintervalle, die zwei Sekunden umfassen. Trotz der verkleinerten Darstellung kann die Dauer der einzelnen Tätigkeiten anhand dieser Linien verhältnismäßig genau abgeschätzt werden. Eine Gesamtansicht der visualisierten Tätigkeitsabfolge (Abb. 7.10c) ergibt sich für die während der Untersuchungsphasen D und E (5.9.1) angefertigten Zeichnungen. Nachfolgend erläutert ein Beispiel die Auswertung und Visualisierung der Tätigkeiten näher.

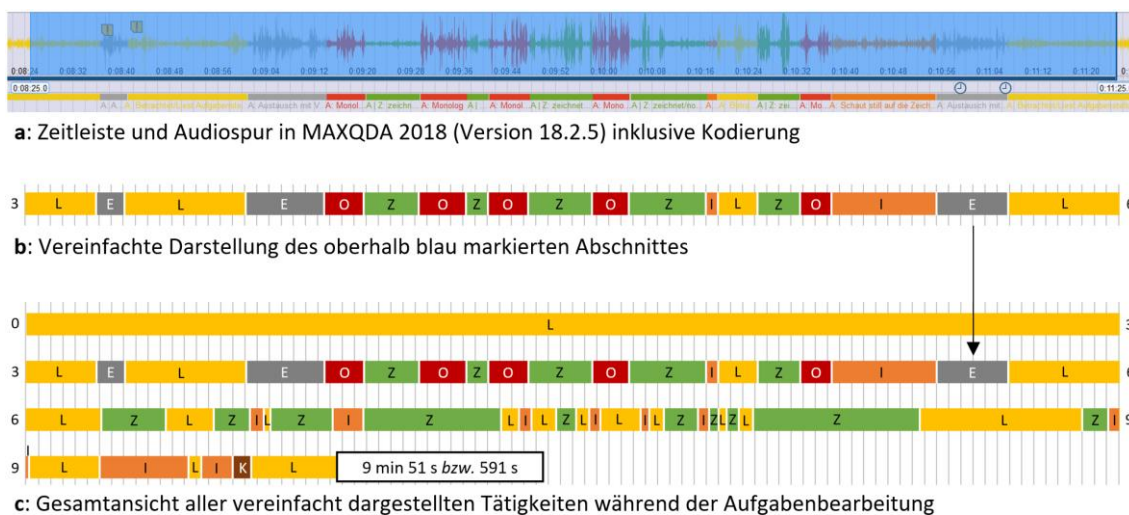


Abbildung 7.10 a) Überführung der kodierten Audiospur in b) eine kompakte Darstellung und c) Integration in die Gesamtübersicht zur visualisierten Tätigkeitsabfolge

Beispiel

Isabelle (S7B) begann mit der Anfertigung des Ablaufdiagramms innerhalb der Audio- und Videoaufnahme nach 5 Minuten und 25 Sekunden (t_0). Sie beschäftigte sich daraufhin für etwas mehr als drei Minuten mit der Textgrundlage. Abbildung 7.10a zeigt die Kodierung der Audiospur zwischen der dritten (t_1)¹ und sechsten Minute (t_2)² der Aufgabenbearbeitung. Dieser zeitliche Rahmen wurde in der Analysesoftware mit dem Cursor ausgewählt (Abb. 7.10a, blaue Markierung). Die farblichen Kodierungen innerhalb dieses Zeitrahmens wurden in eine vereinfachte Form überführt (Abb. 7.10b) und mit den Kürzeln der jeweiligen Kodierung versehen. Die Abweichungen zwischen der Lage der vertikalen Linien in Abbildung 7.10a und 7.10b ergeben sich durch die unterschiedlichen Startzeitpunkte. Nach Kodierung aller Tätigkeiten, die Isabelle während der Anfertigung des Ablaufdiagramms ausübte, ergibt sich die in Abbildung 7.10c dargestellte Gesamtansicht. Diese zeigt in der Reihenfolge des erstmaligen Auftretens gemäß dem Kodiermanual (Anhang 8.3) die Tätigkeiten: „Liest“ (L), „Austausch mit Versuchsleiter“ (E), „Monolog“ (O), „Zeichnet/notiert

¹ t_1 entspricht in der Video- und Audiospur dem Zeitpunkt 8 Minuten 25 Sekunden.

² t_2 entspricht in der Video- und Audiospur dem Zeitpunkt 11 Minuten 25 Sekunden.

Textinformation“ (Z), „Schaut still auf die Zeichnung“ (I) sowie „Off-task-Aktivität“ (K). Die am Rand der Abbildungen 7.10b bzw. 7.10c angegebenen Zahlen 0, 3, 6, 9 verweisen auf die seit dem Beginn der Aufgabenbearbeitung (t_0) bereits verstrichene Zeit. Insgesamt benötigte Isabelle zur Anfertigung des Ablaufdiagramms 9 Minuten und 51 Sekunden. Dieser Wert ist am Ende der Gesamtansicht aller Tätigkeiten angegeben (Abb. 7.10c).

7.13.5 Variablen der Tätigkeitsanalyse

Für jede Tätigkeit wurde die absolute Häufigkeit (AH) sowie die Gesamtdauer der Tätigkeitsausübung (T) ermittelt. Die Häufigkeit und Dauer von Tätigkeiten wird in den Schülerprofilen (Anhang 7) fallbezogen und im Zuge der test- und phasenbezogenen Auswertungen (Anhang 9.6, Anhang 9.7) tätigkeitsbezogen dargestellt. In den beiden nachfolgenden Tabellen erfolgt die Beschreibung der assoziierten Variablen, die aus den Kategorien der Tätigkeitsanalyse hervorgehen (7.13.2); Tabelle 7.20 bezieht sich dabei auf Ablaufdiagramme und Tabelle 7.21 auf mikroskopische Zeichnungen. Beim Vergleich zwischen den beiden Tabellen wird deutlich, dass die Beschreibungen einiger weniger Variablen ähnlich sind (z. B. $T_{Austausch_SAD}$ und $T_{Austausch_SMZ}$). Nachfolgend wird auf einzelne Variablen eingegangen, die einer gesonderten Erläuterung bedürfen:

Die Variablen $T_{Alle_Tätigkeiten_gesamt_{AD}}$ bzw. $T_{Alle_Tätigkeiten_gesamt_{MZ}}$ erfassen für die einzelnen Teilnehmenden jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten, ausgehend vom definierten Start- bis zum Endpunkt der Tätigkeitsanalyse (7.13.4). Wie zuvor bereits dargestellt, erfolgte die technische Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop in der Mehrheit der Fälle bevor die Schülerinnen und Schüler mit der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen begonnen haben (5.2.5). In diesen Fällen wurde die technische Einführung nicht kodiert, da sie vor dem Startpunkt der Tätigkeitsanalyse lag. In wenigen Fällen erfolgte die technische Einführung erst nach dem Lesen des Einführungstexts oder es war zu einem späteren Zeitpunkt notwendig, weitere technische Hinweise zu ergänzen. In den beiden letztgenannten Fällen war eine Kodierung der technischen Einführung notwendig. Vor diesem Hintergrund wurde die Dauer der technischen Einführung von der Gesamtdauer aller Tätigkeiten sowie die Häufigkeit technischer Hinweise von der Häufigkeit aller Tätigkeiten subtrahiert. Für die mikroskopischen Zeichnungen ergeben sich daher die um die Häufigkeit bzw. Dauer der technischen Einführung bereinigten Variablen $T_{Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}}$ bzw. $AH_{Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}}$. Die Vergleichbarkeit zwischen Schülerinnen und Schülern bei der Kontrastierung von Fällen ist dadurch gegeben. Für die Anfertigung der Ablaufdiagramme war keine technische Einführung notwendig.

In Bezug zur Kategorie „Liest“ (7.13.2) war es für Ablaufdiagramme notwendig, zwischen zwei Phasen des Lesens zu differenzieren, nämlich zwischen dem Lesen vor Beginn des

Zeichnens ($T_{Liest_vorab_{AD}}$, $AH_{Liest_vorab_{AD}}$) und dem wiederholten Lesen einzelner Textabschnitte im Verlauf der weiteren Aufgabenbearbeitung ($T_{Liest_während_{AD}}$, $AH_{Liest_während_{AD}}$). Die Hintergründe zu den hier nicht erläuterten Variablen ergeben sich aus den nachfolgenden Variablenbeschreibungen.

Tabelle 7.20 Variablen zu den Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der Ablaufdiagramme ($_{AD}$)

Farbcode, Variable der zeitlichen Dauer (T) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung	Farbcode, Variable der absoluten Häufigkeit (AH) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung
 $T_{Austausch_S_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Schülerin oder Schüler“ in Sekunden an.	 $AH_{Austausch_S_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Schülerin oder Schüler“ an.
 $T_{Austausch_V_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Versuchsleiter“ in Sekunden an.	 $AH_{Austausch_V_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Versuchsleiter“ an.
 $T_{Explizite_Relation_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Explizite Relation (Pfeil)“ in Sekunden an.	 $AH_{Explizite_Relation_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Explizite Relation (Pfeil)“ an.
 $T_{Liest_gesamt_{AD}}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Summe der Variablen $T_{Liest_vorab_{AD}}$ und $T_{Liest_während_{AD}}$.	 $AH_{Liest_gesamt_{AD}}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Summe der Variablen $AH_{Liest_vorab_{AD}}$ und $AH_{Liest_während_{AD}}$.
 $T_{Liest_vorab_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer derjenigen kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Liest“ in Sekunden an, die der Anfertigung der Zeichnung vorausgehen. Diese Variable erfasst demnach, wie lange eine Schülerin oder ein Schüler gebraucht hat, um die Textgrundlage und die Aufgabenstellung zum ersten Mal zu lesen.	 $AH_{Liest_vorab_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Liest“ an. $AH_{Liest_vorab_{AD}} > 1$, bedeutet, dass die Schülerin oder der Schüler das initiale Lesen des Texts unterbrochen hat.
 $T_{Liest_während_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer derjenigen kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Liest“ in Sekunden an, die nach dem ersten Lesen („ $Liest_vorab$ “) kodiert wurden.	 $AH_{Liest_während_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Liest“ an, die nach dem initialen Lesen der Textgrundlage („ $AH_{Liest_vorab_{AD}}$ “) kodiert wurden.
 $T_{Monolog_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Monolog“ in Sekunden an.	 $AH_{Monolog_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Monolog“ an.
 $T_{Off-task-Aktivität_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Off-task-Aktivität“ in Sekunden an.	 $AH_{Off-task-Aktivität_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeit der Kategorie „Off-task-Aktivität“ an.
 $T_{Punktet_schraffiert_malt_aus_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Punktet, schraffiert, malt aus“ in Sekunden an.	 $AH_{Punktet_schraffiert_malt_aus_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Punktet, schraffiert, malt aus“ an.
 $T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Schaut still auf die Zeichnung“ in Sekunden an.	 $AH_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Schaut still auf die Zeichnung“ an.
 $T_{Uneindeutig_Sonstiges_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Uneindeutig bzw. Sonstiges“ in Sekunden an.	 $AH_{Uneindeutig_Sonstiges_{AD}}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Uneindeutig bzw. Sonstiges“ an.

Tabelle 7.20 (Fortsetzung)










Farbcode, Variable der zeitlichen Dauer (T) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung	Farbcode, Variable der absoluten Häufigkeit (AH) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung
 $T_Verwirft_Struktur_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Verwirft Struktur“ in Sekunden an.	 $AH_Verwirft_Struktur_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Verwirft Struktur“ an.
 $T_(Vor-)strukturiert_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „(Vor-)strukturiert“ in Sekunden an.	 $AH_(Vor-)strukturiert_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „(Vor-)strukturiert“ an.
 $T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Zeichnet/notiert Textinformation“ in Sekunden an.	 $AH_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Zeichnet/notiert Textinformation“ an.
 $T_Zeichnet_gesamt_{AD}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Summe der vier Variablen $T_Explizite_Relation_{AD}$, $T_Punktet_schraffiert_malt_aus_{AD}$, $T_(Vor-)strukturiert_{AD}$ und $T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD}$.	 $AH_Zeichnet_gesamt_{AD}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Summe der vier Variablen $AH_Explizite_Relation_{AD}$, $AH_Punktet_schraffiert_malt_aus_{AD}$, $AH_(Vor-)strukturiert_{AD}$ und $AH_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD}$.
 $T_Alle_Tätigkeiten_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten zwischen Start- und Endpunkt der Tätigkeitsanalyse an.	 $AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit aller kodierten Tätigkeiten zwischen Start- und Endpunkt der Tätigkeitsanalyse an.

Tabelle 7.21 Variablen zu den Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen (M_Z)

Farbcode, Variable der zeitlichen Dauer (T) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung	Farbcode, Variable der absoluten Häufigkeit (AH) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung
 $T_Austausch_S_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Schülerin oder Schüler“ in Sekunden an.	 $AH_Austausch_S_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Schülerin oder Schüler“ an.
 $T_Austausch_V_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Versuchsleiter“ in Sekunden an.	 $AH_Austausch_V_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Austausch mit Versuchsleiter“ an.
 $T_Liest_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Liest“ in Sekunden an.	 $AH_Liest_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Liest“ an.
 $T_Mikroskopiert_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Mikroskopiert“ in Sekunden an.	 $AH_Mikroskopiert_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Mikroskopiert“ an.
 $T_Monolog_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Monolog“ in Sekunden an.	 $AH_Monolog_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Monolog“ an.
 $T_Off-task-Aktivität_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Off-task-Aktivität“ in Sekunden an.	 $AH_Off-task-Aktivität_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Off-task-Aktivität“ an.
 $T_Punktet_schraffiert_malt_aus_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Punktet, schraffiert, malt aus“ in Sekunden an.	 $AH_Punktet_schraffiert_malt_aus_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Punktet, schraffiert, malt aus“ an.
 $T_Redundante_Struktur_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Redundante Struktur“ in Sekunden an.	 $AH_Redundante_Struktur_{M_Z}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Redundante Struktur“ an.

Tabelle 7.21 (Fortsetzung)

Farbcode, Variable der zeitlichen Dauer (T) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung	Farbcode, Variable der absoluten Häufigkeit (AH) einer Tätigkeit, Variablenbeschreibung
<p> $T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Schaut still auf die Zeichnung“ in Sekunden an.</p> <p> $T_Technische_Einführung_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Technische Einführung“ in Sekunden an, insofern die technische Einführung ganz oder teilweise erfolgte, während die Schülerin oder der Schüler bereits mit der Aufgabe begonnen hat.</p> <p> $T_Uneindeutig_Sonstiges_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Uneindeutig bzw. Sonstiges“ in Sekunden an.</p> <p> $T_Verwirft_Struktur_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Verwirft Struktur“ in Sekunden an.</p> <p> $T_Vor\text{-}strukturiert_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „(Vor-)Strukturiert“ in Sekunden an.</p> <p> $T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Zeichnet Struktur“ in Sekunden an.</p> <p> $T_Zeichnet_gesamt_{MZ}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Summe der vier Variablen $T_Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}$, $T_Redundante_Struktur_{MZ}$, $T_Vor\text{-}strukturiert_{MZ}$ und $T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$.</p> <p> $T_Alle_Tätigkeiten_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die Gesamtdauer aller kodierten Tätigkeiten zwischen Start- und Endpunkt der Tätigkeitsanalyse an.</p> <p> $T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Variable $T_Alle_Tätigkeiten_{MZ}$ minus der Variable $T_Technische_Einführung_{MZ}$.</p>	<p> $AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Schaut still auf die Zeichnung“ an.</p> <p> $AH_Technische_Einführung_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Technische Einführung“ an.</p> <p> $AH_Uneindeutig_Sonstiges_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Uneindeutig bzw. Sonstiges“ an.</p> <p> $AH_Verwirft_Struktur_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Verwirft Struktur“ an.</p> <p> $AH_Vor\text{-}strukturiert_{AD}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „(Vor-)Strukturiert“ an.</p> <p> $AH_Zeichnet_Struktur_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit der kodierten Tätigkeiten der Kategorie „Zeichnet Struktur“ an.</p> <p> $AH_Zeichnet_gesamt_{MZ}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Summe der vier Variablen $AH_Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}$, $AH_Redundante_Struktur_{MZ}$, $AH_Vor\text{-}strukturiert_{MZ}$ und $AH_Zeichnet_Struktur_{MZ}$.</p> <p> $AH_Alle_Tätigkeiten_{MZ}$: Diese Variable gibt jeweils die absolute Häufigkeit aller kodierten Tätigkeiten zwischen Start- und Endpunkt der Tätigkeitsanalyse an.</p> <p> $AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$: Diese Variable ergibt sich jeweils aus der Variable $AH_Alle_Tätigkeiten_{MZ}$ minus der Variable $AH_Technische_Einführung_{MZ}$.</p>

7.13.6 Auswertung und Visualisierung der Prozessstruktur

Die Visualisierung der Tätigkeitsabfolge (7.13.4) ermöglicht es, die Abfolge, aber auch die ungefähre Anzahl aller Tätigkeiten des Konstruktionsprozesses nachzuvollziehen. Mit Bezug zu Forschungsfrage 1 und 3 ist es notwendig, die Prozessstruktur näher zu betrachten. Eine Abbildungsform, die sich hierfür anbietet, sind Prozessstruktur-Darstellungen. Sie machen den Prozess transparent und erlauben die Kontrastierung von Fällen. Vor dem Hintergrund von 12 Tätigkeiten während der Konstruktion der Ablaufdiagramme (Abb. 7.6 in 7.13.2) und 14 Tätigkeiten während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen (Abb. 7.7 in 7.13.2) dienten ein 12- bzw. ein 14-Eck als geometrische Bezugsformen. Die gewählte Darstellungsform erlaubt zudem eine tätigkeitsbezogene Verankerung der

aufgetretenen Schwierigkeiten bzw. Fehler (7.12). Die Abbildungen 7.11 und 7.12 zeigen jeweils ein Beispiel für die visualisierte Prozessstruktur.

Die automatisierte Erstellung von Prozessstruktur-Darstellungen mit Hilfe von MAXQDA 2018 (Version 18.2.5) war durch die limitierten Einstellungsmöglichkeiten für das zuvor skizzierte Vorhaben ungeeignet. Eine detaillierte Beschreibung zur Konstruktion der Prozessstruktur-Darstellungen ist in Anhang 8.5 beigefügt. An dieser Stelle sei für das Verständnis der Prozessstruktur-Darstellungen (z. B. Abb. 7.11, Abb. 7.12) zusammenfassend nur darauf hingewiesen, dass

- die Dicke der dunkelgrünen Linien zwischen einzelnen Tätigkeiten die Häufigkeit der Tätigkeitswechsel repräsentieren (dicke Linien bedeuten viele und dünne wenige Tätigkeitswechsel),
- die neben den dunkelgrünen Linien notierten Zahlen jeweils die absolute Häufigkeit der Tätigkeitswechsel angeben, wobei die Pfeilspitze Auskunft darüber gibt, in welche Richtung die Tätigkeitswechsel erfolgten,
- die Größenverhältnisse der gelben Quadrate zueinander den zeitlichen Umfang der jeweiligen Tätigkeit am Zeichenprozess repräsentieren,
- die Prozentangaben sowie die Anzahl in Sekunden neben einer Tätigkeit sich auf deren Anteil am und Dauer im Zeichenprozess beziehen,
- die im Rand des 12- bzw. 14-Ecks aufgeführten Schwierigkeiten bzw. Fehler, soweit möglich, in unmittelbarer Nähe zu den assoziierten Tätigkeiten gruppiert wurden und
- die am äußersten Rand des 12- bzw. 14-Ecks gemachten Angaben der Dauer des Zeichenprozesses, der Gesamtzahl der Tätigkeitswechsel und der Anzahl der aufgetretenen Schwierigkeiten bzw. Fehler entsprechen.

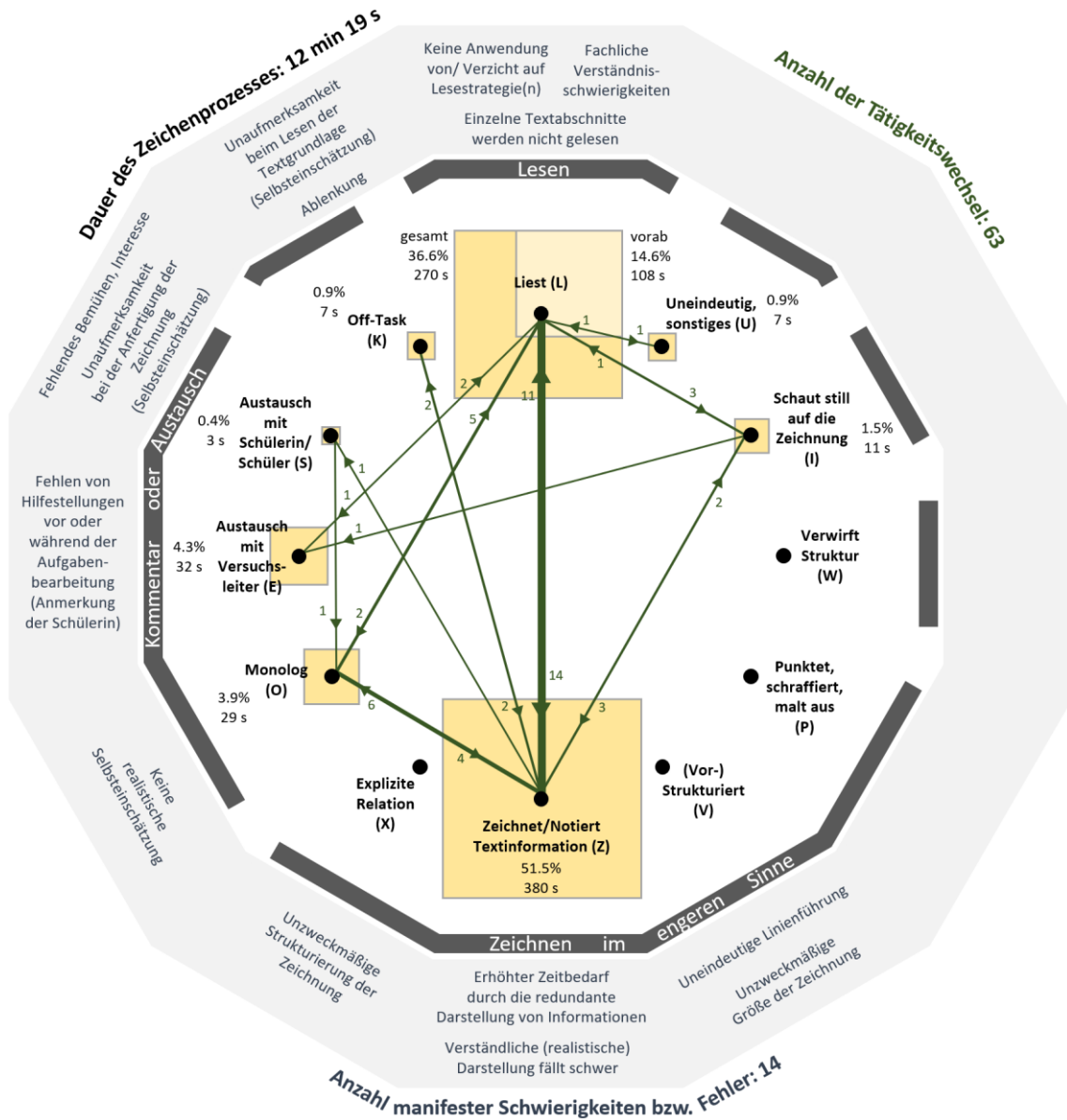


Abbildung 7.11 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Laura (S7A)

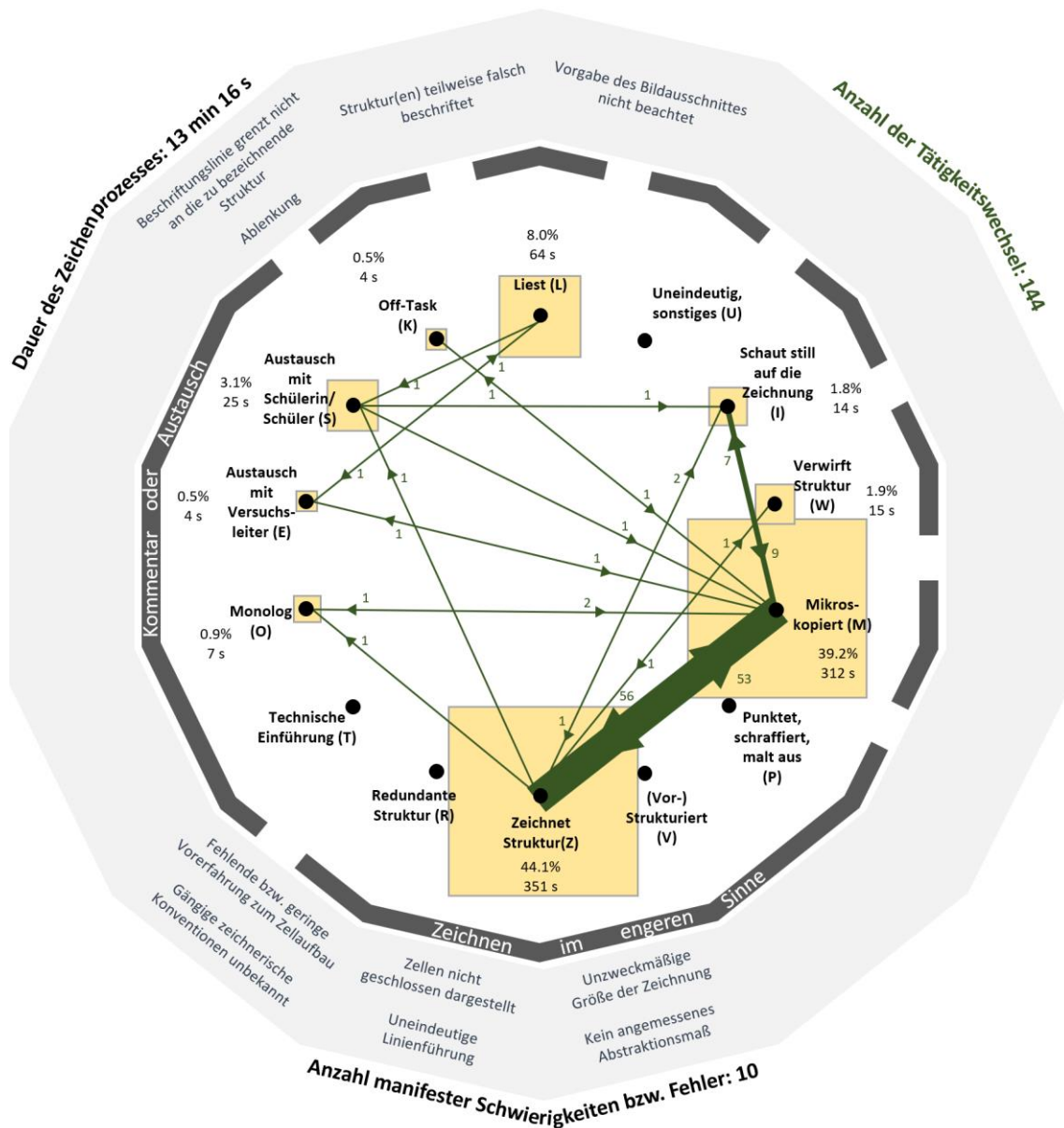


Abbildung 7.12 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Jonas (S7D)

7.14 Typenbildung

In diesem Unterkapitel wird zunächst ein Überblick über das Verfahren der Typenbildung nach Kelle und Kluge (2010) gegeben (7.14.1). Im Anschluss werden anhand von Beispielen die Prämissen für eine sinnstiftende Typisierung abgeleitet (17.4.2). Hierauf aufbauend wird die Konstruktion der Typisierungen im Rahmen dieser Arbeit erörtert (7.14.3). Dabei wird der Schwerpunkt auf den Bezug zwischen den herangezogenen Vergleichsdimensionen und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen (3.4.3, 3.5.2) gelegt. Der Zusammenhang zwischen den einzelnen gebildeten Typen (9.4) und den relevanten Theorien und Modellen wird dahingegen in der Diskussion (10.3) ausführlich dargestellt.

7.14.1 Verfahren der Typenbildung im Überblick

Die Typenbildung dient der Beantwortung der Forschungsfrage 3. Sie wurde unter Berücksichtigung des von Kelle und Kluge (2010) beschriebenen methodischen Vorgehens durchgeführt. Die qualitative Inhaltsanalyse (7.12) und die Tätigkeitsanalyse (7.13) lieferten für die Bildung der Typen die notwendige „Vorarbeit“ (Kuckartz, 2018, S. 143). Dabei kann die Typenbildung auf Grundlage eines oder mehrerer Merkmale¹ beruhen (Kelle & Kluge, 2010). Bei den beiden im Rahmen dieser Arbeit gebildeten Typologien handelt es sich nach Hempel und Oppenheim (1936) um eindimensionale Typologien (vgl. auch Kelle & Kluge, 2010). Abbildung 7.13 zeigt das von Kelle und Kluge (2010) vorgeschlagene Stufenmodell empirisch begründeter Typenbildung, welches auch im Rahmen dieser Arbeit die durchgeführte Typenbildung leitete. Die erste bis dritte Stufe wurde dabei mehrmals durchlaufen.

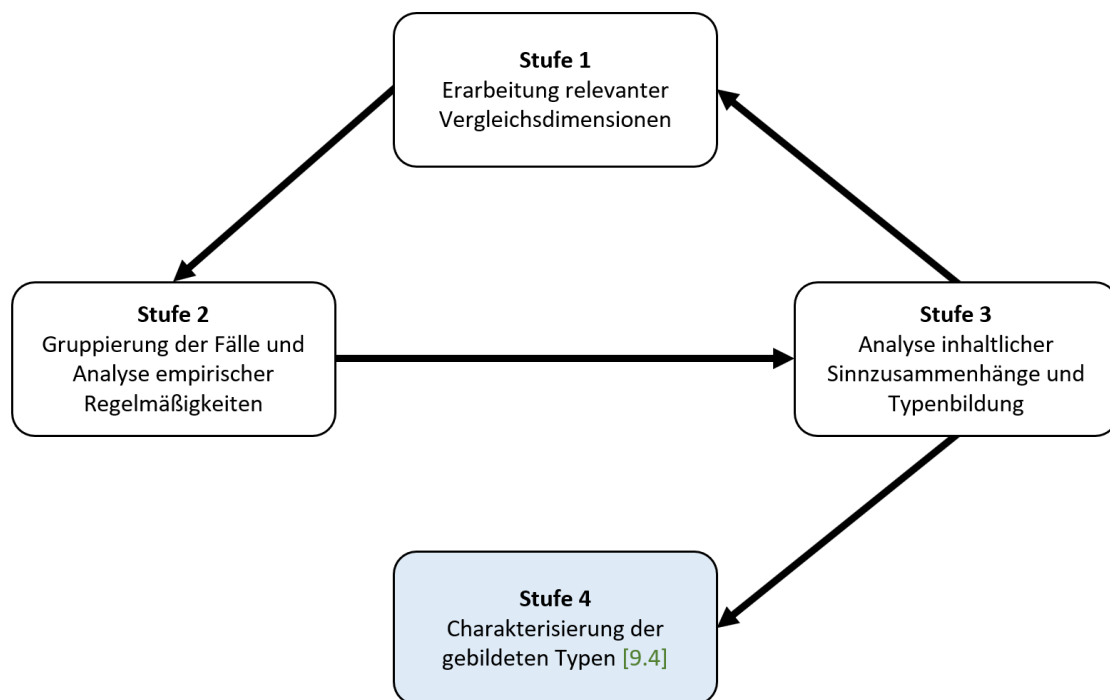


Abbildung 7.13 Stufenmodell empirisch begründeter Typenbildung nach Kelle und Kluge (2010, S. 92)

Im ersten Schritt geht es darum, relevante Vergleichsdimensionen zu erarbeiten, die es erlauben, die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen Fällen hervorzuheben. Da die gewählten Vergleichsdimensionen (vgl. 9.4), wie nachfolgend differenzierter dargestellt (7.14.2, 7.14.3), in beiden Fällen auf bereits vorhandene Unterscheidungsmerkmale (7.12, 7.13)

¹ Kelle und Kluge (2010, S. 87) verweisen darauf, dass die Bezeichnungen *Merkmal*, *Kategorie* und *Variable* im Zusammenhang mit der Typisierung ebenso als synonym zu betrachten sind wie die Begriffe *Merkmalsausprägung* und *Subkategorie* zueinander. Der *Merkmalsraum* bzw. die *Dimension* stellt die Summe aller Ausprägungen eines Merkmals dar. Weiterhin ist der Begriff *Typ* und *Typus* gleichbedeutend.

zurückgehen, nämlich im Falle der Ablaufdiagramme auf den Anteil der depiktional oder deskriptional dargestellten Textinformationen und im Falle der mikroskopischen Zeichnungen auf die Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop (9.4), handelt es sich um deduktiv gebildete Vergleichsdimensionen (vgl. Kelle & Kluge, 2010, S. 93).

Ausgehend von den identifizierten Ähnlichkeiten und Unterschieden zwischen Fällen können in einem zweiten Schritt Fälle zu ähnlichen Gruppen zusammengefasst werden. Die Kontrastierung von Fällen ist dabei unabdingbar für die Gruppenbildung (Kuckartz, 2010). Die einzelnen Fälle, die sich im dritten Schritt einem Typ zuordnen lassen, besitzen hinsichtlich des zur Gruppierung herangezogenen Merkmals eine interne Homogenität und zwischen den Typen sollte dahingehend externe Heterogenität bestehen (Kelle & Kluge, 2010, S. 93). Die Typenbildung ist letztendlich das Produkt der erfolgreichen Fallkontrastierung (Kuckartz, 2018, S. 146). Die Varianz in den empirischen Daten wird durch die Typisierung transparent abgebildet (Kelle & Kluge, 2010, S. 91). Die Konstruktion der beiden repräsentationsspezifischen Typisierungen stellte auch im Rahmen dieser Arbeit erwartungsgemäß „kreative Akte“ (Kuckartz, 2018, S. 152) dar, auf die in Unterkapitel 7.14.3 näher eingegangen wird. In diesem rekursiven Prozess war das Stufenmodell nicht als „starres und lineares Auswertungsschema“ (Kelle & Kluge, 2010, S. 92) anzusehen, sondern unterstützte den Prozess der Typenbildung. Auf die Qualitätssicherung des Verfahrens der Typenbildung geht Unterkapitel 8.2 näher ein.

Auf Grund der eindimensionalen Struktur der Typisierung entfiel eine nachträgliche Reduktion des Merkmalsraums (vgl. Kelle & Kluge, 2010). Dem Hinweis von Kelle und Kluge (2010) folgend, wurde bei der Vergabe der Kurzbezeichnungen der Typen (9.4) auf deren Unmissverständlichkeit geachtet. Der letzte und vierte Schritt umfasst die Charakterisierung der letztendlich beibehaltenen Typen, die den von Kuckartz (2018, S. 156) beschriebenen Anspruch der Kommunizierbarkeit und der praktischen Relevanz am treffendsten erfüllen (7.14.2). Die Charakterisierung der Typen erfolgt im Ergebnisteil (9.4) anhand echter Fälle. Auf Grund der guten Passung der echten Fälle konnte auf die Konstruktion von Modellfällen verzichtet werden (vgl. Kelle & Kluge, 2010; Kuckartz, 2018). Ferner wird im Rahmen der Fallbeschreibungen (9.5) für jeden Schülertyp ein Beispiel angeführt. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, dass die ausgewählten Fälle nicht den Typus selbst darstellen, sondern nur diesem entsprechen (von Zerßen, 1973; vgl. auch Kelle & Kluge, 2010).

7.14.2 Prämissen für eine sinnstiftende Typisierung

Wie bereits im vorherigen Unterkapitel deutlich wurde, stellt die Konstruktion der Typisierungen und der Typen „kreative Akte“ (Kuckartz, 2018, S. 152) dar, sollte jedoch stets anhand nachvollziehbarer Merkmale erfolgen (I). Grundsätzlich können auf Grundlage eines umfangreichen Datensatzes nahezu unendlich viele Typen gebildet werden (vgl. Kelle & Kluge, 2010). So können Gruppierungen beispielsweise anhand des Geschlechts der Teilnehmenden, ihrer Noten oder des Anfangsbuchstabens des Vornamens vorgenommen werden. Für eine sinnstiftende Typisierung muss jedoch die praktische Relevanz (II) der gebildeten Typen mitgedacht werden (Kuckartz, 2018). In Anlehnung an Forschungsfrage 3 galt es, Typen im Zusammenhang mit dem Zeichnen (Tätigkeiten, Schwierigkeiten) sowie mit Blick auf deren Anwendung in authentischen Zeichensituationen (Unterricht) zu bilden (4.1). Die zuvor genannten Typisierungen (z. B. Gruppierung nach Noten) sind mit Blick auf den Datensatz (Anhang 7, Anhang 9) zwar möglich, aber im Zusammenhang mit dem Zeichnen nicht oder wenig sinnvoll, da sie der praktischen Relevanz der gebildeten Typen nicht gerecht werden und keinen Bezug zu übergeordneten Theorien oder Modellen zum Zeichnen aufweisen (III).

Auch hätten in Anlehnung an die etwa 30 Schwierigkeiten bzw. Fehler im Zusammenhang mit der Konstruktion der Ablaufdiagramme grundsätzlich 60 Typen von Lernenden, die die jeweiligen Schwierigkeiten bzw. Fehler zeigen oder nicht zeigen, gebildet werden können. Zwar wäre hierbei der unmittelbare Bezug zum Zeichnen gewährleistet gewesen, aber insbesondere die Prämisse der Kommunizierbarkeit (IV) unzureichend erfüllt. Mit Blick auf den Unterricht lassen sich 60 Typen für die Konstruktion einer Repräsentationsform eher nicht sinnvoll handhaben. Darüber hinaus wäre bei diesen Typisierungsansätzen der Forderung der Sparsamkeit (V) und der Reduktion des Merkmalsraums nicht nachgekommen (vgl. Kelle & Kluge, 2010).

7.14.3 Bezug der Typisierungen zu Modellen und Theorien

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Schülerprofile (Anhang 7) sowie die Ergebnisse der test- und phasenbezogenen Auswertungen (Anhang 9) vom Autor und weiteren Personen auf übergreifende Gemeinsamkeiten, Unterschiede und Sinnzusammenhänge hin untersucht und in Anlehnung an das in Unterkapitel 7.14.1 beschriebene Vorgehen von Kelle und Kluge (2010) mehrmals unterschiedlich gruppiert und diskutiert, d. h. die ersten drei Schritte des Stufenmodells wurden mehrmals durchlaufen. Hierbei entstanden für jede der beiden Repräsentationsformen mehrere Typisierungen, die die zuvor genannten Prämissen (I: Nachvollziehbarkeit, II: praktische Relevanz, III: Bezug zu Modellen und Theorien, IV:

Kommunizierbarkeit, V: Sparsamkeit; 7.14.2) unterschiedlich gut erfüllt. Für die Konstruktion beider Repräsentationsformen (Ablaufdiagramme, Mikroskopische Zeichnungen) zeigte sich, dass jeweils eine Typisierung den fünf Prämissen am treffendsten gerecht wurde: Wie in Unterkapitel 7.14.1 angeführt, basiert diese Typisierung im Falle der Ablaufdiagramme auf der Vergleichsdimension des Anteils der depiktional oder deskriptional dargestellten Textinformationen und im Falle der mikroskopischen Zeichnungen auf der Vergleichsdimension der Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop. Nachfolgend wird der Zusammenhang zwischen diesen beiden ausgewählten Typisierungen und den in der theoretischen Rahmung beschriebenen Modellen (III) erläutert.

Bezogen auf das Cognitive Model of Drawing Construction nach van Meter und Firetto (2013) prägt die Ableitung des Erscheinungsbilds der späteren Zeichnung ausgehend vom mentalen Modell unmittelbar die resultierende Zeichnung (Abb. 3.4 in 3.4.3). Während das mentale Modell selbst eine „modalitätsunspezifische analoge Repräsentation“ (Schnotz, 2006, S. 174) darstellt, zeigt das Erscheinungsbild der späteren Zeichnung konkrete Eigenschaften dieser in der Außenwelt (3.4.3). Damit liefert das Erscheinungsbild Informationen über die eher depiktionale oder die eher deskriptionale Darstellung in der späteren Zeichnung. Vor diesem Hintergrund ist die Entscheidung, ob die Informationen depiktional oder deskriptional dargestellt werden sollen, grundlegend für den weiteren Konstruktionsprozess sowie die damit verbundenen Schwierigkeiten (9.4.1).¹ Aus diesem Grund ist die Typisierung anhand der Vergleichsdimensionen des Anteils der depiktional oder deskriptional dargestellten Textinformationen anderen Gruppierungen auf der Ebene einzelner Hauptkategorien (z. B. Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage) oder Kategorien (z. B. uneindeutige Linienführung) vorzuziehen. Auch in Anlehnung an die Selbstregulationsmechanismen von Winne (Winne & Hadwin, 1998) ist die Wahl einer eher deskriptionalen oder einer eher depiktionalen Darstellung determinierend für die Festlegung damit verbundener Standards (z. B. Abstraktionsgrad, Anzahl der Inhalte) und der Genese der Ablaufdiagramme. Schwierigkeiten treten dieser Entscheidung nachgeordnet auf. Dies impliziert nicht, dass die Entscheidung der eher depiktionalen oder der eher deskriptionalen Abbildung von Textinformationen stets willentlich getroffen werden muss. Besitzt ein Schüler oder eine Schülerin wenig Vorwissen zur praktikablen Darstellung von Textinformationen (2.4), so ist anzunehmen, dass die depiktionale oder deskriptionale Darstellung auch lediglich ein Zufallsprodukt sein kann und durch Ausprobieren geleitet ist.

Bezogen auf das Modell zum Zeichnen von Objekten von van Sommers (1989) ist die visuelle Analyse des Objekts in einem angemessenen Umfang die Grundvoraussetzung dafür,

¹ Für Beispiele zu den Vor- und Nachteilen der depiktionalen oder deskriptionalen Darstellung vgl. Unterkapitel 2.4 und 7.12.3.

dass nachgelagerte Schritte der Produktion der Zeichnung erfolgreich ablaufen können. So können zielführende Abbildungsentscheidungen (z. B. hinsichtlich des Abstraktions-/Detailgrads einer Zeichnung) nur dann getroffen werden, wenn das Darzustellende Beachtung findet und eine übergeordnete Bedeutungskonstruktion erfolgt (Erkennen von und Differenzieren zwischen Strukturen; vgl. 3.5.2). Andernfalls handelt es sich nicht um das Zeichnen auf Grundlage von Objekten, sondern auf Grundlage von Vorstellungen (vgl. van Sommers, 1989, 2009; Abb. 3.1 in 3.2). Auch mit Bezug zum Mehrspeichermodell des Gedächtnisses ist ein regelmäßiges Betrachten des mikroskopischen Objekts (Sensorischer Input) auf Grund der geringen Fähigkeit des Kurzzeitgedächtnisses zur Aufrechterhaltung von Informationen (räumlich-visueller Notizblock für visuelle Information) unbedingte Voraussetzung (3.3, 3.5.3). Bezogen auf beide Modelle ist die Typisierung anhand der Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop anderen Gruppierungen auf der Ebene einzelner Hauptkategorien (z. B. Planungsbezogene Schwierigkeiten) vorzuziehen. Zudem lässt sich im Zusammenhang mit dem Mehrspeichermodell des Gedächtnisses und der limitierten Dauer des Aufrechterhaltens von Informationen (3.3) in begründeterweise annehmen, dass die Häufigkeit des Abgleichs (regelmäßig) wichtiger ist als die Gesamtdauer des Betrachtens.

Aus den beiden zuvor genannten Typisierungen gehen jeweils drei Typen hervor, die im Ergebnisteil (9.4) differenziert dargestellt werden. In diesem Zusammenhang wird deutlich werden, dass neben dem Bezug zu Modellen (III) auch die Prämissen der Nachvollziehbarkeit (I), der praktischen Relevanz (II), der Kommunizierbarkeit (IV) und der Sparsamkeit (V) abgedeckt sind. Weitere Bezüge zwischen den einzelnen gebildeten Typen und Literatur sowie mögliche Limitationen werden in der Diskussion (10.3, 10.4) erörtert.

8. Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis

Dieses Kapitel erläutert die Schritte, die zur Sicherung einer guten wissenschaftlichen Praxis zuträglich waren. Hierzu gehören die behördliche Genehmigung der Studie (8.1) und die Maßnahmen der Qualitätssicherung im Zusammenhang mit den einzelnen Erhebungsinstrumenten und -methoden sowie den Schritten der Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse (8.2). Weiterhin werden in diesem Kapitel die Anwendung spezieller inhaltsanalytischer Gütekriterien (8.3) sowie das Verfahren der Berechnung der Inter-/Intracoder-Übereinstimmung (8.4) erörtert. Während sich dieses Kapitel damit auf die interne Studiengüte bezieht, werden Aussagen zur Generalisierbarkeit der Studienergebnisse erst in Unterkapitel 10.4.2 getroffen.

8.1 Behördliche Genehmigung der Studie

Gemäß § 67 Abs. 6 des Schulgesetzes Rheinland-Pfalz SchulG (2004) ist eine wissenschaftliche Untersuchung an Schulen von der Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion Rheinland-Pfalz zu genehmigen (ADD, 2021). Die Antragsstellung erfolgte am 08. Januar 2018 und die Genehmigung wurde am 06. Juni 2018 erteilt.

8.2 Maßnahmen der Qualitätssicherung

Nachfolgend werden die zur Qualitätssicherung getroffenen Maßnahmen zusammenfassend dargestellt. An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass hinsichtlich der Zuordnung der Maßnahmen der Qualitätssicherung zu einzelnen Gütekriterien in der Literatur kein Konsens besteht und jede einzelne Maßnahme als „eine Evidenzquelle für eine valide Interpretation der Untersuchungsergebnisse aufgefasst werden“ kann (Göhner & Krell, 2020, S. 216):

Die **Konzeption der Kontexte** erfolgte in enger Anlehnung an curriculare Steuerungsdokumente des Biologieunterrichts. Die Textgrundlage der Ablaufdiagramme sowie die Einführungstexte zu den mikroskopischen Präparaten wurden durch Lehrkräfte mit unterschiedlicher Berufserfahrung bewertet und auf Grundlage der Rückmeldungen überarbeitet (5.1, 5.2). Eine Bewertung der Schwierigkeit der Texte schloss an. Die beurteilenden Lehrkräfte unterrichteten nicht an den Schulen, an denen die Studie durchgeführt wurde. Ebenso wurde für die Textgrundlagen der Ablaufdiagramme der LIX-Index berechnet sowie das Format mit vergleichbaren Studien verglichen (5.1.3). Der etwaige Einfluss der Aufgabenstellung wurde retrospektiv kommunikativ validiert (mRef_AD_10; Anhang 4).

Ebenso orientierte sich die **Auswahl geeigneter Präparate** ($n = 52$) an curricularen Steuerungsdokumenten und an den von Lehrkräften genannten Praxisbeispielen (vgl. z. B. Scherb & Nitz, 2020). Die finale Auswahl von vier geeigneten Präparaten erfolgte in Rücksprache mit einer Botanikerin sowie einer erfahrenen Lehrkraft. Weiterhin wurde auf den mikroskopischen Dauerpräparaten jeweils eine Markierung angebracht, die sicherstellte, dass jede Schülerin bzw. jeder Schüler innerhalb eines Kontexts den identischen Bildausschnitt betrachtet und der Abgleich mit dem Erwartungshorizont (Anhang 2) zielführend ist. Dieses Vorgehen war relevant für die Differenzierung zwischen gesehenen und gezeichneten sowie gesehenen und nicht dargestellten Strukturen und die Identifikation einzelner Schwierigkeiten (z. B. Vorgabe des Bildausschnitts nicht beachtet; Anhang 7). Weiterhin stellten die in Unterkapitel 5.2.1 ergänzend genannten Maßnahmen eine notwendige Voraussetzung zur verlässlichen Identifikation von Schwierigkeiten dar.

Das **Manual zur Studiendurchführung** (5.9.3, Anhang 4) trug ebenso wie die Aufgabenhäfte (5.9.3, Anhang 5) zur Standardisierung des Untersuchungsablaufs bei. Die Einhaltung des Manuals ist grundlegend für die Realisierung der Durchführungsobjektivität (Döring & Bortz, 2016). Beispielsweise war im Manual die Testzeit des eingesetzten LGVT nach Schneider et al. (2007) vorgegeben.

Der **Einsatz des lauten Denkens** erfolgte unter der Beachtung zulässiger Impulse nach Sandmann (2014) nach Durchführung eines Warm-Ups, das die Lernenden bedarfsgerecht mit der Maßnahme vertraut machte, und unter Berücksichtigung der vier Empfehlungen von Konrad (2010) für einen gelingenden Einsatz dieser Methode. Das Protokoll des lauten Denkens war damit grundsätzlich in der Lage, im Sinne der Triangulation das Erkenntnispektrum zu manifesten Schwierigkeiten zu erweitern, da es Einblicke in ablaufende kognitive Prozesse gewähren kann (Funke & Spering, 2006) bzw. konnte (9).

Da die Auseinandersetzung mit der Textgrundlage für die Konstruktion der Ablaufdiagramme eine unbedingte Voraussetzung darstellte, war die Berücksichtigung der Leseschwindigkeit und des Leseverständnisses als potenzielle Schwierigkeit notwendig (5.4). Der **LGVT 6-12** von Schneider et al. (2007) kam daher zum Einsatz. Die von den Autoren beschriebenen Hinweise zum Erzielen hoher Objektivität wurden im Rahmen dieser Studie umgesetzt: Die Durchführungsobjektivität wurde gewährleistet, indem der Versuchsleiter den Schülerinnen und Schülern gleichbleibend die Testinstruktionen vorgelesen hat. Die Auswertungsobjektivität ist gegeben, da die Punkteverteilung gemäß den Vorgaben vollzogen wurde. Die Auswertung wurde von einer weiteren Person überprüft. Die Interpretationsobjektivität ist gewährleistet, da die ermittelten Ergebnisse auf Grund der gleichbleibenden Testzeit von vier Minuten bei allen Teilnehmenden mit der Normierungs-

strichprobe abgeglichen wurden. Angaben zur Reliabilität und Validität des eingesetzten Testinstruments sind Unterkapitel 5.4 zu entnehmen.

Die **Transkription der Audiospur** erfolgte auf Grundlage in der Literatur genannter und häufig verwendeter Transkriptionsregeln (Dresing & Pehl, 2010; Przyborski & Wohlrab-Sahr, 2014; Selting et al., 2009). Die Auswahl dieser war am Bedarf der Studiendurchführung auszurichten (vgl. Döring & Bortz, 2016, S. 583). An inhaltsbedeutsamen Stellen (7.3) wurde eine vollständige Transkription der Audiospur vorgenommen, da Selektionsentscheidungen zu einer ungewollten Interpretation führen können (vgl. Schreier, 2013b). Die Transkription wurde vom Autor vorgenommen, da das so erlangte Verständnis des Ausgangsmaterials den Weg für eine fundiertere Auswertung ebnet (Döring & Bortz, 2016, S. 368). Die Einhaltung der Transkriptionsregeln wurde von einer weiteren Person (studentische Hilfskraft) für alle 21 etwa 60-minütigen Audiospuren (Tab. 5.14 in 5.9.1) überprüft. Die resultierenden Transkripte wurden ebenfalls neben dem Autor von einer weiteren Person vollständig mit den Audioaufnahmen abgeglichen und bei Fehlern korrigiert.

Die **inhaltliche und kriteriale Beurteilung aller Zeichnungen** (Zeichnen-Test: 7.5.2; Ablaufdiagramme und mikroskopische Zeichnungen: 7.6) wurden vom Autor und zwei studentischen Hilfskräften vorgenommen. Bei der kriterialen Beurteilung der einzelnen Zeichnungen ergaben sich vor dem Hintergrund einer unterschiedlichen Anzahl an Beurteilungskriterien, nämlich sechs für die Beurteilung von Ablaufdiagrammen und neun für die der mikroskopischen Zeichnungen, eine unterschiedliche Anzahl zu beurteilender Situationen. Tabelle 8.1 zeigt die Anzahl dieser, die der Übereinstimmungen, die der Nicht-Übereinstimmungen sowie die prozentuale Übereinstimmung und den errechneten Kappa-Wert (8.4). Die kriteriale Beurteilung ist als niedrig inferentes Verfahren einzustufen. Alle Abweichungen zwischen Erstkodierer (Autor) und Zweitkodierer oder Zweitkodierer treten nicht gehäuft für ein Kriterium, sondern verstreut über verschiedene Kriterien auf (Anhang 9.4, 9.5).

Tabelle 8.1 Angaben zur Intercoder-Übereinstimmung hinsichtlich der kriterialen Beurteilung unterschiedlicher Zeichnungen

Art der Zeichnung	Anzahl beurteilter Situationen	Anzahl der Übereinstimmungen	Anzahl der Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa gewichtet
	<i>N</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	(<i>K_w</i>)
Zeichnung dreier pflanzlicher Zellen (Zeichnen-Test)	189	184	5	97.4	0.980
Zeichnung dreier tierischer Zellen (Zeichnen-Test)	189	183	6	96.8	0.977
Ablaufdiagramm	126	116	10	92.1	0.926
Mikroskopische Zeichnung	189	181	8	95.8	0.963

Die inhaltliche Beurteilung der Ablaufdiagramme (Auswertung der dargestellten Elemente und Relationen: z. B. Ist die negative Rückkopplung dargestellt?) und die der mikroskopischen Zeichnungen (Auswertung der dargestellten Strukturen: z. B. Ist die Zellwand vorhanden?) wurden im Abgleich mit dem Erwartungshorizont (Anhang 1-3) vom Autor und von einer weiteren Person vorgenommen. Die Übereinstimmung bei der inhaltlichen Beurteilung der Ablaufdiagramme betrug 98,9% und bei den übrigen Zeichnungen 100% (Tab. 8.2). Die Beurteilenden gelangten hinsichtlich der Auswertung der Ablaufdiagramme zu keiner vollständigen Übereinstimmung, da in sechs Fällen die realistische Abbildung von Textinformationen zu unterschiedlichen Einschätzungen führte. Ein Kappa-Wert wurde hier nicht ermittelt, da die inhaltliche Beurteilung im Gegensatz zur kriterialen Beurteilung lediglich das Überprüfen des Vorhandenseins der Strukturen, Elemente oder Relationen auf Grundlage der Erwartungshorizonte erforderte.

Tabelle 8.2 Übereinstimmungen und Abweichungen bei der inhaltlichen Beurteilung unterschiedlicher Zeichnungen

Art der Zeichnung	Anzahl beurteilter Situationen	Anzahl der Übereinstimmungen	Anzahl der Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung
	<i>N</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%
Zeichnung dreier tierischer Zellen (Zeichnen-Test)	42 ¹	42	0	100
Zeichnung dreier pflanzlicher Zellen (Zeichnen-Test)	84 ²	84	0	100
Ablaufdiagramm	554 ³	548	6	98,9
Mikroskopische Zeichnung	122 ⁴	122	0	100

¹ 42 = 2 Strukturen x 21 Teilnehmende; ² 84 = 4 Strukturen x 21 Teilnehmende; ³ 554 = (15 Elemente + 19 Relationen) x 6 Teilnehmende (Kontext 7) + (8 Elemente + 10 Relationen) x 7 Teilnehmende (Kontext 8) + (16 Elemente + 15 Relationen) x 4 Teilnehmende (Kontext 10.1) + (15 Elemente + 10 Relationen) x 4 Teilnehmende (Kontext 10.2); ⁴ 122 = 4 Strukturen x 6 Teilnehmende (Kontext 7) + 6 Strukturen x 7 Teilnehmende (Kontext 8) + 5 Strukturen x 4 Teilnehmende (Kontext 10.1) + 9 Strukturen x 4 Teilnehmende (Kontext 10.2)

Die Auswertung der **kontextbezogenen Verständnisfragen**, die sich auf die konstruierten Ablaufdiagramme beziehen, wurde vom Autor und einer weiteren Person auf Grundlage des Abgleichs der transkribierten Antworten der Schülerinnen und Schüler mit dem Erwartungshorizont (Anhang 1) vorgenommen. Die Gesamtübersicht über die Auswertung befindet sich in Anhang 9.10. Insgesamt wurden vom Autor und einer weiteren Person 124 genannte und gezeichnete sowie 9 genannte, aber nicht gezeichnete Elemente identifiziert. Die Übereinstimmung beider Kodierungen nach dem in Unterkapitel 7.8 dargestellten Schema (Tabelle 7.12) beträgt 100%.

Auf Grund der zentralen Bedeutung der beiden **Kategoriensysteme zur Identifikation manifester Schwierigkeiten** (Anhang 8.1, 8.2) und im Hinblick auf die durchgeführte qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring (2015) erfolgt die Erläuterung der angewendeten Gütekriterien ausgelagert in Unterkapitel 8.3. Eine Kodierung der Schwierigkeiten wurde sowohl vom Autor als auch von einer weiteren Person vollständig vorgenommen. Der Zweitkodierer wurde zunächst am Material des von der Untersuchung ausgeschlossenen Schülers der neunten Klassenstufe (6.2) geschult. Die prozentuale Übereinstimmung hinsichtlich der Ablaufdiagramme beträgt 96.9% und hinsichtlich der mikroskopischen Zeichnungen 97.2% (Tab. 8.3). Eine diskursive Konsensfindung löste die elf Nichtübereinstimmungen auf. Die Belege für die Schwierigkeiten werden ausführlich in den Unterkapiteln 9.2, 9.3 sowie 9.5 bzw. in Anhang 10 vorgestellt.

Tabelle 8.3 Angaben zur Intercoder-Übereinstimmung hinsichtlich der identifizierten Schwierigkeiten

Art der Zeichnung	Belege für Schwierigkeiten	Anzahl der Übereinstimmungen	Anzahl der Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa nach Brennan & Prediger, 1981
	<i>N</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	(<i>K</i>)
Ablaufdiagramm	163	158	5	96.9	0.968
Mikroskopische Zeichnung	213	207	6	97.2	0.971

Die Intracoder-Übereinstimmung wurde durch einen zweiten Kodierungsdurchlauf mit etwa 38% des Datenmaterials¹ 14 Monate nach Abschluss der Erstkodierung realisiert. Bezogen auf Ablaufdiagramme ergab sich hier eine Übereinstimmung von 94.6% und bezogen auf mikroskopische Zeichnungen eine Übereinstimmung von 98.9% (Tab. 8.4). Für alle Kategorien konnten sowohl in der Erst- als auch Zweitkodierung Belege gefunden werden. Die Unterschiede ergaben sich lediglich durch die Anzahl der Belege pro Kategorie.

Tabelle 8.4 Angaben zur Intracoder-Übereinstimmung hinsichtlich der identifizierten Schwierigkeiten

Art der Zeichnung	Belege für Schwierigkeiten (<i>t</i> ₀)	Anzahl der Übereinstimmungen (<i>t</i> ₁)	Anzahl der Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa nach Brennan & Prediger, 1981
	<i>N</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	(<i>K</i>)
Ablaufdiagramm	56 ¹	53	3	94.6	0.945
Mikroskopische Zeichnung	87 ¹	86	1	98.9	0.988

¹ Die referenzierten Werte ergeben sich aus der Summe der Belege für die Schwierigkeiten derjenigen Schülerinnen und Schüler, die für die Bestimmung der Intracoder-Übereinstimmung ausgewählt wurden: S7A, S7D, S8C, S8F, S10.1A, S10.1C, S10.2B, S10.2D

¹ Entspricht den Schülerinnen und Schülern: S7A, S7D, S8C, S8F, S10.1A, S10.1C, S10.2B, S10.2D; vgl. Tab. 8.4.

Die **Kodierung der Schülertätigkeiten** im Rahmen der Tätigkeitsanalyse wurde sowohl vom Autor als auch aufgeteilt auf zwei weitere Personen vollzogen (Tab. 8.5). Bezogen auf Ablaufdiagramme umfasste die Kodierung 19104 Sekunden. Dies entspricht etwa 5.3 Stunden. Da eine Einheit in MAXQDA 0.1 Sekunden darstellt, handelt es sich systembedingt um 1910400 kodierte Einheiten (7.13.4). Bei der die Ablaufdiagramme betreffenden Kodierung wichen Erstkodierer (Autor) und Zweitkodiererin im Umfang von 29.0 Sekunden voneinander ab (Tab. 8.5). Die prozentuale Übereinstimmung beträgt 99.8%. Tabelle A9.15 in Anhang 9.6 stellt die Abweichungen differenzierter dar. In Bezug zu den mikroskopischen Zeichnungen wurden 8477 (bzw. 847700 Einheiten) Sekunden kodiert. Dies entspricht etwa 2.4 Stunden. Hier wichen Erstkodierer und eine weitere Zweitkodiererin im Umfang von 57.8 Sekunden voneinander ab (Tab. 8.5). Dies führte hinsichtlich der mikroskopischen Zeichnungen zu einer Intercoder-Übereinstimmung von 99.3%. Eine differenziertere Darstellung erfolgt in Tab. A9.19 in Anhang 9.7. Basierend auf den initialen Abweichungen wurde im Rahmen der diskursiven Erörterung zwischen Erstkodierer und Zweitkodiererin zum Teil eine Präzisierung der Kodierregeln vorgenommen. Auf Grund der extrem hohen Anzahl zu beurteilender Situationen entfällt die Berechnung des Kappa-Wertes. Auf die oben genannten Zeitangaben entfallen 2171 Kodierungen, die sich auf die Konstruktion der Ablaufdiagramme beziehen, sowie 1479 Kodierungen in Verbindung mit den mikroskopischen Zeichnungen.

Tabelle 8.5 Übereinstimmungen und Abweichungen bei der Kodierung der Schülertätigkeiten

Art der Zeichnung	Anzahl beurteilter Situationen	Anzahl der Übereinstimmungen	Anzahl der Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung
	<i>N</i> (in s)	<i>n</i> (in s)	<i>n</i> (in s)	%
Ablaufdiagramm	19104.0	19075.0	29.0	99.8
Mikroskopische Zeichnung	8477.0	8419.2	57.8	99.3

Auf Grundlage der kodierten Tätigkeiten wurden die **Wechsel zwischen Tätigkeiten** ($N = 3608$), die für die Prozessstruktur-Darstellungen relevant sind (7.13.6), von drei Personen unabhängig voneinander ausgewertet (Tab. A9.16 in Anhang 9.6 sowie Tab. A9.21 in Anhang 9.7). Abweichende Ergebnisse für einzelne Fälle wurden erneut geprüft, sodass das Verfahren fehlerfrei abgeschlossen werden konnte.

Die **Typenbildung** erfolgte systematisch in Anlehnung an das Stufenmodell empirisch begründeter Typenbildung nach Kelle und Kluge (2010). Das Verfahren baute unmittelbar auf der „Vorarbeit“ (Kuckartz, 2018, S. 143) der qualitativen Inhaltsanalyse zu den Schwierigkeiten bzw. Fehlern (7.12) und der Tätigkeitsanalyse (7.13) auf, für die beide, wie in diesem

und dem nachfolgenden Unterkapitel beschrieben, zahlreiche Maßnahmen der Qualitätssicherung getroffen oder inhaltsanalytische Gütekriterien befolgt wurden. Weiterhin erfolgte die Zuordnung der Schülertypen anhand nachvollziehbarer Kriterien bzw. Merkmale (9.4), die in den Schülerprofilen (Anhang 7), den test- und phasenbezogenen Auswertungen (Anhang 9) sowie den Fallbeschreibungen (9.5, Anhang 10) eingesehen werden können. Auch werden mit Bezug zur theoretischen Ebene (3.4, 3.5.2, 7.12.2, 7.13.3) Aussagen darüber getroffen, weshalb die für die Typisierungen gewählten Vergleichsdimensionen gegenüber anderen alternativen Gruppierungen vorzuziehen sind (7.14.3) und es findet eine theoretische Verortung der einzelnen Typen statt (10.3). Ferner stand bei der Bildung und Benennung der Typen die Kommunizierbarkeit und praktische Relevanz mit Blick auf die anwendende Zielgruppe (vgl. Kuckartz, 2018, S. 156) – den Lehrkräften – im Vordergrund.

Die Auswertung und Darstellung aller **sonstigen Daten** (Aggregation der Daten, Erstellung und Übertrag in die Schülerprofile, test- und phasenbezogene Auswertung in Anhang 9) wurde neben dem Autor von mindestens zwei weiteren Personen überprüft.

8.3 Inhaltsanalytische Gütekriterien

Die Berücksichtigung von Gütekriterien leistet einen wesentlichen Beitrag zur Qualitätssicherung von Forschungsvorhaben und zwar unabhängig davon, ob eine qualitative oder quantitative Ausrichtung des Untersuchungsvorhabens vorliegt (Döring & Bortz, 2016). Während für quantitativ ausgerichtete Studien die drei Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität grundlegend sind, besteht bei qualitativen Forschungsbestreben hinsichtlich der Qualitätssicherung kein Konsens (Flick, 2010; Steinke, 1999). Dabei ist die Auswahl geeigneter Gütekriterien stets vor dem Hintergrund der eingesetzten Forschungsmethoden vorzunehmen (Flick, 2010). Nachfolgend werden zwei unterschiedliche Ansätze vorgestellt.

Mayring (2016) schlägt zur Absicherung qualitativen Forschens sechs alternative Gütekriterien (I-VI) vor, die zum Teil auch als qualitätssichernde Maßnahmen betrachtet werden können (vgl. Göhner & Krell, 2020). Diese werden hiernach auf die qualitative Inhaltsanalyse zur Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen angewendet:

So wurde der **Verfahrensdokumentation** (I) nachgekommen, indem transparent und nachvollziehbar die Erhebungsinstrumente und -methoden (5), die Stichprobenziehung (6) sowie die Datenaufbereitung, -auswertung und -analyse (7) dargestellt wurden.

Die **Regelgeleitetheit** (II) ergibt sich durch die Orientierung an einem Ablaufmodell (Abb. 7.3 in 7.12.2) sowie bezogen auf die Analyse aus der strikten Befolgung der Kodierregeln

und des Kodiermanuals (Anhang 8.1, 8.2). Das verbalsprachliche Ausgangsmaterial entstand unter Einhaltung von transparent dargestellten Transkriptionsregeln (7.3).

Die **argumentative Interpretationsabsicherung** (III) ist durch die gemeinsame Besprechung der kodierten Materialausschnitte von den Beurteilenden sowie durch die Beseitigung von Missverständnissen bzgl. initialer Kodierregeln gewährleistet, die in dieser Folge überarbeitet wurden. Die Verfahrensdokumentation und die Regelgeleitetheit sind damit grundlegend für die Realisierung der intersubjektiven Nachvollziehbarkeit. Weitere Maßnahmen zur Sicherung der Durchführungs- und Auswertungsobjektivität wurden bereits in Unterkapitel 8.2 skizziert. Die dort ebenso vorgestellte Intercoder-Reliabilität (Intercoder-Übereinstimmung), entspricht eigentlich einem Maß für die (Interpretations-)Objektivität, nämlich der Unabhängigkeit der Analyseergebnisse von den Analysierenden (vgl. Mayring, 2015).

Die **Nähe zum Gegenstand** (IV) wurde dahingegen insbesondere dadurch gewährleistet, dass die Lernenden authentische Aufgabenstellungen bearbeiteten, ebenso wie sie auch im Unterricht hätten vorkommen können. Die adressatengerechte Gestaltung der Kontexte wurde von Lehrkräften im Vorfeld beurteilt und wo notwendig, fand vor deren Einsatz in der Studie eine Überarbeitung der Textgrundlagen statt (5.1, 5.2).

Eine **Triangulation** (V) von Methoden (z. B. Protokoll des lauten Denkens, Zeichnung, mündliche Reflexionsfragen) erlaubte an vielen Stellen die Absicherung der Interpretation. Eine ausführliche Darstellung hierzu erfolgt in Unterkapitel 10.4.2.

Auf Grund der sehr umfangreichen Auswertung der einzelnen Instrumente konnte eine Validierung im Sinne der **kommunikativen Validierung** (VI) mit den Teilnehmenden nicht übergreifend realisiert werden und beschränkt sich auf wenige Items (z. B. mRef_AD_10, Anhang 4). Der zeitliche Abstand hätte mehrere Wochen betragen. Eine Validierung der Interpretation ergibt sich jedoch in unterschiedlichem Umfang durch die Triangulation von Methoden. So sicherten beispielsweise die Antworten der Schülerinnen und Schüler auf die mündlichen Reflexionsfragen die Interpretation des beobachteten Prozesses ab (Anhang 4).

Speziell für die Qualitätssicherung qualitativer Inhaltsanalysen wurden von Krippendorff (1980) acht Kriterien geprägt, die sich den Prinzipien der Validität (A-E) und Realibilität (F-H) zuordnen lassen (Abb. 8.1). Diese sollen nachfolgend in Ergänzung zu den sechs alternativen Gütekriterien qualitativen Forschens nach Mayring (2016) vorgestellt werden: Die **semantische Gültigkeit** (A) bezieht sich auf die Formulierung unmissverständlich anwendbarer Kodierregeln sowie die Auswahl geeigneter Ankerbeispiele und zutreffender Definitionen. Die neben dem Autor mitwirkenden Zweitkodiererinnen und Zweikodierer kamen mit dem Kodierleitfaden und dem Kodiermanual gut zu recht. Passagen, die initial

zu Missverständnissen führten, wurden durch geeignetere Formulierungen ersetzt. In wenigen Fällen wurden auch die Definitionen oder Ankerbeispiele angepasst, sodass eine trennscharfe Unterscheidung leichter zu gewährleisten war. Die semantische Gültigkeit ist, zumindest bezogen auf die deduktiv gebildeten Kategorien, auch durch den Literaturbezug gewährleistet.

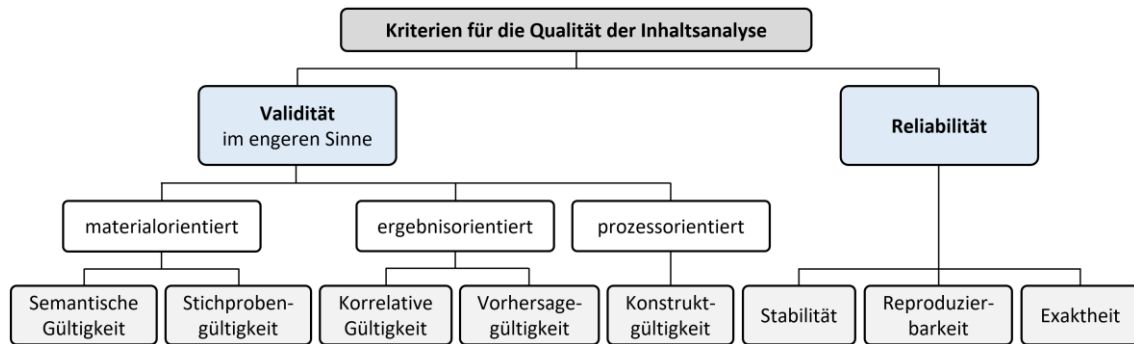


Abbildung 8.1 Inhaltsanalytische Gütekriterien nach Krippendorff (1980, S. 158), Übersetzung nach Mayring (2015, S. 126)

Die **Stichprobengültigkeit** (B) ist durch die kriteriengesteuerte Stichprobenziehung erfüllt, die darauf abzielte, die im Untersuchungsfeld vorhandene und die für die Forschungsfragestellung relevante Heterogenität abzubilden (Kelle & Kluge, 2010, S. 109). Nur so konnte ein breites Spektrum an Schwierigkeiten aufgedeckt werden.

Die **korrelative Gültigkeit** (C) bezieht sich auf den Vergleich der Studie mit anderen Studien, denen eine ähnliche Fragestellung zu Grunde lag. Da bisherige Studien Schwierigkeiten im Umgang mit den hier untersuchten Repräsentationsformen lediglich eingeschränkt untersucht haben, ist dieses Kriterium zumindest in Bezug auf mikroskopische Zeichnungen nur bedingt erfüllt. Im Zusammenhang mit dieser Repräsentationsform wurden bislang vor allem die technischen Schwierigkeiten in den Blick genommen (vgl. Jiménez-Aleixandra et al., 1999), nicht-technische Schwierigkeiten bei der Anfertigung mikroskopischer Zeichnungen werden meist nur erfahrungsbasiert in fachdidaktischer Literatur beschrieben (z. B. Quillin & Thomas, 2015; Retzlaff-Fürst, 2020; Spörhase, 2010b; 3.7). Auf Grundlage dieser und weiterer Literatur konnten viele Kategorien deduktiv abgeleitet werden (7.12.2). Auf Seiten der Ablaufdiagramme ist die korrelative Gültigkeit am ehesten durch den engen Bezug der hier vorgestellten Studie zu den Ergebnissen von van Meter (2001) und Scott und Dreher (2016) gegeben (3.6, 3.7). Aus diesen Studien konnten sowohl unterschiedliche Tätigkeiten des Zeichnens (7.13.2) als auch einzelne Schwierigkeiten (7.12.2) abgeleitet werden. Die genannten Studien

verwendeten ebenso ähnliche Methoden (z. B. Lautes Denken, retrospektiv gestellte Fragen).

Die **Vorhersagegültigkeit** (D) ist insofern gewährleistet, dass die meisten deduktiv abgeleiteten Kategorien anhand von kodierten Materialausschnitten bestätigt werden konnten (9.2, 9.3). Nur wenige deduktive Kategorien konnten anhand der empirischen Befunde nicht bestätigt werden.

Die **Konstruktgültigkeit** (E) ergibt sich durch die enge Anknüpfung der hier dargestellten Studie an den gegenwärtigen Forschungsstand zur Konstruktion von externen bildlichen Repräsentationen (3): Insbesondere das Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3) von van Meter und Firetto (2013) ist die theoretische Basis für die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten (z. B. Ablaufdiagrammen) und das Modell zum Zeichnen von Objekten von van Sommers (1989; 3.5.2) für die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Beobachtungen (z. B. mikroskopische Zeichnungen). Eine Darstellung des Zusammenhangs zwischen allen im Rahmen dieser Arbeit gebildeten Kategorien und den relevanten Theorien bzw. Modellen erfolgte in den Unterkapiteln 7.12.3 und 7.13.3.

Die **Stabilität** (F) meint die „nochmalige Anwendung des Analyseinstrumentes auf das Material“ (Mayring, 2015, S. 127). Die Intracoder-Übereinstimmung wurde gewährleistet, indem der Autor 38% des Datenmaterials (8 von 21 Schülerinnen und Schülern) 14 Monate nach Abschluss der Analyse und der Ermittlung der Intercoder-Übereinstimmung erneut kodierte (8.2). Nach dem Wiedererlernen des Kodiersystems durch Probekodierung an einem Fallbeispiel betrug die Übereinstimmung für das erneut kodierte Material bezogen auf Ablaufdiagramme 94.6% und bezogen auf mikroskopische Zeichnungen 98.9%.

Das Maß für die **Reproduzierbarkeit** (G) der Analyse lässt sich durch die Beurteilerübereinstimmung ermitteln. Die Darstellung der Intercoder-Übereinstimmung erfolgte in Unterkapitel 8.2.

Als letztes inhaltsanalytisches Gütekriterium bezieht die **Exaktheit** (H) unterschiedliche Ebenen mit ein. Auf der Ebene der Auswertungseinheiten konnten, wie zuvor bereits dargestellt, Unstimmigkeiten zwischen Kodierenden durch die Anpassung der Kodierregeln, Definitionen oder Ankerbeispielen minimiert werden. Eine Voraussetzung für eine hohe Exaktheit ist zudem sowohl eine hohe Intra- als auch eine hohe Intercoder-Übereinstimmung, wie sie für diese Arbeit vorliegen. Die festgestellten Abweichungen bzw. Unstimmigkeiten sind über verschiedene Kategorien verteilt und häufen sich nicht für einzelnen Kategorien (8.2). Letzterer Zustand wäre ein Indikator für partielle Unstimmigkeiten (vgl. Mayring, 2015). Zur Erhöhung der Exaktheit wurden im iterativen Analyseprozess zudem einzelne Kategorien zusammengefasst und präzisiert.

8.4 Ermittlung der Übereinstimmung zwischen Beurteilenden in unterschiedlichen Beurteilungssituationen

Die nachfolgenden Ausführungen zeigen, dass der Begriff der Beurteiler-Übereinstimmung ambivalent ist, die Berechnung der Übereinstimmung zwischen Beurteilenden abhängig von der Beurteilungssituation unterschiedlich erfolgte und jeweils Regeln für die Übereinstimmung bei der Beurteilung unterschiedlicher Materialien (Textpassage in Transkripten, Zeichnungen) festgelegt werden mussten.

Die Übereinstimmung zwischen zwei Beurteilenden kann neben der prozentualen Übereinstimmung durch die Berechnung eines speziellen Kennwerts angegeben werden, der die prozentuale Übereinstimmung um zufällig entstandene Übereinstimmungen bereinigt (Wirtz & Caspar, 2002). Verfahren zur Ermittlung der Intercoder-Reliabilität messen im engeren Sinne die Objektivität und lediglich die Intracoder-Reliabilität ist Gegenstand der Reliabilitätsbestimmung (Mayring, 2015). Kuckartz (2018, S. 206) verweist zudem darauf, dass der Begriff Intercoder-Übereinstimmung im Zusammenhang mit der qualitativen Inhaltsanalyse sowie der Begriff Intercoder-Reliabilität im Zusammenhang mit der quantitativen Inhaltsanalyse zu verwenden sei. Im Rahmen dieser Arbeit wird durchgehend von Intercoder- bzw. Intracoder-Übereinstimmung gesprochen, auch wenn die kriteriale Beurteilung sich auf ein quantitatives Kategoriensystem (Anhang 9.4, Anhang 9.5: Jeweils eine Kategorie mit fünf gestuften Ausprägungen: vollständig, mehrheitlich, teilweise, in Ansätzen, gar nicht) bezieht. Im Gegensatz dazu erfolgt die Kodierung der Schwierigkeiten qualitativ offen, d. h. ohne standardisierte Subkategorien.

Grundlegend für die Bestimmung der Intercoder-Übereinstimmung ist es, dass es zu keiner wechselseitigen Beeinflussung zwischen den Beurteilenden im Kodierprozess kommt (Wirtz & Caspar, 2002). Vor diesem Hintergrund wurden die Nicht-Übereinstimmungen, wo möglich, erst nach der Bestimmung der Intercoder-Übereinstimmung beseitigt. Die Berechnung der Kappa-Werte erfolgte im Falle der Kategoriensysteme zu den Schwierigkeiten, die die Konstruktion der beiden Repräsentationsformen betreffen (Tab. 8.3 und Tab. 8.4 in 8.2), nach Brennan und Prediger (1981). Dieses Verfahren stellt einen von zwei alternativen Wegen zur Gewährleistung der Übereinstimmung von Kodierenden im Rahmen von qualitativen Inhaltsanalysen dar (vgl. Kuckartz, 2018, S. 211). Die Formel ist nachfolgend dargestellt. Der Wert der zufälligen Übereinstimmung wird jeweils ermittelt, indem 1 durch die Anzahl der Kategorien geteilt wird. Im Falle von 25 angenommenen Kategorien ergibt sich ein ZÜ¹-Wert von 0.04.

¹ Zufällige Übereinstimmung.

$$\text{Kappa} = \frac{\text{Prozentuale Übereinstimmung} - \text{Zufällige Übereinstimmung}}{1 - \text{Zufällige Übereinstimmung}} = \frac{\text{PÜ} - \text{ZÜ}}{1 - \text{ZÜ}}$$

Weiterhin galt es festzulegen, ab wann eine Übereinstimmung als solche gewertet wird. Im Falle der Kategoriensysteme zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern war dies abhängig von der Art des kodierten Materials (Abb. 7.5 in 7.12.2): I: Textpassagen mussten inhaltlich übereinstimmen (Abb. 7.5a). Dabei durfte die insgesamt kodierte Textlänge variieren (z. B. ergänzende Kodierung des Satzes zuvor oder danach aus Gründen der Verständlichkeit der isolierten Textpassage). II: Bei der Tätigkeitsanalyse durften Anfang und Ende der Kodierung nicht mehr als 25% voneinander abweichen (Abb. 7.5b). III: Markierungen in Zeichnungen bedurften keiner Übereinstimmung, insofern sie denselben Aspekt zeigen (z. B. uneindeutige Linienführung, nicht geschlossen dargestellte Zellen; Abb. 7.5c). IV: Abschnitte der Videospur durften nicht mehr als 25% voneinander abweichen (Abb. 7.5d).

Im Gegensatz zur Ermittlung der Intercoder-Übereinstimmung in Bezug zur qualitativen Inhaltsanalyse bietet sich für ordinal skalierte Kategorien der quantitativen Inhaltsanalyse der Cohens Weighted Kappa an (vgl. Döring & Bortz, 2016). Dieser berücksichtigt bei geordneten Subkategorien (z. B. 4: vollständig, 3: mehrheitlich, 2: teilweise, 1: in Ansätzen, 0: gar nicht), im Gegensatz zum (ungewichteten) Cohens Kappa, wie weit die Übereinstimmungen auseinanderliegen (vgl. Cohen, 1960, 1968). Für die kriteriale Beurteilung der Ablaufdiagramme, der mikroskopischen Zeichnungen sowie der Zeichnungen des Zeichnen-Tests wurde aus diesem Grund für jede Beurteilungskategorie (z. B. Abstraktionsgrad) der Cohens Weighted Kappa berechnet (Tab. A9.6 und Tab. A9.7 in Anhang 9.4; Tab. A9.11 und Tab. A9.12 in Anhang 9.5.) und in Unterkapitel 8.2 als Durchschnittswert berichtet.

Als Grenzwerte für die Gütebeurteilung von Kappa-Werten werden von verschiedenen Autorinnen und Autoren unterschiedliche Einteilungen vorgeschlagen (z. B. Landis & Koch, 1977; Wirtz & Caspar, 2002). Kappa-Werte im Bereich von 0.6 bis 0.8 können dabei als gut und zwischen 0.8 und 1.0 als sehr gut eingestuft werden (Kuckartz, 2018, S. 210). Die Befunde in Unterkapitel 8.2 zeigen, dass die Intercoder- bzw. Intracoder-Übereinstimmung in allen Fällen sehr hoch ist. Alle Kappa-Werte können daher als sehr gut eingestuft werden.

9. Ergebnisse

Dieses Kapitel beginnt mit einer Übersicht zu den verschiedenen Tätigkeiten, die die Teilnehmenden im Verlauf des Zeichenprozesses ausführen (9.1). Die Darstellung bezieht sich unmittelbar auf Forschungsfrage 1 (Welche Tätigkeiten lassen sich für den Zeichenprozess hinsichtlich der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen auf der Ebene der Sichtstruktur unterscheiden?). Im Anschluss werden anhand ausgewählter Beispiele die manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen (9.2) und mikroskopischen Zeichnungen (9.3) erläutert. Die Ausführungen beziehen sich auf Forschungsfrage 2.1 (Welche manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler treten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen im Zeichenprozess auf?) sowie 2.2 (Welche manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler werden im Zeichenprozess sichtbar, die durch die Analyse der Zeichenprodukte nicht erfasst werden?). Danach werden in Bezug zu Forschungsfrage 3 (Inwiefern lassen sich anhand der empirischen Befunde zum Zeichenprozess aus den Einzelfällen heraus Schülertypen für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen charakterisieren?) Schülertypen für den Konstruktionsprozess beider Repräsentationsformen charakterisiert (9.4). Daran anknüpfend wird für jeden Schülertyp jeweils ein Beispiel dargestellt (9.5). Diese Fallbeschreibungen beinhalten sowohl eine Beschreibung des Zeichenprozesses als auch die Belege für die identifizierten manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler. Das Kapitel endet mit einer zusammenfassenden Ergebnisdarstellung (9.6).

9.1 Tätigkeiten während des Zeichenprozesses

Im Folgenden werden die für den Zeichenprozess kodierten Tätigkeiten vorgestellt. Unterkapitel 9.1.1 bezieht sich auf Ablaufdiagramme, wohingegen Unterkapitel 9.1.2 die Tätigkeiten in Verbindung mit der Anfertigung mikroskopischer Zeichnungen vorstellt. Während die beiden nachfolgenden Tabellen 9.1 und 9.2 nur auf den deduktiven oder induktiven Ursprung einer Kategorie verweisen, wurde der Bezug zwischen den einzelnen Kategorien und übergeordneten kognitiven Operationen (z. B. Selektion und Organisation in Bezug zum Lesen der Textgrundlage) bzw. relevanten Modellen und Theorien bereits in Unterkapitel 7.13.3 erläutert.

9.1.1 Tätigkeiten während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen

Bezogen auf die Konstruktion von Ablaufdiagrammen lassen sich zwölf unterschiedliche Tätigkeiten unterscheiden (Tab. 9.1). Für diese konnten insgesamt 2171 Belege gefunden werden. Während die Tätigkeiten *Liest* ($n = 633$ Kodierungen), *Zeichnet/notiert Textinformation* ($n = 581$) und *Schaut still auf die Zeichnung* ($n = 389$) alle 21 Teilnehmenden ausführen, werden die übrigen neun Tätigkeiten im Verlauf der Aufgabenbearbeitung¹ nur von einem Teil der Schülerinnen und Schüler ausgeübt. Die Teilnehmenden führen durchschnittlich 103.3 Tätigkeiten ($SD = 50.6$) aus. Von allen Schülerinnen und Schülern umfasst der Konstruktionsprozess von Jonas (S7D) mit 14 die wenigsten und der von Klara (S10.1A) mit 206 die meisten Tätigkeiten.

Wie in Unterkapitel 8.2 bereits im Zusammenhang mit den Maßnahmen der Qualitätssicherung angemerkt, umfasst die Gesamtlänge der Kodierungen, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betreffen, 19104 Sekunden. Dies entspricht einer Dauer von etwa 5.3 Stunden. Für die Anfertigung der Zeichnungen benötigen die Lernenden durchschnittlich 909.7 Sekunden ($SD = 414.6$). Dies entspricht etwas mehr als 15 Minuten. Zur Konstruktion des Ablaufdiagramms benötigte Jonas (S7D) mit 393 Sekunden, etwa sechseinhalb Minuten, am kürzesten und Mara (S7F) mit 2169 Sekunden, etwas mehr als 36 Minuten, am längsten.

Nachfolgend werden die einzelnen Tätigkeiten, die sich bezogen auf die Konstruktion von Ablaufdiagrammen unterscheiden lassen, näher beschrieben: Bei Betrachtung aller 21 Fälle nimmt die Tätigkeit *Liest* zeitlich gesehen mit 55.6% den größten Anteil am Zeichenprozess ein. Hiervon entfallen 29.7% auf das initiale Lesen der Textgrundlage zu Beginn der Aufgabenbearbeitung und 25.9% auf das wiederholte Lesen einzelner Textabschnitte im weiteren Verlauf der Aufgabenbearbeitung. Mit der Textgrundlage beschäftigen sich die Lernenden insgesamt durchschnittlich knapp achteinhalb Minuten ($M = 505.2$, $SD = 320.0$). Die Tätigkeit *Zeichnet/notiert Textinformation* macht durchschnittlich nur etwas mehr als ein Viertel (25.8%) des Zeichenprozesses aus. Die Schülerinnen und Schüler benötigen durchschnittlich knapp vier Minuten ($M = 234.5$, $SD = 127.5$), um die Textinformationen zeichnerisch abzubilden. Hinzu kommt das Einzeichnen von Pfeilen (*Explizite Relation*). Hierfür werden durchschnittlich etwa 21 Sekunden aufgewendet ($M = 20.9$, $SD = 15.8$). Der Anteil am Zeichenprozess liegt bei 2.3%, wobei nur 17 der insgesamt 21 Teilnehmenden Pfeile oder Verbindungslinien nutzen, um Relationen zwischen den einzelnen Textinformationen kenntlich zu machen. Bereits eingezeichnete Strukturen verwerfen 15 Teilnehmende

¹ Für den definierten Start- und Endpunkt der Tätigkeitsanalyse vgl. 7.13.4.

(*Verwirft Struktur*). Dahingegen überblicken alle Lernende die eigene Zeichnung (*Schaut still auf die Zeichnung*), wobei die Häufigkeit der Tätigkeitsausübung intersubjektiv stark schwankt (Anhang 9.6, Tabelle A9.14). Der Anteil dieser Tätigkeit am Zeichenprozess liegt bei 6.2%. Durchschnittlich widmen sich die Teilnehmenden dem Überblicken der eigenen Zeichnung knapp eine Minute lang ($M = 56.4, SD = 31.1$).

Tabelle 9.1 Übersicht zu den Tätigkeiten während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen

Tätigkeit [Ursprung]	Anteil am Prozess		Teilnehmende, die die Tätigkeit ausüben			Gesamtlänge der Kodierungen			Gesamtanzahl der Kodierungen		
	%	n	%	s	M	SD	n	M	SD		
Liest [Scott & Dreher, 2016]	55.6	21	100	10610	505.2	320.0	633	30.1	17.2		
Liest vorab	29.7	21	100	5666	269.8	84.8	34	1.6	0.8		
Liest während	25.9	21	100	4944	235.4	275.3	599	28.5	16.9		
Zeichnet/notiert Textinformation [Scott & Dreher, 2016]	25.8	21	100	4924	234.5	127.5	581	27.7	15.8		
Schaut still auf die Zeichnung [Scott & Dreher, 2016]	6.2	21	100	1185	56.4	31.1	389	18.5	9.5		
Monolog [Paris & Cross, 1983]	5.6	20	95	1071	51.0	46.5	241	11.5	9.4		
Explizite Relation (Pfeil) [Scherb, 2018]	2.3	17	81	439	20.9	15.8	167	8.0	6.0		
Austausch mit Versuchsleiter [Palinscar & Brown, 1984]	1.5	18	86	286	13.6	10.9	42	2.0	1.4		
Verwirft Struktur [Paris & Cross, 1983]	1.0	15	71	186	8.9	9.0	47	2.2	2.4		
Austausch mit Schülerin oder Schüler [Scott & Dreher, 2016]	0.9	16	76	181	8.6	9.4	32	1.5	1.4		
Punktet, schraffiert, malt aus [Retzlaff-Fürst, 2020]	0.5	3	14	101	4.8	12.9	11	0.5	1.4		
Uneindeutig bzw. Sonstiges [induktiv]	0.3	6	29	58	2.8	5.7	11	0.5	0.9		
Off-task-Aktivität [Scott & Dreher, 2016]	0.2	8	38	43	2.0	4.3	13	0.6	1.0		
(Vor-)strukturiert [Scott & Dreher, 2016]	0.1	2	10	20	1.0	3.5	4	0.2	0.7		
Alle	100	21	100	19104	909.7	414.6	2171	103.3	50.6		

Anmerkung. Die Berechnung basiert auf den in Anhang 9.6 dargestellten Werten für einzelne Fälle.

Ausgelöst durch das laute Denken lassen sich bei 20 der 21 Schülerinnen und Schüler Phasen des Monologisierens kodieren, in denen sie Inhalte aus der Textgrundlage oder der Aufgabenstellung in eigenen Worten wiedergeben oder das weitere Vorgehen erläutern (*Monolog*). Der Anteil dieser Tätigkeit am Zeichenprozess beträgt 5.6%. Der Gesamtumfang aller Phasen des Monologs entspricht durchschnittlich 51 Sekunden und variiert mitunter stark zwischen den einzelnen Teilnehmenden ($SD = 46.5$). Ebenfalls stehen der Versuchsleiter und die Teilnehmenden in der Mehrheit der Fälle in unregelmäßigem Austausch miteinander. Der aufsummierte Anteil der beiden Tätigkeiten *Austausch mit Versuchsleiter* und *Austausch mit Schülerin oder Schüler* am Zeichenprozess beträgt durchschnittlich 2.4% bzw. etwa 22 Sekunden. Lediglich drei Teilnehmende gehen der Tätigkeit *Punktet, schraffiert, malt aus* nach. Die drei verbleibenden Tätigkeiten *Uneindeutig bzw. Sonstiges*

tiges, *Off-task-Aktivität* und *(Vor-)strukturiert* nehmen durchschnittlich weniger als 1% am Zeichenprozess ein und werden nur von einem geringen Anteil der Teilnehmenden ausgeübt. Wie Unterkapitel 9.2 zeigen wird, können Tätigkeiten, die durchschnittlich gesehen einen niedrigen Anteil am Zeichenprozess besitzen, diesen im Einzelfall stark beeinflussen.

9.1.2 Tätigkeiten während der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen

Hinsichtlich der Konstruktion mikroskopischer Zeichnungen können 14 unterschiedliche Tätigkeiten unterschieden werden (Tab. 9.2). Die Kodierung der Audio-/Videoaufnahmen ergab 1479 Belege, die jeweils einer Tätigkeit entsprechen. Vier Tätigkeiten, nämlich *Zeichnet Struktur* ($n = 436$ Kodierungen), *Mikroskopiert* ($n = 513$), *Liest* ($n = 57$) sowie *Schaut still auf die Zeichnung* ($n = 185$), werden von allen 21 Teilnehmenden ausgeübt, die zehn anderen Tätigkeiten nur von einem Teil der Schülerinnen und Schüler. Bezogen auf die Stichprobe werden bis zur Fertigstellung der jeweiligen Zeichnung durchschnittlich 70.3 Tätigkeiten ($SD = 49.1$) ausgeführt. Der Konstruktionsprozess von Paul (S10.1B) umfasst mit 19 die wenigsten und der von Nora (S8C) mit 191 die meisten Tätigkeiten.

Der zeitliche Umfang aller Kodierungen beträgt 8477 Sekunden, etwa 2.4 Stunden. Für die Konstruktion der jeweiligen Zeichnung benötigen die Teilnehmenden durchschnittlich 403.7 Sekunden ($SD = 197.5$), d. h. etwas mehr als sechseinhalb Minuten. Bis zur Vollendung der Zeichnung benötigt Paul (S10.1B) mit 187 Sekunden, etwa drei Minuten, am kürzesten und Laura (S7A) mit 877 Sekunden, etwas mehr als vierzehneinhalb Minuten, am längsten.

Im Folgenden werden die einzelnen Tätigkeiten, die die Teilnehmenden während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen ausüben, dargestellt: Bezogen auf die Stichprobe besitzt die Tätigkeit *Zeichnet Struktur* durchschnittlich mit 30.2% den größten Anteil am Zeichenprozess. Mit dem Zeichnen mikroskopischer Strukturen beschäftigen sich die Schülerinnen und Schüler durchschnittlich etwa zwei Minuten ($M = 121.7$, $SD = 100.8$). Ähnlich lange ($M = 116.2$, $SD = 88.1$) bringen sie mit dem Mikroskopieren des voreingestellten Präparats zu (*Mikroskopiert*). Der durchschnittliche Anteil dieser Tätigkeit am Zeichenprozess liegt bei 28.7%. Für das Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung (*Liest*) benötigen die Teilnehmenden etwas mehr als eine Minute ($M = 68.1$, $SD = 25.9$). Der Anteil liegt damit bei 16.8%. Die elf übrigen Tätigkeiten machen durchschnittlich jeweils weniger als 5% des Zeichenprozesses aus und können zwischen den einzelnen Fällen hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens sowie ihrer Gesamtdauer mitunter stark schwanken (Anhang 9.7). So liegt der Anteil des Betrachtens der eigenen Zeichnung (*Schaut still auf*

die Zeichnung) bei 4.1%. Die Schülerinnen und Schüler nehmen sich dafür durchschnittlich nur wenige Sekunden Zeit ($M = 16.6, SD = 10.9$). Zwei Drittel der Teilnehmenden verwerfen gezeichnete Strukturen (**Verwirft Struktur**). Die Kodierung der Tätigkeit **Punktet, schraffiert, malt aus** erfolgt bei einem Drittel der Teilnehmenden. Dahingegen werden redundante Strukturen in fünf Fällen eingezeichnet (**Redundante Struktur**). In der Mehrheit der Fälle war ein Austausch zwischen Versuchsleiter und den Teilnehmenden notwendig. Der aufsummierte Anteil der beiden Tätigkeiten **Austausch mit Schülerin oder Schüler** sowie **Austausch mit Versuchsleiter** am Zeichenprozess liegt bei 4.2%. Durchschnittlich dauert der Austausch 17 Sekunden lang. Außerdem war es bei einem Drittel der Teilnehmenden notwendig, zusätzlich zu der im Vorfeld erfolgten technischen Einführung, weitere technische Hinweise nachzureichen (**Technische Einführung**). Ausgelöst durch die Methode des lauten Denkens ergeben sich bei 15 Teilnehmenden 78 Kodierungen der Tätigkeit **Monolog**. Bezogen auf die Stichprobe machen die drei Tätigkeiten **Uneindeutig bzw. Sonstiges, (Vor-)strukturiert** sowie **Off-task-Aktivität** durchschnittlich weniger als 1% des Zeichenprozesses aus. Im Einzelfall können die beiden zuletzt genannten Tätigkeiten den Zeichenprozess wesentlich beeinflussen (9.3).

Tabelle 9.2 Übersicht zu den Tätigkeiten während der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen

Tätigkeit [Ursprung]	Anteil am Prozess		Teilnehmende, die die Tätigkeit ausüben			Gesamtlänge der Kodierungen			Gesamtanzahl der Kodierungen		
	%	<i>n</i>	%	<i>s</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>		
Zeichnet Struktur [Spörhase, 2010b]	30.2	21	100	2556	121.7	100.8	436	20.8	18.3		
Mikroskopiert [Scherb & Wolowski, 2020]	28.7	21	100	2441	116.2	88.1	513	24.4	19.8		
Liest [Scott & Dreher, 2016]	16.8	21	100	1430	68.1	25.9	57	2.7	2.5		
Schaut still auf die Zeichnung [Scott & Dreher, 2016]	4.1	21	100	348	16.6	10.9	185	8.8	6.0		
Verwirft Struktur [Paris & Cross, 1983]	3.7	14	67	310	14.8	20.0	55	2.6	4.0		
Punktet, schraffiert, malt aus [Retzlaff-Fürst, 2020]	3.3	7	33	279	13.3	24.5	53	2.5	4.7		
Technische Einführung [induktiv]	3.1	7	33	262	12.5	20.9	8	0.4	0.6		
Austausch mit Schülerin oder Schüler [Scott & Dreher, 2016]	2.3	16	76	194	9.2	7.9	30	1.4	1.1		
Redundante Struktur [induktiv]	2.2	5	24	187	8.9	17.9	15	0.7	1.4		
Monolog [Paris & Cross, 1983]	2.1	15	71	176	8.4	7.9	78	3.7	5.0		
Austausch mit Versuchsleiter [Palinscar & Brown, 1984]	1.9	13	62	163	7.8	8.2	22	1.0	0.9		
(Vor-)strukturiert [Scott & Dreher, 2016]	0.9	3	14	74	3.5	11.3	7	0.3	1.1		
Uneindeutig bzw. Sonstiges [induktiv]	0.4	8	38	35	1.7	2.8	10	0.5	0.7		
Off-task-Aktivität [Scott & Dreher, 2016]	0.3	4	19	22	1.0	2.2	10	0.5	1.2		
Alle	100	21	100	8477	403.7	197.5	1479	70.3	49.1		

Anmerkung. Die Berechnung basiert auf den in Anhang 9.7 dargestellten Werten für einzelne Fälle.

9.2 Schwierigkeiten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen

In diesem Unterkapitel erfolgt eine Darstellung der identifizierten manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler, auf die die Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der Ablaufdiagramme treffen bzw. die diese machen. Die Ausführungen beziehen sich unmittelbar auf die Forschungsfragen 2.1 und 2.2. Nachfolgend gibt Tabelle 9.3 einen Überblick über alle Schwierigkeiten, die in den Unterkapiteln 9.2.1 bis 9.2.7 anhand ausgewählter Beispiele vorgestellt werden. Insgesamt konnten 29 Schwierigkeiten bzw. Fehler identifiziert werden. 163 Belege verteilen sich dabei ungleichmäßig auf 27 Kategorien (12 deduktive, 15 induktive). Hinzu kommen zwei potenzielle Schwierigkeiten, die im weiteren Verlauf vorgestellt werden. Bezogen auf die Stichprobe treten bei den Teilnehmenden der siebten Jahrgangsstufe durchschnittlich 11.0 ($SD = 3.7$), bei denen der achten Jahrgangsstufe 7.4 ($SD = 2.4$) und bei denen der zehnten Jahrgangsstufe 5.6 ($SD = 2.3$) Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Anfertigung der Ablaufdiagramme auf. Die deduktiv gebildeten Kategorien *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung* („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) sowie *Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen* blieben im Rahmen dieser Studie ohne empirischen Beleg.

Bezogen auf das Datenmaterial dieser Studie gibt die vorletzte Spalte in Tabelle 9.3 (Anhaltspunkt, Indikator) Aufschluss darüber, an welchen Stellen sich Indizien für eine Schwierigkeit bzw. einen Fehler ausmachen lassen. Es wird deutlich, dass sich nur ein Teil der Schwierigkeiten am Produkt, d. h. der fertigen Zeichnung der Teilnehmenden, erkennen lässt. Wie die Beispiele zeigen werden, übernimmt die Betrachtung des Prozesses neben der Betrachtung des Produkts in mehreren Fällen aufklärende Funktion bei der Einschätzung der Ausprägung der Schwierigkeit bzw. Fehler.

Die Schwierigkeiten bzw. Fehler wurden hinsichtlich ihrer Zusammengehörigkeit in sieben Hauptkategorien gruppiert: *Attentive Schwierigkeiten* (9.2.1), *planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler* (9.2.2), *Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen* (9.2.3), *Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis* (9.2.4), *Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung* (9.2.5), *Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen* (9.2.6) und *Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage* (9.2.7). Das Unterkapitel 7.12.3 erläuterte bereits, welche Bezüge zwischen diesen Hauptkategorien sowie den untergeordneten Kategorien hergestellt werden können.

9.2.1 Attentive Schwierigkeiten

Die Gruppe der attentiven Schwierigkeiten umfasst solche, die auf fehlende Aufmerksamkeit im Zuge der Bearbeitung der Zeichenaufgabe zurückzuführen sind. Hierzu zählen: *Ablenkung* ($n = 6$), *Bedeutsamkeitsmangel* (potenzielle Schwierigkeit¹), *Fehlendes Bemühen/Interesse* ($n = 3$), *Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung* ($n = 6$) und *Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung* ($n = 4$). Im Hinblick auf Forschungsfrage 2.2 wird deutlich, dass sich attentive Schwierigkeiten im Prozess oder in der Selbstauskunft der Lernenden zeigen.

Ablenkung

Insgesamt lassen sich sechs Schülerinnen und Schüler während der Anfertigung des Ablaufdiagramms für kurze Zeit ablenken. In Tabelle 9.4 wurde Ablenkung als Schwierigkeit nur aufgefasst, wenn die Ablenkung zwei oder mehr Sekunden andauerte. Dieser Schwellenwert ist arbiträr festgelegt: Beispielsweise lassen sich die Schülerinnen Klara (S10.1A) und Melinda (S10.2B) nur für jeweils eine Sekunde ablenken. Dieses Maß der Ablenkung wurde im Hinblick auf die Dauer der Aufgabenbearbeitung als vernachlässigbar gering eingestuft. Ablenkungen machen sich in drei Fällen durch den Blick zur Tür und in neun Fällen durch den Blick zum Versuchsleiter oder seiner Assistenz bemerkbar.²

Tabelle 9.4 Dauer der Ablenkungen (vgl. $T_{\text{Off-task-Aktivität}_{AD}}$ in Anhang 9.6) von der Zeichenaufgabe während der Anfertigung der Ablaufdiagramme in Sekunden (s) und Kennzeichnung der Ablenkung als Schwierigkeit (▪)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
s	7	3	0	0	2	7	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	19	1	0	0
Schwierigkeit	▪	▪			▪	▪											▪	▪			

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Hannah (S10.2A) lässt sich mit viermal am häufigsten und mit 19 Sekunden am längsten ablenken. Auch wird deutlich, dass sich bezogen auf die Stichprobe vermehrt die Teilnehmenden der siebten Klassenstufe von der Aufgabenbearbeitung ablenken lassen. Dies betrifft vier der sechs teilnehmenden Siebtklässlerinnen und -klässler (Tab. 9.4). Teilnehmende der achten Jahrgangsstufe lassen sich nicht von der Aufgabenbearbeitung ablenken.

¹ Erläuterung erfolgt im Abschnitt *Bedeutsamkeitsmangel*.

² In Abgrenzung dazu wurde es nicht als Ablenkung gewertet, wenn eine Schülerin oder ein Schüler lediglich kurzzeitig von der Zeichnung aufschaut oder in Gedanken einen Punkt fixiert (Anhang 8.3, vgl. Tätigkeit *Schaut still auf die Zeichnungen* sowie *Off-task-Aktivität*).

Von den acht teilnehmenden Zehntklässlerinnen und -klässlern lassen sich Leah (S10.1D) und Hannah (S.10.2A) ablenken.

Ebenso zeigt sich, dass die Schülerinnen und Schüler mit Situationen, die eine Ablenkung bieten können, unterschiedlich umgehen. Manche Teilnehmenden lassen sich von der Mehrheit der Situationen, die eine Ablenkung bieten, von der Zeichenaufgabe abbringen. So dreht sich Mara (S7F) beispielsweise nach einem Klopfen an der Tür auf dem Stuhl herum, um das Gespräch zwischen Assistenz und Besucher vor der Tür besser mitzuverfolgen. Sie wendet sich erst wieder der Zeichenaufgabe zu, nachdem sie vom Versuchsleiter dazu aufgefordert wird. Andere Schülerinnen und Schüler wenden sich trotz initialer Ablenkung und des Fortbestehens der Ablenkung schnell wieder der Zeichenaufgabe zu. Als Beispiele hierfür können Leah (S10.1D) und Hannah (S.10.2A) angeführt werden. Ablenkung als Schwierigkeit lässt sich vor dem Hintergrund der beschriebenen Beispiele im Prozess erkennen.

Bedeutsamkeitsmangel

Bedeutsamkeitsmangel an der eigenen Zeichnung bzw. der zeichnerischen Tätigkeit wird in der Literatur als eine mögliche Schwierigkeit bzw. ein Hindernis beim Zeichnen aufgeführt (z. B. Quillin & Thomas, 2015). Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen wurden die Schülerinnen und Schüler danach befragt, ob sie die Anfertigung des Schaubilds zusätzlich zum Lesen des Texts als hilfreich empfunden haben oder ob es ausgereicht hätte, einfach nur den Text zu lesen (mRef_AD_3, Anhang 4). Die individuellen Antworten lassen sich den Schülerprofilen entnehmen (Anhang 7). Insgesamt berichten 19 Schülerinnen und Schüler, dass sie in der Anfertigung des Schaubilds einen Mehrwert erkennen. So merkt beispielsweise Carolin an (S10.1C):

„Ich denke schon, dass es hilfreich ist, weil man die Informationen nochmal auf einen Blick sieht. In einem Text ist es ja nicht ganz übersichtlich. Auch die Zeichnung nochmal selbst zu machen, das einfach nochmal zu wiederholen, war hilfreich.“ (S10.1C, b17¹).

Lediglich Mara (S7F) und Lisa (S8B) berichten, dass es ihnen ausgereicht hätte, den Text zu lesen. Wie in Unterkapitel 9.1.6 im Abschnitt *Überforderung* berichtet, beendet der Versuchsleiter bei Mara (S7F) die Aufgabenbearbeitung nach rund 36 Minuten, da die Schülerin trotz mehrmaliger Ermunterung nicht weiterkommt. Sowohl Mara (S7F) als auch Lisa (S8B) erzielen von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des jeweiligen Kontexts das

¹ Angaben in diesem Format beziehen sich auf die in Anhang 6 hinterlegten Transkripte. Das „b“ zeigt in diesem Fall an, dass sich das vorherige Zitat in *Transkript Teil B* wiederfinden lässt. Ein „a“ würde dahingegen für einen Fundort in *Transkript Teil A* stehen. Die Zahl „17“ bezieht sich auf die entsprechende Absatznummer des Transkripts.

geringste Ergebnis im Zuge der kriterialen Beurteilung ihrer Zeichnungen. So erreicht Lisa (S8B) bei der kriterialen Beurteilung 10 von 24 Punkten (41.7%, $M = 61.3$, $SD = 13.7$) und liegt damit deutlich unter dem Altersdurchschnitt. Ebenso erzielen beide Schülerinnen innerhalb der jeweiligen Kontexte die niedrigsten Leistungswerte. Mara (S7F) stellt 0.3 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.0$, $SD = 0.4$) dar und erreicht 0.2 Punkte pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$).

Zusätzlich wurden alle Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Selbsteinschätzungsfragen danach gefragt, ob ihnen das Schaubild dabei geholfen hat, einen Überblick über den Kontext zu erlangen und diesen zu verstehen (Se_AD_1, Se_AD_2, Anhang 4). Auch hier berichten Mara (S7F) und Lisa (S8B) als einzige Teilnehmenden, dass ihnen das Schaubild weder dabei geholfen hat einen Überblick zu erlangen noch den Kontext zu verstehen (Tab. 9.5). Für den Bedeutsamkeitsmangel lassen sich im Gegensatz zu den anderen attentiven Schwierigkeiten keine eindeutigen Indizien im Prozess finden. Die vorgestellten Beispiele zeigen, dass sich der Bedeutsamkeitsmangel nur retrospektiv in den Aussagen der Schülerinnen und Schüler identifizieren lässt. Der Bedeutsamkeitsmangel wird vor diesem Hintergrund als potenzielle Schwierigkeit eingestuft.

Tabelle 9.5 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen a) „Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen Überblick über [Kontext 7, 8, 10.1 bzw. 10.2] zu erlangen.“ (Se_AD_1, Anhang 4) und b) „Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, [Kontext 7, 8, 10.1 bzw. 10.2] zu verstehen.“ (Se_AD_2, Anhang 4) im Zusammenhang mit dem jeweiligen Ablaufdiagramm mit den Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu und 4 = stimme gar nicht zu

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*	
Überblick	2	2	2	1	2	3	2	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1
Verstehen	2	1	2	2	2	3	1	3	2	1	1	3	3	1	1	1	1	2	2	2	2	1

Anmerkung. Die Antwortalternative „stimme gar nicht zu“ wurde von keiner Schülerin bzw. keinem Schüler gewählt. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Fehlendes Bemühen/Interesse

Bei drei Schülerinnen macht sich fehlendes Bemühen sowohl in den mündlichen Aussagen sowie in ihrer distanzierten Haltung zum Arbeitsmaterial bemerkbar. Beispielsweise bemerkt Laura (S7A) mehrmals, dass die dargestellten Strukturen nicht ihren Erwartungen entsprechen. Sie ist darüber amüsiert, sieht jedoch keinen Handlungsbedarf. Die eigene Zeichnung korrigiert sie, im Gegensatz zu vielen anderen Teilnehmenden, nicht (vgl. *T_Verwirft_Struktur_{AD}* in Anhang 9.6). Auch sieht sie keinen Handlungsbedarf, weitere Aspekte der Textgrundlage, deren Fehlen sie bemerkt, im Schaubild zu ergänzen:

[...] und die Wurzeln breiten sich dann nicht so groß aus [gemeint ist der Verlust der Stabilität bei übermäßiger Stickstoffdüngung und in Folge von zu schnellem Wachstum], so, was weiß ich. Und am Ende fällt [der Baum um]. [...] Hier sind auch wieder Mineralsalze [zeichnet rechts unten im Schaubild kleine Kreise ein]. Egal. Ich weiß nicht, ob man es versteht. Dann ist das hier übermäßige Düngung [fügt die Beschriftung ein]. [Die Schülerin zeichnet innerhalb der Abbildung Trennlinien zwischen den Teilzeichnungen ein. Sie blickt über das gesamte Schaubild.] Sieht witzig aus. Jetzt muss ich nur noch eine Sache malen, ein Mischwald [unverständl.], wo es erst einmal regnet und alles ganz normal ist und dann danach, wo kein Regen mehr ist und die Sonne scheint. Nein, das sieht nicht aus wie ein Nadelbaum.“ (S7A, a31).

Neben der distanzierten Haltung zum Arbeitsmaterial zeigt sich auch in Melindas (S10.2B) Äußerungen, dass sie wenig bemüht ist:

„Die Hormonregulation also in einem Schaubild darstellen, wie das funktioniert? [E: Ja.] Oh je. [Die Schülerin liest den Text und die Aufgabenstellung erneut.] Also erstmal, ich mal jetzt einfach, egal.“ (S10.2B, a34).

Ebenso wie Laura (S7A) erkennt auch Melinda (S10.2B), dass einige Aspekte des Texts nicht dargestellt wurden. Sie sieht allerdings ebenso keinen Handlungsbedarf:

„Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein? [E: Das ist deine Entscheidung.] Nein, ich lasse es jetzt weg.“ (S10.2B, a34).

Hinsichtlich der Haltung zum Arbeitsmaterial fiel Erst- und Zweitkodierer besonders bei Emma (S8F) an vielen Stellen fehlendes Bemühen auf. So sitzt sie beispielsweise beim Lesen des Texts in großem Abstand zu diesem oder spielt mit einem Stift. Es entsteht der Eindruck, dass sie sich nicht auf die Aufgabenstellung einlassen möchte. Nach Abschluss der Anfertigung des Ablaufdiagramms gibt Emma (S8F) im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie beim Lesen eher nicht aufmerksam war. Auch Laura (S7A) schätzt ein, dass sie sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen eher nicht aufmerksam war (Tab. 9.7).

Ebenso ist es denkbar, dass Schülerinnen und Schüler, die im Biologieunterricht oder außerhalb des Biologieunterrichts nicht gerne zeichnen, im Zeichenprozess stellenweise weniger bemüht sind oder sich weniger zutrauen. Ein klar erkennbarer Zusammenhang zwischen der dahingehenden Selbsteinschätzung und der Leistung der Schülerinnen und Schüler lässt sich nicht erkennen, da sowohl Teilnehmende, die gerne Zeichnen, teilweise nur eine geringe Gesamtpunktzahl erzielen als auch umgekehrt (Anhang 7). Es wird jedoch deutlich, dass die Schülerinnen und Schüler der zehnten Klassen (S10.1A-D, S10.2A-D) überdurchschnittlich häufig angeben, dass sie *nicht gerne* oder *eher nicht gerne* zeichnen, wohingegen die Teilnehmenden aus den Jahrgangsstufen sieben (S7A-F) und acht (S8A-S8G) überwiegend *gerne* oder *eher gerne* zeichnen (Tab. 9.6).

Die Beispiele zeigen, dass fehlendes Bemühen im Prozess zum Teil anhand der distanzierten Haltung zum Arbeitsmaterial oder in den verbalen Äußerungen der Schülerinnen und Schüler deutlich wird. Fehlendes Interesse am Zeichnen lässt sich den Selbsteinschätzungsaussagen entnehmen, zeigt sich jedoch im Zeichenprozess nicht als unmittelbare Schwierigkeit (10.5.2).

Tabelle 9.6 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen a) „Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.“ und b) „Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.“ mit den Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu und 4 = stimme gar nicht zu

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
BiologieU.	2	1	4	1	1	3	2	2	1	2	2	1	1	1	2	1	4	4	1	1	4
Außerhalb	2	1	4	1	2	2	2	3	1	1	1	1	3	1	3	3	4	4	4	1	4

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung

Nach Abschluss der Konstruktion der Ablaufdiagramme geben sechs Schülerinnen an, dass sie die Textgrundlage *eher nicht aufmerksam gelesen* haben (Tab. 9.7, Se_AD_3, Anhang 5). Fehlende Aufmerksamkeit beim (initialen) Lesen des Texts führte zu einer erhöhten Bearbeitungsdauer oder zu einer unvollständigen Entnahme, Darstellung und Erinnerung der relevanten Textinformationen. Beispielsweise gibt Laura (S7A) an, dass sie die Textgrundlage eher nicht aufmerksam gelesen hat. Bei den nach der Anfertigung der Zeichnung gestellten Verständnisfragen ist sie nur bedingt in der Lage, die Zusammenhänge zwischen den nur flüchtig gelesenen Textinformationen zu rekonstruieren:

„Oh, ok, ich sollte keine Zeile mehr überspringen, nein. Die Wasserversorgung wird reduziert und Instabilität, das gilt ja für alle Baumarten. Durch den Nebel zum Beispiel weiß ich nicht, ob das Holz schneller angefressen wird. Was habe ich da gelesen? Nein. Durch den Nebel gehen die Zapfen viel schneller kaputt. Nein, ich weiß es nicht mehr so genau.“ (S7A, a36).

Nathalie (S7C) bestätigt im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen, dass sie dem Text mehr Aufmerksamkeit hätte widmen müssen, indem sie *„mit dem Textmarker ein paar Textstellen“* (S7C, b28) markiert. Am Beispiel von Nora (S8C) wird deutlich, dass die Selbsteinschätzung nicht immer repräsentativ für das Ergebnis, in diesem Fall für die Vollständigkeit der dargestellten Textinformationen, sein muss. Die Schülerin schätzt ein, dass sie sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen eher weniger bei der Sache war und ihr zusätzlich die Entnahme der für das Schaubild relevanten Textinformationen schwer fiel. Dennoch gelingt es

ihr, alle Elemente und die Mehrheit der Relationen des Texts darzustellen. Auch Emma (S8F), Hannah (S10.2A) und Victoria (S10.2C) geben an, dass sie eher nicht aufmerksam beim Lesen waren. Fehlende Aufmerksamkeit beim Lesen zeigt sich vor allem im Zuge der Selbsteinschätzung, aber auch der Prozess kann hierüber Aufschluss geben.

Tabelle 9.7 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen a) „Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.“ und b) „Bei der Anfertigung des Schaubilds (Zeichnen) war ich ganz bei der Sache.“ im Zusammenhang mit dem jeweiligen Ablaufdiagramm mit den Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu und 4 = stimme gar nicht zu

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Lesen	3	2	3	2	2	2	1	1	3	2	2	3	1	2	1	1	1	3	1	3	2
Zeichnen	3	2	2	1	1	3	1	2	3	2	2	2	1	2	1	1	2	1	1	3	2

Anmerkung. Die Antwortalternative 4 = stimme gar nicht zu wurde von keiner Schülerin bzw. keinem Schüler gewählt. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung

Fünf Schülerinnen, jedoch keine Schüler, geben im Rahmen der Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie bei der Anfertigung der jeweiligen Zeichnung eher unaufmerksam gewesen sind (Tab. 9.7, Se_AD_4, Anhang 5). Beispielsweise beschreibt Laura (S7A) zusätzlich zur Selbsteinschätzung ihr nicht vollständig ausgeschöpftes Potential beim Zeichnen abschließend wie folgt:

„Das Schaubild hat für mich nicht wie ein Schaubild gewirkt, sondern eher wie eine Kinderkritzelei. Das hätte ich auf jeden Fall besser machen können.“ (S7A, a55).

Auf die Frage, was ihr hätte besser gelingen können, entgegnet sie: *„Alles *lacht*.“ (S7A, a55).* Auch Mara (S7F), Nora (S8C) und Victoria (S10.2C) geben im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms eher nicht aufmerksam waren. Sind Schülerinnen und Schüler während des Zeichnens unaufmerksam, so zeigt sich dies, bezogen auf die Befunde, vor allem in der Selbsteinschätzung der Teilnehmenden. Aber auch der Prozess und das Produkt der Lernenden können Indizien für fehlende Aufmerksamkeit liefern (9.2.4).

9.2.2 Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler

Die planungsbezogenen Schwierigkeiten/Fehler umfassen die beiden Schwierigkeiten *Unzweckmäßige Größe der Zeichnung* ($n = 2$) und *Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung* ($n = 12$). Diese lassen sich primär am Zeichenprodukt erkennen. Einige der nachfolgenden Beispiele zeigen jedoch, dass im Rahmen der Prozessanalyse wertvolle Erkenntnisse zur Ursache der gezeigten Schwierigkeiten gewonnen werden können.

Unzweckmäßige Größe der Zeichnung

Bei Laura (S7A) und Klara (S10.1A) zeigt sich, dass sie Schwierigkeiten bei der Blatteinteilung haben. Obwohl sie jeweils unterschiedliche Darstellungsformen für die im Text identifizierten Informationen wählen, sind beide Schülerinnen im späteren Verlauf des Konstruktionsprozesses mit Platzmangel konfrontiert. Dies resultiert daraus, dass sie der Darstellung der zuerst dargestellten Elemente und Relationen verhältnismäßig viel Platz auf dem Arbeitsblatt einräumen (Abb. 9.1). Zusätzlich grenzt Laura (S7A) die einzelnen Teilzeichnungen auf Grund von Platzmangel durch Trennlinien voneinander ab (vgl. *Unzweckmäßige Strukturierung*). Der Platzmangel wird von ihr im Rahmen des lauten Denkens explizit angesprochen: „Dann mache ich das hier unten nochmal hin, weil ich hier oben so wenig Platz habe.“ (S7A, a31). Auf die Frage, was Klara (S10.1A) schwergefallen ist, antwortet sie: „Ja, Platzprobleme. Ich fange entweder zu groß oder zu klein an.“ (S10.1A, a55).

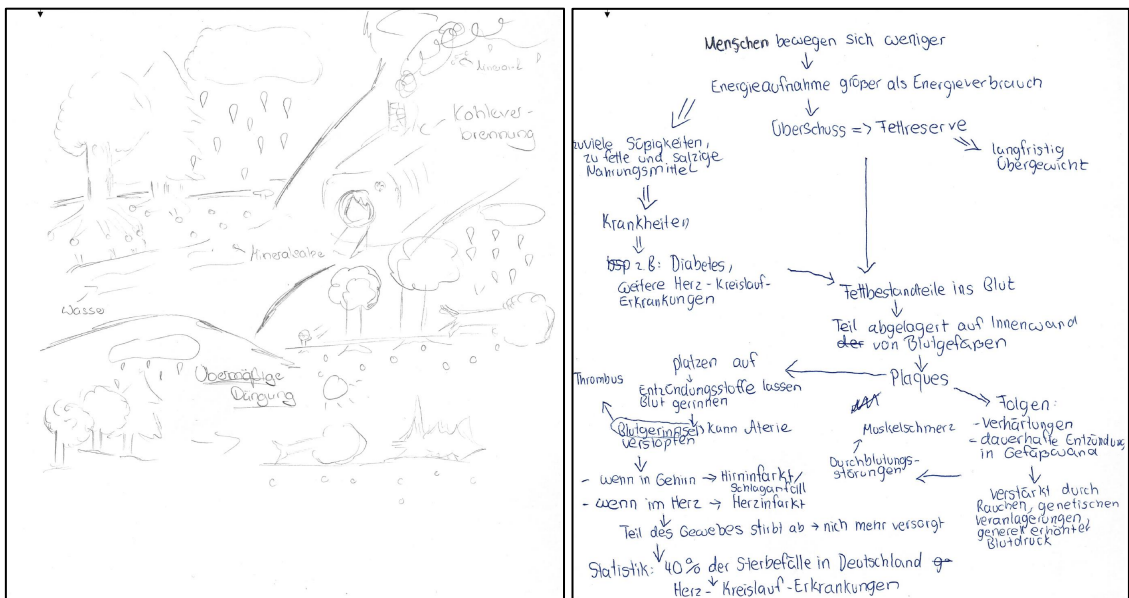


Abbildung 9.1 Zeichnungen von Laura (S7A, links) zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* und von Klara (S10.1A, rechts) zum Kontext 10.1: *Herz-Kreislauf-Erkrankungen* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

In Abgrenzung dazu wird in den Zeichnungen von Jonas (S7D) und Mara (S7F) der auf dem Zeichenblatt zur Verfügung stehende Platz weitestgehend vollständig ausgenutzt, ohne auf Grund von Platzmangel inhaltliche oder strukturelle Kompromisse bei der Darstellung eingehen zu müssen. Die bei der Betrachtung des Prozesses gewonnenen Einblicke führten zum Teil zu Abweichungen zwischen den identifizierten Schwierigkeiten (wie hier vorgestellt) und der Auswertung mit Hilfe des Beurteilungskriteriums *Blatteinteilung und Größe der Zeichnung* (7.4.2, Anhang 9.5), das ausschließlich auf die vollendete Zeichnung angewendet wurde.

Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung

Die Einschätzung der Strukturierung der jeweiligen Zeichnungen orientierte sich an dem Kriterium der zweckmäßigen Strukturierung (7.4.1). Insgesamt nehmen 12 Schülerinnen und Schüler eine eher unzweckmäßige Strukturierung ihrer Zeichnungen vor. Allen Siebtklässlerinnen und -klässlern (S7A-F) fällt die Strukturierung ihrer Zeichnung schwer. Bei den Teilnehmenden der achten Jahrgangsstufe zeigen sich bei Lisa (S8B), Nora (S8C) und Ben (S8G) Schwierigkeiten. Von den Zehntklässlerinnen und -klässlern haben Paul (S10.1B), Leah (S10.1D) und Victoria (S10.2C) Schwierigkeiten bei der Strukturierung ihrer Darstellungen. Bezogen auf die Stichprobe schneiden die älteren Teilnehmenden bei der kriterialen Beurteilung der Ablaufdiagramme im Hinblick auf das Kriterium der zweckmäßigen Strukturierung durchschnittlich besser ab (Tab. 9.8).

Tabelle 9.8 Auszug der kriterialen Beurteilung der gezeichneten Ablaufdiagramme für das Kriterium *zweckmäßige Strukturierung* (Anhang 9.5), die Ausprägungen 0 = gar nicht, 1 = in Ansätzen, 2 = teilweise, 3 = mehrheitlich, 4 = vollständig geben an, inwieweit das jeweilige Kriterium erfüllt wurde

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Zweckmäßige Strukturierung	0	1	1	0	2	0	4	1	1	3	4	3	2	3	2	4	2	4	4	1	4
Schwierigkeit	▪	▪	▪	▪	▪	▪		▪	▪				▪		▪		▪			▪	

Anmerkung. Eine Schwierigkeit (▪) bei der zweckmäßigen Strukturierung wird verzeichnet, wenn die Ausprägung des Kriteriums 0, 1 oder 2 beträgt. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Beispielsweise reiht Laura (S7A) einige der im Text identifizierten relevanten Teilprozesse des Kontexts *Auswirkungen von Luftschadstoffen auf Wälder* additiv aneinander, ohne zwischen ihnen eine Verbindung herzustellen (Abb. 9.1). Im Zuge des lauten Denkens erkennt Laura: „*Ich weiß nicht, ob man es versteht.*“ (S7A, a31). Kurz nach dieser Aussage fügt sie zwischen den Teilzeichnungen Trennlinien ein, um diese voneinander abzugrenzen. Dies

steht in enger Verbindung mit der zuvor vorgestellten Schwierigkeit der Blatteinteilung und dem sich daraus ergebenden Platzmangel. Auch Isabelle (S7B) reiht Teilzeichnungen aneinander, ohne deren Zusammengehörigkeit deutlich werden zu lassen. Innerhalb der siebten Jahrgangsstufe bildet Florian (S7E) in seinem Schaubild die meisten der im Text genannten relevanten Informationen des Kontexts ab (Abb. 9.5 in 9.2.3). Im Gegensatz zu Laura stellt er die Zusammenhänge zwischen den Elementen durch Pfeile dar. Doch auch Florian hat an verschiedenen Stellen seiner Zeichnung Schwierigkeiten, die dargestellten Informationen miteinander in Verbindung zu bringen. Retrospektiv merkt Florian an, dass es ihm schwergefallen ist, „es übersichtlich zu machen“ (S7E, a46).

Innerhalb der achten Jahrgangsstufe stellen auch Lisa (S8B) und Nora (S8C) einzelne Teilprozesse des Kohlenstoffkreislaufs entkoppelt dar (Abb. 9.2). Die Relationen zwischen den Elementen werden nur stellenweise verdeutlicht. Im Prozess wird deutlich, dass die Schülerinnen den Text abschnittsweise bearbeiten und jeweils Teilzeichnungen anfertigen, ohne diese durchgehend zueinander in Beziehung zu setzen. Dies bestätigt sich beispielsweise auch in Noras (S8C) retrospektiver Äußerung:

„Ich habe immer so geguckt nach der Reihenfolge, die im Text stand, wie ich das anfertigen soll. Ich habe mich an der Reihenfolge im Text orientiert. [...] Mir fiel es etwas schwer, was im Text alles stand, zuzuordnen oder nacheinander reinzusetzen.“ (S8C, a43, a47).

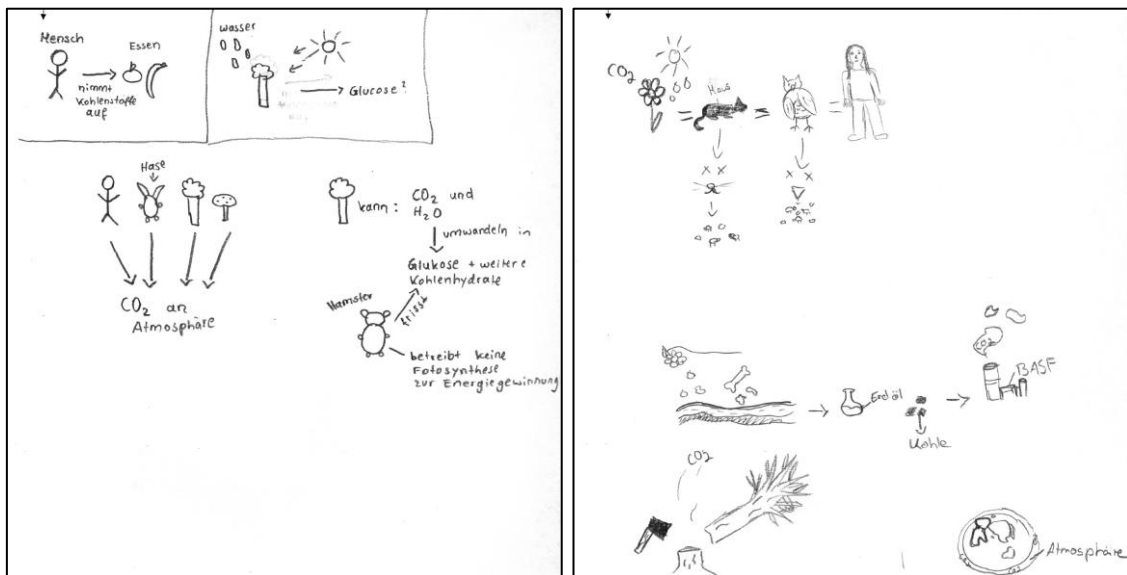


Abbildung 9.2 Zeichnungen von Lisa (S8B, links) und von Nora (S8C, rechts) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Dahingegen lassen sich in Sophias (S8E) finaler Zeichnung keine Schwierigkeiten bei der Strukturierung ablesen. Nur die Betrachtung des Prozesses zeigt, dass diese dennoch

während des Zeichnens bestanden. So verwirft Sophia nach mehreren Minuten des Bearbeitens der Zeichenaufgabe weite Teile ihrer Zeichnung und strukturiert diese neu. Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen merkt sie an, dass sie sich im Vorfeld mehr Gedanken über die Strukturierung ihrer Zeichnung hätte machen müssen. Anhand der im vorherigen Abschnitt angeführten Schüleraussagen von Laura (S7A) und Klara (S10.1A) ist außerdem begründeterweise zu vermuten, dass auch diese Schülerinnen sich im Vorfeld keine oder wenig Gedanken über die Struktur ihrer Zeichnung gemacht haben.

Innerhalb der beiden Kontexte der zehnten Jahrgangsstufe lassen sich Schwierigkeiten bei der zweckmäßigen Strukturierung der Teilprozesse nur beobachten, wenn letztere linear verschriftlich werden, anstatt deren relationale Zusammengehörigkeit auch räumlich auf dem Zeichenblatt abzubilden. Paul (S10.1B), Leah (S10.1D) und Victoria (S10.2C) stellen die Textinformationen auf ihrem Zeichenblatt lediglich in Form von Stichpunkten dar. Abbildung 9.3 zeigt die Darstellung von Paul (S10.1B) und Leah (S10.1D). Leah erläutert ihr Vorgehen angelehnt an ihre bisherigen Erfahrungen im Umgang mit Fachtexten:

„Normalerweise arbeite ich so mit einem Text, dass ich mir erst einmal die Überschrift notiere und die wichtigsten Themen zusammenfasse und dann mit Hilfe des Schaubilds zum Beispiel mich vorbereite für eine Kursarbeit. [...]“ (S10.1D, b3).

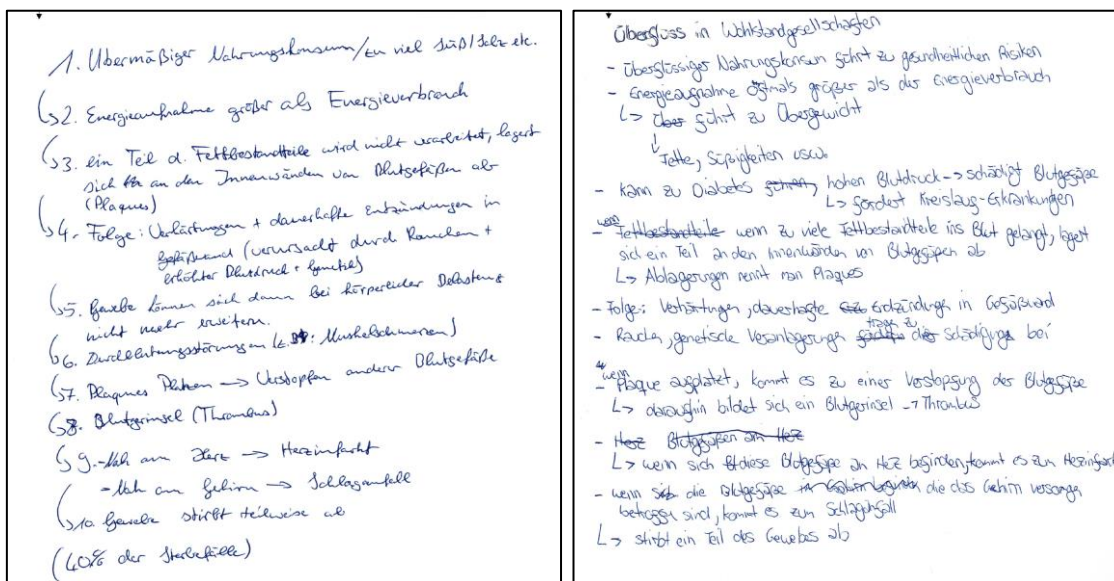


Abbildung 9.3 Lineare Darstellung der Textgrundlage von Paul (S10.1B, links) und Leah (S10.1D, rechts) zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Die vorherigen Beispiele zeigen, dass sich Schwierigkeiten der Lernenden bei der zweckmäßigen Strukturierung ihrer Zeichnungen primär am Produkt erkennen lassen. Die Analyse des Prozesses kann in diesem Zusammenhang neben der Selbstauskunft weitere Einblicke in die schrittweise Entstehung der unzureichenden Strukturierung liefern.

9.2.3 Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen

Die dieser Kategorie zugehörigen Schwierigkeiten resultieren aus der fehlenden Anwendung bzw. Berücksichtigung von gängigen zeichnerischen Gütekriterien (7.4). Zu diesen gehören: *Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen* ($n = 8$), *Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten* (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) ($n = 5$), *Uneindeutige Linienführung* ($n = 4$) und *Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer* ($n = 11$). Die drei erstgenannten Schwierigkeiten lassen sich vor allem unmittelbar am Zeichenprodukt erkennen, für die letztgenannte Schwierigkeit lassen sich weiterhin im Zeichenprozess und in der Selbsteinschätzung Indizien finden.

Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen

Für diese Schwierigkeit finden sich bei vier von sechs Teilnehmenden der siebten Jahrgangsstufe (S7A, S7B, S7E, S7F), bei drei von sieben Teilnehmenden der achten Jahrgangsstufe (S8B, S8C, S8D) und bei einem von acht Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe (S10.1C) Belege. Beispielsweise repräsentiert Laura (S7A) die Verbrennung fossiler Brennstoffe durch die Darstellung eines Ofens, in dem ein Feuer brennt und aus dem Rauchgase über einen Schornstein entweichen (Abb. 9.1 in 9.2.2). Diese Darstellung beschriftet sie zusätzlich mit „Kohleverbrennung“. Dies stellt eine von mehreren Situationen dar, in denen Laura (S7A) relevante Informationen aus der Textgrundlage redundant darstellt, nämlich einerseits realistisch (depiktional, 2.4) und andererseits durch eine Beschriftung (deskriptional). Würde die Schülerin nur eine dieser beiden Darstellungsarten wählen, wäre weniger Zeit zur Repräsentation der Textinformation notwendig. Auch Lisa (S8B) beschriftet wiederholt gezeichnete Elemente zusätzlich mit Begriffen (Abb. 9.2 in 9.2.2). Johanna (S8D) geht nach anfangs redundant angelegter Zeichnung (Beschriftung des Baums mit „Primärkonsument“) nach kurzer Zeit zur ausschließlichen Verwendung von Begriffen und Pfeilen über (Abb. 9.4). Carolin (S10.1C) bildet die Entstehung eines Blutgerinnsels in drei kleineren realistischen Darstellungen unterhalb ihres eigentlichen Schaubilds redundant ab, das ausschließlich auf Begriffe und Pfeile zurückgreift (Abb. 9.4). Die hier vorgestellte Schwierigkeit lässt sich unmittelbar am Produkt erkennen, insofern die initiale Darstellungsform (z. B. depiktionale Darstellung von Textinformationen, 2.4) nicht zu Gunsten einer anderen Darstellungsform (z. B. deskriptionale Darstellung) verworfen wird. Ist letzteres der Fall bedarf die Aufdeckung der Schwierigkeit die Betrachtung des Prozesses.

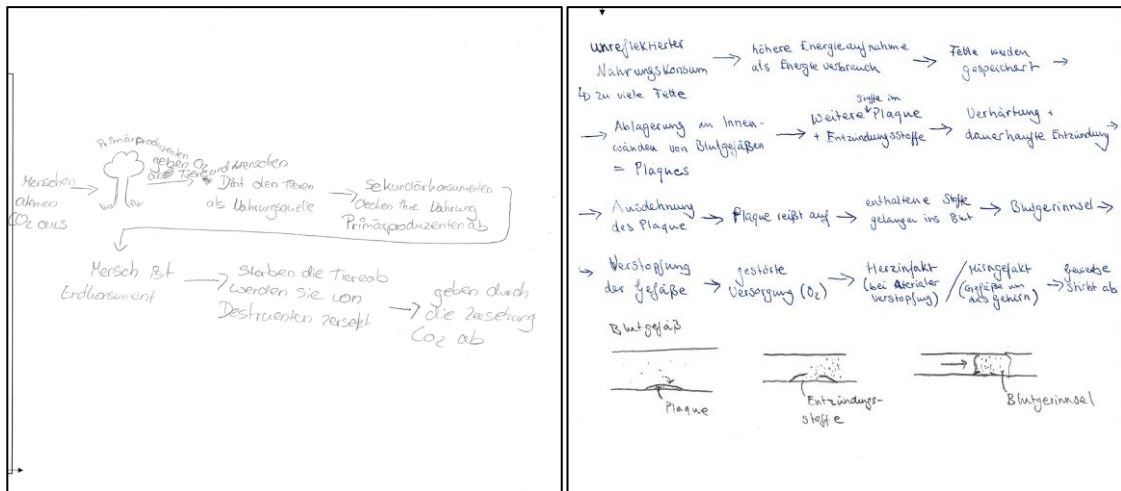


Abbildung 9.4 Zeichnungen von Johanna (S8D, links) zum Kontext 8: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* und von Carolin (S10.1C, rechts) zum Kontext 10.1: *Herz-Kreislauf-Erkrankungen* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)

Bei fünf Teilnehmenden ergibt sich ein erhöhter Zeitbedarf zur Anfertigung der Zeichnung auf Grund der Ausführung optionaler Tätigkeiten. Beispielsweise verbringt Florian (S7E, Abb. 9.5) 49 Sekunden damit, einige der gezeichneten Strukturen bunt auszumalen oder zu schraffieren. Außerdem sucht er 22 Sekunden lang bestimmte Farbstifte in seinem Mäppchen (*T_Uneindeutig_Sonstiges_{AD}*; Anhang 9.5). Obwohl die Anzahl und Größe der ausgemalten bzw. schraffierten Strukturen gering ist, benötigt er verhältnismäßig lange dafür. Auch Mara (S7F) schraffiert 15 Sekunden lang gezeichnete Wassertropfen. Ebenso gehen drei Teilnehmende der achten Jahrgangsstufe optionalen Tätigkeiten während des Zeichnens nach. So schraffiert Nora (S8C; Abb. 9.2 in 9.2.2) für 37 Sekunden einige der gezeichneten Strukturen bzw. malt diese aus. Emma (S8F, Abb. 9.5) nimmt sich dahingegen knapp eine Minute lang Zeit, um die notierten Begriffe vielfach zu umkreisen. Ben (S8G) wiederum stellt Strukturen dar, die keinen Mehrwert für das Verständnis der Zeichnung besitzen. Die Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe gehen keinen optionalen Tätigkeiten nach (Anhang 9.5). Ebenso wie die redundante Darstellung von Informationen lässt sich die Ausführung optionaler Tätigkeiten primär am Zeichenprodukt erkennen. Wie die vorherigen Beispiele zeigen, liefert nur der Zeichenprozess Erkenntnis dazu, wie lange die Schülerinnen und Schüler tatsächlich mit der optionalen Tätigkeit zugebracht haben. Entfernen Lernende im Verlauf der Aufgabenbearbeitung ausgemalte, schraffierte oder gepunktete Strukturen, ist die Betrachtung des Prozesses zur Identifikation dieser Schwierigkeit notwendig.

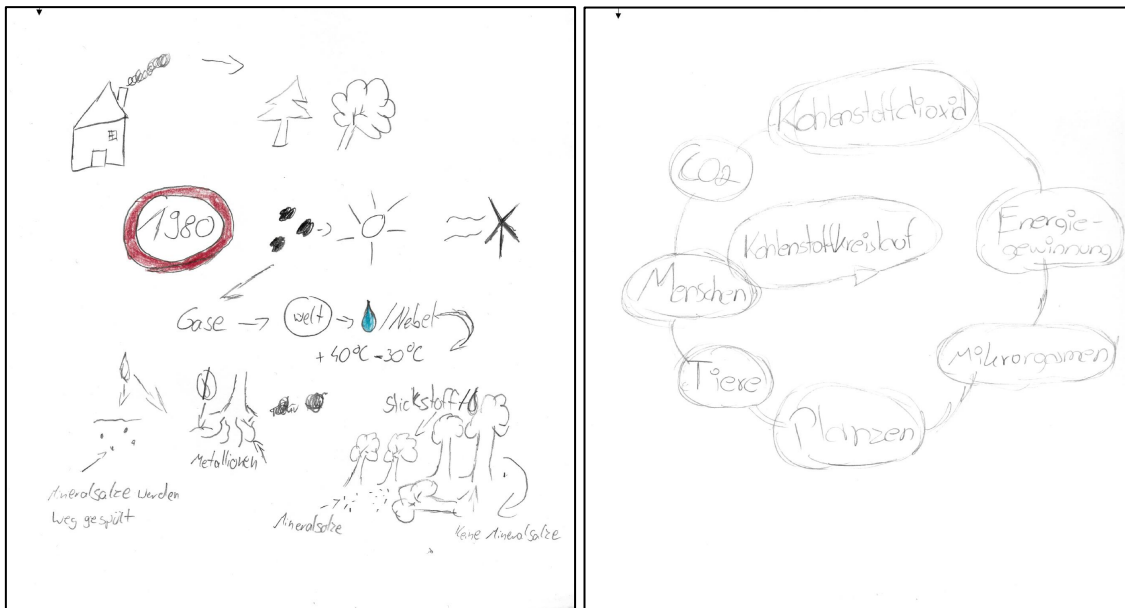


Abbildung 9.5 Zeichnungen von Florian (S7E, links) zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* und von Emma (S8F, rechts) zum Kontext 8: *Kohlenstoffkreislauf* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Uneindeutige Linienführung

Eine uneindeutige Linienführung ist bei vier der sechs Teilnehmenden der siebten Klassenstufe zu erkennen. Laura (S7A; Abb. 9.1 in 9.2.2) deutet einige der gezeichneten Strukturen nur durch viele dünne oder sich überschneidende Linien an. Isabelle stellt den sauren Nebel in Form vieler dünner Linien links oberhalb des eingezeichneten Baums dar (S7B, Abb. 9.6). Ohne Vorkenntnis des Texts bleibt dieser Teil der Zeichnung unverständlich. Auch in der Darstellung von Jonas (S7D) sind mehrere, und in der von Mara (S7F) vereinzelte, Strukturen nur durch dünne oder gestrichelte Linien angedeutet (Abb. 9.6). Dies ist insbesondere dort problematisch, wo verschiedene Strukturen sich überlagern. Einzelne Strukturen sind an mehreren Stellen ausgesetzt. Eine uneindeutige Linienführung zur Repräsentation relevanter Textinformationen lässt sich unmittelbar an der Zeichnung ausmachen. Bei Korrekturen an der Zeichnung kann die Betrachtung des Prozesses notwendig werden.



Abbildung 9.6 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Isabelle (S7B, links), Jonas (S7D, Mitte) und Mara (S7F, rechts) zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer

Insgesamt lassen sich bei elf Schülerinnen und Schülern Belege dafür finden, dass ihnen die verständliche Darstellung der Textinformationen Schwierigkeiten bereitet. Diese Schwierigkeiten ergeben sich bei der Mehrheit der Schülerinnen und Schüler vor allem auf Grund des Bestrebens, die Textinformationen realistisch, d. h. depiktional (2.4), abbilden zu wollen, anstatt bei der Darstellung auf Textbausteine und Pfeile zurückzugreifen. Allen Siebtklässlerinnen und -klässlern (S7A-F) fällt die realistische Darstellung der Textinformationen schwer. Nur gelegentlich greifen sie als Alternative zur realistischen Darstellung auf das Notieren von Begriffen oder auf die Beschriftungen der bereits realistisch abgebildeten Teilprozesse zurück. Beispielsweise wechselt Florian (S7E; Abb. 9.5) mehrmals zwischen realistischer Darstellung und der Verwendung von Begriffen zur Darstellung der Textinformationen. Diese Unsicherheit macht sich unter anderem im Zuge des lauten Denkens bemerkbar: *„Ehm, wie soll ich das zeichnen? Wie kann man eine Atmosphäre zeichnen?“* (S7E, a26). Daraufhin stellt er die Atmosphäre nicht realistisch dar, sondern notiert den Begriff Welt und umkreist diesen. Im Anschluss wechselt Jonas wieder zur realistischen Darstellungsweise zurück.

Auch für die achte Jahrgangsstufe lassen sich bei Lisa (S8B; Abb. 9.2 in 9.2.2), Nora (S8C; Abb. 9.2 in 9.2.2) und Ben (S8G) eindeutige Belege für Schwierigkeiten bei der realistischen Darstellung von Textinformationen finden. Die Unsicherheit bei der Darstellung macht sich auch in Noras (S8C) Äußerungen während des lauten Denkens bemerkbar:

„Wenn die Produzenten sterben, dann werden die durch Destruenten zersetzt. Soll ich jetzt eine sterbende Eule malen?“ (S8C, a29).

Ebenso finden sich bei Lisa (S8B) viele Indizien für Schwierigkeiten bei der realistischen Darstellung der Textinformationen:

„Oh je, wie soll ich Essen zeichnen? Ich male einen Apfel. Pflanzen, wie male ich Pflanzen? [...] Ich versuche jetzt Fotosynthese zu malen, wenn das funktioniert. [...] Wie soll ich die Zellatmung darstellen? [...] Ohje, ein Hamster. Sieht irgendwie mehr aus wie ein Teddybär, aber es soll ein Hamster sein. Ok. Ich glaube das war es. Mehr kann ich dazu nicht zeichnen.“ (S8B, b3).

Im Vergleich zu den Siebtklässlerinnen und -klässlern zeigt sich, dass die Teilnehmenden der achten Jahrgangsstufe insgesamt vermehrt auf Textbausteine als Alternative zur realistischen Darstellung zurückgreifen. So beginnt Johanna (S8D; Abb. 9.4) mit einer realistischen Darstellungsweise des Primärkonsumenten, identifiziert die realistische Darstellungsweise jedoch als ungeeignet und verwendet im Anschluss nur noch Begriffe und Pfeile zur Repräsentation der Textinformationen.

Lisa (S8B; Abb. 9.2 in 9.2.2) erklärt, weshalb sie eine eher realistische Darstellungsweise, anstatt einer textbasierten Darstellung gewählt hat:

„Ich habe versucht, es so darzustellen, dass es andere, die es nicht kennen, verstehen. Ich glaube nicht, dass ich es verstehen würde, weil es etwas schlecht geworden ist. [E: Warum hast du dich dazu entschieden, das Ganze über gemalte Bilder darzustellen und nicht mit Hilfe von Text?] Ich glaube, es ist einfacher, Bilder zu verstehen.“ (S8B, b 17-19).

Im Gegensatz zu den Teilnehmenden der siebten und achten Jahrgangsstufe nutzen die Zehntklässlerinnen und -klässler fast ausschließlich Textbausteine und Pfeile. Victoria (S10.2C) versucht zu Beginn die hormonelle Regulation realistisch darzustellen, wechselt dann auf die Rückseite des Zeichenblatts und nutzt ab dann ebenfalls nur noch Textbausteine und Pfeile:

„Zuerst wollte ich ein Bild zeichnen, aber dann fand ich es nicht so übersichtlich [...]“ (S10.2C, b18).

Ebenso spricht Melinda (S10.2B) davon, dass sie Schwierigkeiten hatte, einen Teil des Texts verständlich darzustellen. Sie stellt den Hypothalamus, die Hypophyse und die Schilddrüse als eine Art Black-Box dar (Abb. 9.7). Zu ihrer Darstellung merkt sie retrospektiv an:

„Wie man es sozusagen aufzeichnet, man weiß ja nicht, wie die Zellen aussehen oder wie das in der Hypophyse oder sonst wo aussieht. [...] Es ist relativ schwierig, ein Schaubild zu zeichnen, aber, wenn man ungefähr weiß, was überhaupt die Hypophyse oder Hypothalamus ist, dann ist es, denke ich, einfacher, wenn es darum geht, wie man es aufzeichnet.“ (S10.2B, a51, a53).

Die Ausführungen konnten zeigen, dass sich Schwierigkeiten im Zusammenhang mit der verständlichen (realistischen) Darstellung von Textinformationen am Produkt, im Zeichenprozess oder in der Selbstauskunft der Lernenden erkennen lassen.

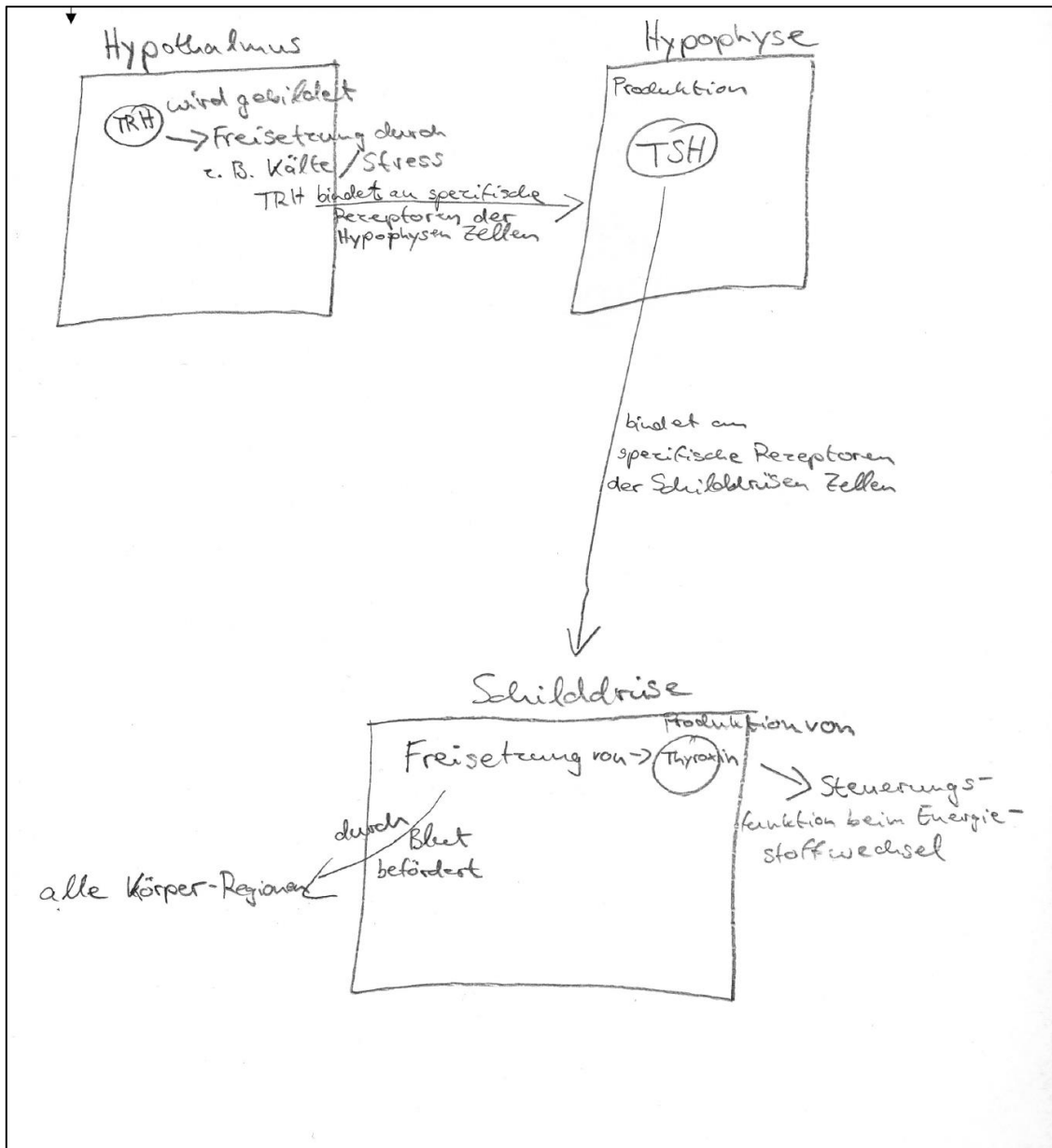


Abbildung 9.7 Zeichnung von Melinda (S10.2B) zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation

9.2.4 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis

Diese Gruppierung umfasst die Schwierigkeiten: *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung* (potenzielle Schwierigkeit¹), *Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet* (n = 3), *Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (ohne Lesestrategie)* (n = 3) und *Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (mit Lesestrategie)* (n = 5). Die vier zuvor genannten Schwierigkeiten lassen sich vor allem während des Zeichenprozesses erkennen.

¹ Erläuterung erfolgt im Abschnitt *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung*.

Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung

Diese Schwierigkeit bezieht sich auf die Variable $T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}$ (Anhang 9.6). Sie repräsentiert die Dauer der Tätigkeit, während derer eine Schülerin oder ein Schüler auf die eigene Zeichnung blickt, ohne zu reden, zu lesen oder einer sonstigen Tätigkeit nachzugehen (7.13.5). Tabelle 9.9 zeigt, dass die Teilnehmenden ihre Zeichnungen unterschiedlich lange überblicken. Wie bereits im vorherigen Abschnitt geschildert, blickt Jonas (S7D) nur für zwei Sekunden still auf das von ihm Gezeichnete. Dahingegen blickt Victoria (S10.2C) von allen Schülerinnen und Schülern am längsten auf die eigene Zeichnung. Ein Schwellenwert, an dem zu geringes Überblicken bzw. Kontrollieren der eigenen Zeichnung zu einer Schwierigkeit wird, lässt sich auf Grund unterschiedlicher Kontexte und Bearbeitungsdauer sowie individuellen Voraussetzungen der Teilnehmenden nicht festlegen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass eine stark unterdurchschnittliche Dauer des Überblickens bzw. des Kontrollierens der eigenen Zeichnung, wie es bei Laura (S7A), Jonas (S7D) und Hannah (S10.2A) der Fall ist, die Qualität der Zeichnung beeinträchtigt. Vor diesem Hintergrund wird seltenes Überblicken oder Kontrollieren der eigenen Zeichnung als potenzielle Schwierigkeit eingestuft. Diese Schwierigkeit wird dabei primär im Zeichenprozess deutlich.

Tabelle 9.9 Ausprägungen der Variable $T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}$ im Konstruktionsprozess der Ablaufdiagramme in Sekunden (s)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
s	11	54	32	2	88	98	37	95	47	42	69	69	79	67	32	25	101	15	37	110	75

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet

Wie im Abschnitt *Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung* deutlich wurde (9.2.2), beachten zwei Schülerinnen und ein Schüler jeweils einen Teil der Aufgabenstellung nicht. Paul (S10.1B; Abb. 9.3 in 9.2.2), Leah (S10.1D; Abb. 9.3 in 9.2.2) und Victoria (S10.2C) stellen die Textinformationen lediglich linear in Form von Stichpunkten dar und integrieren diese nicht in ein Schaubild. Die nachfolgend als Auszug dargestellten Aufgabenstellungen (Anhang 4) setzen die genannten Teilnehmenden daher nur bedingt um.

Kontext 10.1

Stelle in Form eines Schaubilds dar, wie übermäßiger und unreflektierter Nahrungskonsum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt oder Hirninfarkt) führen kann. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

Kontext 10.2

Stelle die Hormonregulation der Schilddrüse in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

Victoria (S10.2C) versucht zunächst die Textinformationen realistisch darzustellen, wechselt danach auf die Rückseite des Zeichenblatts und fertigt ebenfalls wie Paul (S10.1B) und Leah (S10.1D) lediglich eine lineare Zusammenfassung des Texts in Form von Stichpunkten an. Ihren Strategiewechsel bei der Darstellung begründet sie nicht. Im Gegensatz dazu begründet Leah (S10.1D) die Missachtung der Aufgabenstellung:

„Normalerweise arbeite ich so mit einem Text, dass ich mir erst einmal die Überschrift notiere und die wichtigsten Themen zusammenfasse und dann mit Hilfe des Schaubilds zum Beispiel mich vorbereite für eine Kursarbeit. [...]“ (S10.1D, b3).

Die Fallbeispiele der drei Teilnehmenden zeigen, dass sich die Missachtung eines Teils der Aufgabenstellung am Produkt, im Prozess oder in der Selbstauskunft der Lernenden erkennen lässt.

Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (ohne Lesestrategie)

Sara (S8A), Johanna (S8D) und Carolin (S10.1C) verwenden im Umgang mit der Textgrundlage, außer dem wiederholten Lesen einzelner Textabschnitte, keine Lesestrategie. Außerdem blicken alle drei Schülerinnen am Ende der Aufgabenbearbeitung selten oder gar nicht auf die Textgrundlage. Im Fall von Sara (S8A) wird exemplarisch deutlich gemacht, dass ein Abgleich zwischen Textgrundlage und Zeichnung am Ende der Aufgabenbearbeitung entfällt (Abb. 9.8). Dies erkennt Sara (S8A) im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen auch selbst. Sie sieht dies im Hinblick auf zukünftige Zeichenanlässe als verbesserungswürdig an: „[...] am Schluss nochmal lesen und vergleichen.“ (S8A, b28). Ebenso vergisst Johanna (S8D) durch den fehlenden Abgleich zwischen der Textgrundlage und dem Schaubild, zwei relevante Textinformationen darzustellen, an die sie sich jedoch im Zuge der Verständnisfragen erinnert. Auch Carolin (S10.1C) gleicht die eigene Zeichnung abschließend nicht mehr mit der Textgrundlage ab. Diese Schwierigkeit lässt sich vor allem im Zeichenprozess erkennen, allerdings kann auch die Selbstauskunft Hinweise auf ihr Vorhandensein liefern.

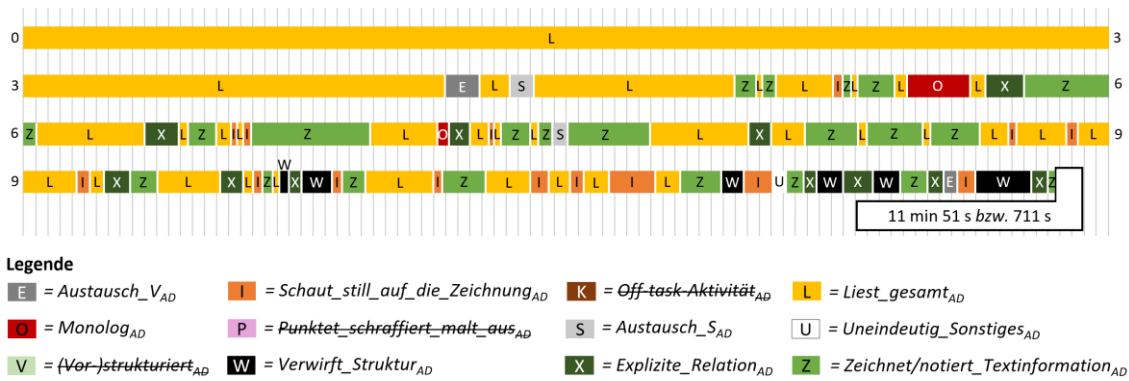


Abbildung 9.8 Abfolge der Tätigkeiten von Sara (S8A) während der Anfertigung des Ablaufdiagramms

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (trotz Lesestrategie)

Lisa (S8B), Paul (S10.1B), Leah (S10.1D), Hannah (S10.2A) und Pablo (S10.2D) nehmen als Lesestrategie zahlreiche Unterstreichungen in der Textgrundlage vor und lesen einzelne Textabschnitte erneut. Sie verzichten jedoch auf einen abschließenden Abgleich zwischen den im Text unterstrichenen und den im Schaubild dargestellten Informationen und vergessen infolgedessen, relevante Aspekte in ihr Schaubild zu übernehmen. Der resultierende Informationsverlust reicht von einzelnen Begriffen bis hin zu etwa einem Viertel der relevanten Textinformation in Leahs (S10.1D) Darstellung. Hannah (S10.2A) merkt am Ende der Aufgabenstellung an:

„Und jetzt schaue ich nochmal, ob ich alles habe, aber es sieht komplett aus.“
(S10.2A, a33).

Nach dieser Äußerung blickt sie nur für vier Sekunden auf die Textgrundlage und übersieht, einen unterstrichenen und für das Schaubild relevanten Aspekt in ihre Zeichnung zu übernehmen. Auch Pablo (S10.2D) nimmt trotz Anwendung von Lesestrategien während den letzten eineinhalb Minuten keinen Abgleich mehr mit dem Text vor (Abb. 9.9). Er übersieht dabei relevante und unterstrichene Inhalte, die er in dieser Folge nicht in sein Schaubild übernimmt. Die nicht dargestellten Inhalte führt er kurze Zeit später als bedeutsame Aspekte in seiner Antwort auf eine der gestellten Verständnisfragen an (Anhang 7, Anhang 9.10). Diese Schwierigkeit ist nur bei der Betrachtung des Prozesses ersichtlich.

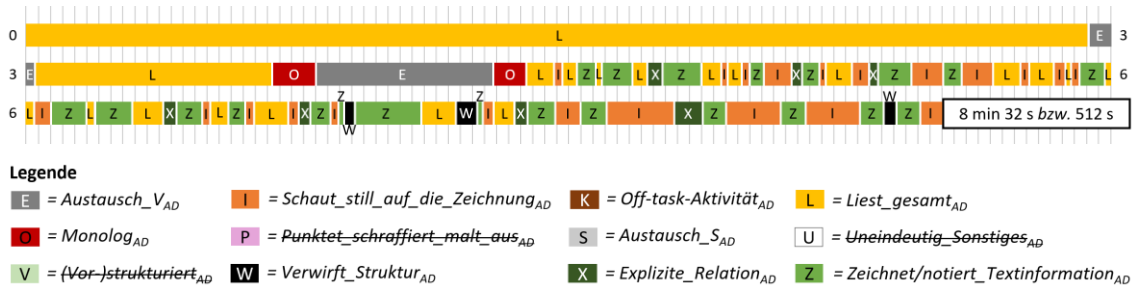


Abbildung 9.9 Abfolge der Tätigkeiten von Pablo (S10.2D) während der Anfertigung des Ablaufdiagramms

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

9.2.5 Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung

Die beiden Schwierigkeiten *Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen* ($n = 9$) und *Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt* ($n = 8$) zeigen sich bei etwas weniger als der Hälfte der Teilnehmenden. Belege für diese Schwierigkeiten finden sich, wie nachfolgend dargestellt, durch den Abgleich zwischen der Selbstauskunft und den Beurteilungsergebnissen bzw. der Leistung der Schülerinnen und Schüler.

Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen

Die hier vorgestellte Schwierigkeit bezieht sich auf die Abweichungen zwischen den Angaben der Schülerinnen und Schüler zu ihrer Selbsteinschätzung (Se_AD_5: „Es fiel mir schwer, die für das Schaubild notwendigen Begriffe im Text auszuwählen.“; Anhang 4) und den tatsächlich beobachteten Schwierigkeiten in neun Fällen. So gibt Laura (S7A) bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr die Auswahl von relevanten Textinformationen nicht schwer fiel, jedoch konnte sie der Textgrundlage tatsächlich nur etwas mehr als die Hälfte der relevanten Elemente und Relationen entnehmen. Jonas (S7D) stellt von den Siebtklässlerinnen und -klässlern neben Nathalie (S7C) die wenigsten der im Text benannten Elemente und Relationen dar (4 von 15 Elementen, 26.7%, $M = 50.0$, $SD = 25.2$ sowie 3 von 19 Relationen, 15.8%, $M = 36.0$, $SD = 27.2$). Jonas (S7D) gibt ebenso wie Laura (S7A) im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihm die Auswahl von relevanten Textinformationen nicht schwer fiel. Sein Vorgehen kommentiert er nachträglich wie folgt:

„Ich habe mir alles gemerkt, was im Text gestanden hat und wie ich es mir vorgestellt habe, wie es dann passiert mit den Wolken und dem Verdunsten.“ (S7D, b21).

Auch Paul (S10.1B) gibt an, dass ihm die Auswahl relevanter Begriffe nicht schwer fiel, obwohl er rund 20% der relevanten Textinformationen nicht dargestellt hat und diese im Zuge der Verständnisfragen nicht benennen kann.

Weitere Unterschiede für eine große Abweichung zwischen Selbsteinschätzung und Resultat finden sich bei Mara (S7F), Sophia (S8E), Carolin (S10.1C), Leah (S10.1D), Hannah (S10.2A) und Pablo (S10.2D). Auf Grund der Bedeutsamkeit der Auseinandersetzung mit der Textgrundlage für die Konstruktion des Ablaufdiagramms, erfolgt die Identifikation dieser Schwierigkeit durch den Abgleich zwischen Selbsteinschätzung anhand des Items Se_AD_1 (Anhang 4) und den Beurteilungsergebnissen zur Zeichnung oder dem Prozess.

Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt

Insgesamt wird bei acht Schülerinnen und Schülern deutlich, dass sie ihre eigenen Schwierigkeiten bzw. Fehler gänzlich oder überwiegend nicht erkennen und benennen können. Auf die Frage, ob Mara (S7F) etwas hätte besser gelingen können, entgegnet sie beispielsweise: „*Ich glaube nicht.*“ (S7F, b28). Tatsächlich zeigt Mara jedoch vielfältige Schwierigkeiten, die sich einerseits im Prozess und andererseits unmittelbar in ihrer Zeichnung erkennen lassen. Insgesamt stellt sie nur 6 von 15 der im Text beschriebenen Elemente (40.0%, $M = 50.0$, $SD = 25.2$) sowie 5 von 19 Relationen (26.3%, $M = 36.0$, $SD = 27.2$) dar. Zudem musste der Versuchsleiter nach rund 36 Minuten die Aufgabenbearbeitung abbrechen, da die Schülerin trotz Ermunterung und Unterstützung nicht weiterkam. Ähnlich verhält es sich bei Emma (S8F). Obwohl ihr Fall viele Schwierigkeiten zeigt, entgegnet sie auf die Frage, ob sie beim nächsten Mal etwas anders machen würde: „*Eigentlich nicht.*“ (S8F, b26). Auch Ben (S8G), der innerhalb des Kontexts der achten Jahrgangsstufe die wenigsten Inhalte der Textgrundlage in seinem Schaubild darstellt (3 von 8 Elementen, 37.5%, $M = 60.7$, $SD = 18.2$ und 3 von 10 Relationen, 30%, $M = 45.7$, $SD = 14.0$), antwortet auf die Frage, ob er beim nächsten Mal etwas anders machen würde: „*Eigentlich nichts. Dann würde ich es genauso machen.*“ (S8G, a52). Ähnliche Belege finden sich auch für Teilnehmende der zehnten Jahrgangsstufe wieder. So merkt Hannah (S10.2A) auf die Frage, ob ihr etwas hätte besser gelingen können, an: „*Nein, ich bin eigentlich ganz zufrieden.*“ (S10.2A, a54). Betrachtet man die Elemente und Relationen gemeinsam, so stellt sie innerhalb des Kontexts 10.2 die wenigsten relevanten Inhalte der Textgrundlage in ihrem Schaubild dar. Weitere Belege für diese Schwierigkeit lassen sich bei Isabelle (S7B), Jonas (S7D), Paul (S10.1B) und Pablo (S10.2D) finden. Gleicht man die Selbstauskunft der Teilnehmenden mit den Beurteilungsergebnissen zur Zeichnung oder dem Prozess ab, so tritt diese Schwierigkeit leicht erkennbar hervor.

9.2.6 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen

Diese Gruppe fasst diejenigen Schwierigkeiten zusammen, die im Zusammenhang mit dem Ausbleiben von Hilfestellungen auftreten. Wenige Teilnehmende merken das *Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung* ($n = 3$) im Rahmen der Studie an. Auch werden in diesem Unterkapitel die beiden Schwierigkeiten *Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet* ($n = 12$) und *Überforderung* ($n = 1$) vorgestellt. Die Betrachtung des Prozesses und die der Selbstauskunft bietet hierbei Einblicke.

Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)

Zwei Schülerinnen und ein Schüler verweisen retrospektiv darauf, dass externe Unterstützung die auftretenden Schwierigkeiten bzw. Fehler während des Zeichnens hätten reduzieren können. So sagt Laura (S7A) aus, dass Hilfestellungen notwendig gewesen wären, um die Textinformationen korrekt darzustellen. Sie nimmt an, dass eine fehlerhafte Darstellung keinen Mehrwert bietet:

„Ich weiß nicht, ob es für mich hilfreich war. [...] Ich finde, wenn man es malt, bleibt es einem länger im Kopf, aber, wenn ich vorher nicht korrigiert werde und es mir falsch merke, dann glaube ich, wäre es nicht gut für mich. Es wäre für mich nicht hilfreich, wenn es falsch aufgezeichnet ist, was es wahrscheinlich auch ist.“ (S7A, a49).

Ben (S8G) verdeutlicht dahingegen, dass er im Vorfeld gerne Unterstützung in Form einer groben Vorlage erhalten hätte:

„Wenn ich vielleicht davor schon eine grobe Zeichnung von dem Bild hätte.“ (S8G, a50).

Leah (S10.1D) macht am Beispiel der Anfertigung einer mikroskopischen Zeichnung deutlich, dass sie es ungünstig findet, von der Lehrkraft erst nach dem Zeichnen, anstatt vor oder während des Zeichnens, Unterstützung zu erhalten:

„Was ich zum Beispiel manchmal nicht so gut im Unterricht finde, dass es uns überlassen wird, wie wir das zeichnen müssen [zeigt auf das Mikroskop]. Ich habe selbst gemerkt, dass es nicht nur an mir liegt, sondern auch an anderen Mitschülern, die gar keine Ahnung haben, wie man es zeichnen muss. Erst danach wurde uns an der Tafel gezeigt, wie wir es eigentlich sollen und jeder musste dann die Zeichnung nochmal wegmachen und dann nochmal zeichnen. Ich würde es einfach besser finden, wenn es uns am Anfang nochmal erklärt wird, von innen nach außen oder andersherum.“ (S10.1D, b37).

Das Fehlen von Hilfestellungen wird von den Teilnehmenden retrospektiv angemerkt und ist dahingehend weder im Prozess noch am Produkt ersichtlich.

Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet

Gemäß der Konzeption der Studie waren die zulässigen Impulse des Versuchsleiters während der Aufgabenbearbeitung und dem parallelen lauten Denken vorgegeben (5.3.3). Die inhaltlichen Rückfragen der Schülerinnen und Schüler blieben daher weitestgehend unbeantwortet. Insgesamt haben zwölf Schülerinnen und Schüler inhaltliche Rückfragen gestellt, die über allgemeine Rückfragen zur Aufgabenstellung hinausgehen. Werden die inhaltlichen Fragen der Lernenden nicht richtungsweisend beantwortet, zeigt sich, wie die Teilnehmenden eigenständig vorgehen würden. Neutral beantwortete Fragen (die Darstellungsweise ist den Teilnehmenden überlassen; 5.3.3) können potenziell das Zeichnen erschweren. Beispielsweise möchte Melinda (S10.2B) wissen, ob auch die im Text beschriebene negative Rückkopplung im Schaubild dargestellt werden soll: „*Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein?*“ (S10.2B, a34). Darauf entgegnet der Versuchsleiter: „*Das ist deine Entscheidung.*“ (S10.2B, a34). Abhängig von der gegebenen Antwort, ist ein unterschiedliches Resultat zu erwarten. Im besagten Fall entscheidet sich die Schülerin gegen den Einbezug der negativen Rückkopplung. Hätte der Versuchsleiter dahingegen einen richtungsweisenden Impuls gegeben (z. B. „Lies nochmal die Aufgabenstellung.“) oder unmittelbar auf die Aufgabenstellung verwiesen (z. B. „Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge.“), wäre es wahrscheinlich gewesen, dass die Schülerin die negative Rückkopplung ergänzt hätte.

Im Gegensatz zu Melinda (S10.2B) erkundigt sich Paul (S10.1B) beim Versuchsleiter nach dem Repräsentationstyp der anzufertigenden Zeichnung: „*Meinen Sie mit Schaubild, dass ich es auch beschriften soll, also ein Flussdiagramm?*“ (S10.1B, a39). Daraufhin entgegnet der Versuchsleiter neutral: „*Du kannst es darstellen, wie du magst.*“ (S10.1B, a39). Nachdem die Frage auf diese Weise beantwortet wurde, fertigt Paul lediglich eine lineare Zusammenfassung der Textgrundlage in Stichpunkten an (Abb. 9.3 in 9.2.2) und verfehlt damit teilweise die Aufgabenstellung (9.2.4).

Weitere Beispiele für inhaltliche Rückfragen finden sich bei Nathalie (S7C), Jonas (S7D), Florian (S7E), Mara (S7F), Lisa (S8B), Nora (S8C), Johanna (S8D), Leah (S10.1D), Hannah (S10.2A) und Victoria (S10.2C) (Anhang 6). Die inhaltlichen Rückfragen der Schülerinnen und Schüler werden im Prozess ersichtlich.

Überforderung

Im Fall von Mara (S7F) wird deutlich, dass sie auf Grund verschiedener Schwierigkeiten mit der Aufgabenstellung überfordert ist. Von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts benötigt sie am längsten zur Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Tab. 9.10). Nach mehr als 36 Minuten bricht der Versuchsleiter die Aufgabenbearbeitung ab, da die Schülerin

trotz mehrmaliger Ermutigung nicht weiterkommt. Tabelle 9.10 zeigt auch, dass die Schülerin der Tätigkeit des Lesens der Textgrundlage im Vergleich zu anderen Teilnehmenden sehr ausgedehnt nachgeht. Teilweise liest die Schülerin mehrere Minuten, ohne danach etwas der Zeichnung inhaltlich hinzuzufügen. In ihrer Zeichnung stellt sie nur 40% der im Text beschriebenen Elemente und 26% der Relationen dar.

Tabelle 9.10 Dauer ausgewählter Schülertätigkeiten zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder*

Schülerin/Schüler	<i>T_Liest_gesamt_{AD}</i>		<i>T_Zeichnet_gesamt_{AD}</i>		<i>T_Alle_Tätigkeiten_{AD}</i>	
	<i>min:s</i>	<i>s</i>	<i>min:s</i>	<i>s</i>	<i>min:s</i>	<i>s</i>
Laura, S7A	4:30	270	6:20	380	12:19	739
Isabelle, S7B	5:36	336	2:16	136	9:51	591
Nathalie, S7C	3:55	235	4:41	281	9:59	599
Jonas, S7D	3:39	219	2:33	153	6:33	393
Florian, S7E	11:25	685	5:47	347	22:21	1341
Mara, S7F	29:08	1748	3:38	218	36:09	2169

Anmerkung. Eine vollständige Darstellung aller Tätigkeiten befindet sich in Anhang 9.6.

Im Zuge der gestellten Verständnisfragen nach der Anfertigung der Zeichnung wird bei der Schülerin zudem ersichtlich, dass sie fachliche Verständnisschwierigkeiten zeigt. Obwohl Mara sich im Vergleich zu den anderen Lernenden sehr lange mit der Textgrundlage auseinandersetzt, kann sie die Textinformationen nur lückenhaft und Zusammenhänge nur oberflächlich wiedergeben:

„Der saure Regen entsteht so, dass die Giftstoffe von Erdöl und halt, ja Erdöl, in die Umwelt gepustet werden und dann vermischt sich das mit Wasser und dann wird es zu diesem sauren Regen. [...] Die Wachsschicht von den Nadeln geht runter und dann haben es die Insekten und Tiere leichter, den Baum anzugreifen. [...] Wenn wenig Regen fällt, wenig Niederschlag und sowas ist, dann wachsen die Pflanzen schneller und das ist halt nicht gut für die Pflanzen, wenn die so schnell wachsen.“ (S7F, b6, b8, b10).

Ebenso ist anzumerken, dass Mara (S7F) von allen Schülerinnen und Schülern die niedrigste Lesegeschwindigkeit und ein niedriges Leseverständnis beim LGVT erzielt. Nach Schneider et al. (2007) ist ihre Lesegeschwindigkeit als sehr schwache Leistung und ihr Leseverständnis als schwache Leistung einzustufen.

Überforderung konnte in diesem Ausmaß nur bei einer Schülerin im Zeichenprozess festgestellt werden. Grundsätzlich ist es möglich, dass auch andere Teilnehmende während der Aufgabenbearbeitung kurzfristig überfordert waren. Die anderen Teilnehmenden kamen mit der Aufgabenstellung jedoch insoweit zurecht, dass der Versuchsleiter nicht angehalten war, einzugreifen und die Aufgabenbearbeitung zu unterbrechen.

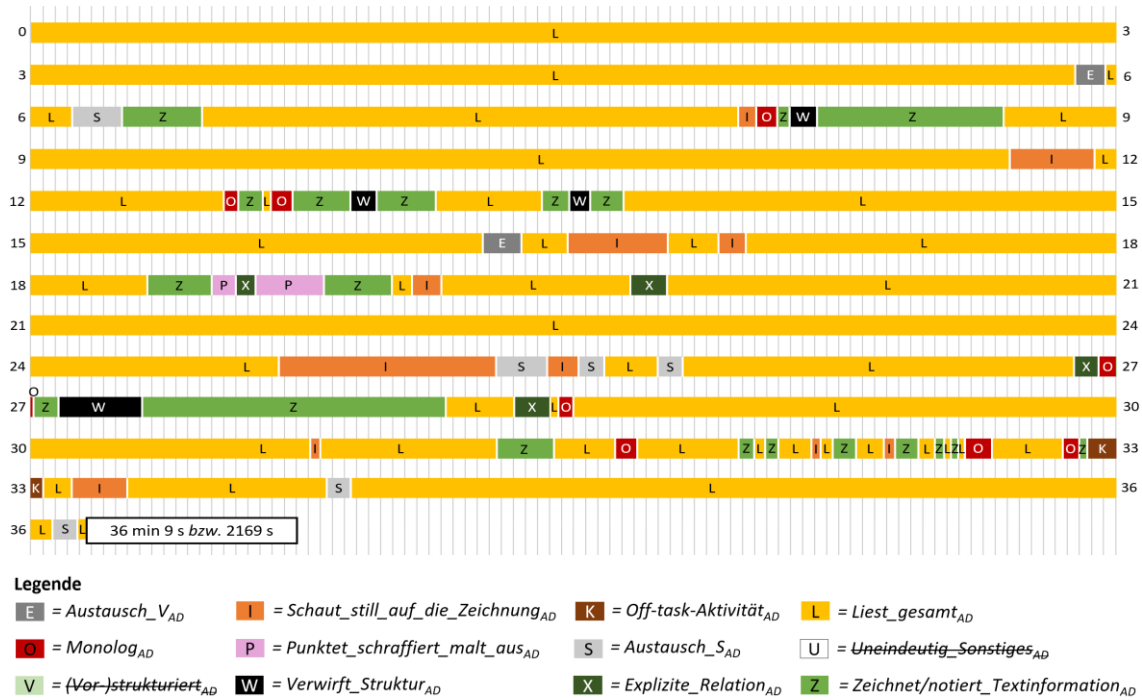


Abbildung 9.10 Abfolge der Tätigkeiten von Mara (S7F) während der Anfertigung des Ablaufdiagramms zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

9.2.7 Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage

Die Konstruktion der Ablaufdiagramme erfolgt auf Basis der jeweiligen Textgrundlage der vier unterschiedlichen Kontexte. Mehrere Schwierigkeiten stehen dabei in unmittelbarer Verbindung mit der Textarbeit, für die sich im Prozess, in der Selbstauskunft der Schülerinnen und Schüler und teilweise auch in der Betrachtung des Produkts – der Zeichnung – Belege finden lassen: *Auswahl relevanter Textinformationen fällt schwer* ($n = 11$), *Einzelne Textabschnitte werden nicht gelesen* ($n = 1$), *Fachliche Verständnisschwierigkeiten* ($n = 9$), *Fehlender Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses* ($n = 1$), *Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n)* ($n = 13$), *Niedrige Lesegeschwindigkeit¹* ($n = 7$), *Niedriges Leseverständnis¹* ($n = 10$), *Sprachliche Verständnisschwierigkeiten* ($n = 1$) und *Wiederholtes Orientierungsverhalten im Text durch fehlende visuelle Ankerpunkte* ($n = 5$).

¹ Die Lesegeschwindigkeit und das Leseverständnis wurden mit Hilfe des LGVT nach Schneider et al. (2007) ermittelt.

Auswahl relevanter Textinformationen fällt schwer

Wie bereits dargestellt, konnten die Teilnehmenden im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen angeben, ob ihnen die Auswahl der Textinformationen schwer fiel (Se_AD_5, Anhang 4; vgl. auch 9.2.5: *Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen*). Die Auswahl von relevanten Textinformationen wurde als Schwierigkeit erfasst, wenn die Antwortoptionen 1 = *stimme voll und ganz zu* und 2 = *stimme eher zu* ausgewählt wurden. Tabelle 9.11 zeigt, dass sechs Teilnehmende angeben, dass ihnen die Auswahl der relevanten Textinformationen schwer fiel und fünf, dass ihnen die Auswahl eher schwer fiel. Außerdem macht die Tabelle deutlich, dass nicht nur diejenigen Schülerinnen und Schüler, die dem Text nur wenige relevante Textinformationen entnehmen (*Elemente in %*; Tab. 9.11), anmerken, dass ihnen die Auswahl dieser schwer fiel, sondern auch manche Teilnehmenden, die die Mehrheit der relevanten Informationen der Textgrundlage entnehmen konnten. Beispielsweise gibt Florian (S7E), der alle relevanten Textinformationen identifiziert hat, an, dass ihm die Auswahl dieser eher schwer fiel. Dahingegen bringt Jonas (S7D) zum Ausdruck, dass ihm die Entnahme der relevanten Textinformationen eher nicht schwer fiel, obwohl er nur etwa ein Viertel der Textinformationen in seinem Schaubild darstellt. Teilweise bekräftigen die Teilnehmenden ihre Selbsteinschätzung zusätzlich im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen. So verdeutlicht Isabelle (S7B):

„Es fiel mir schwer, die Informationen herauszusuchen.“ (S7B, a40).

Lisa (S8B) merkt dahingegen ergänzend retrospektiv an:

„Ich wusste nicht so genau, was ich umsetzen soll oder was ich so zeichnen sollte. [...] Die Zusammenhänge zu finden, fand ich etwas schwer.“ (S8B, b23).

Tabelle 9.11 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zur Aussage „Es fiel mir schwer, die für das Schaubild notwendigen Begriffe im Text auszuwählen.“ in Bezug zum jeweiligen Ablaufdiagramm mit den Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu und 4 = stimme gar nicht zu sowie prozentualer Anteil der aus der Textgrundlage dargestellten Elemente

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Auswahl	3	1	2	3	2	3	1	1	2	3	3	2	2	3	4	3	4	4	1	1	4
Schwierigkeit		▪	▪		▪	▪*	▪	▪	▪			▪	▪						▪	▪	
Elemente in %	60	47	27	27	100	40	50	50	100	63	63	63	38	94	81	69	75	60	73	93	60

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet. Eine Schwierigkeit (▪) wird verzeichnet, wenn die Ausprägung 1 oder 2 beträgt; Ausnahme: * Schwierigkeit wird im Prozess deutlich.

Von den Teilnehmenden, die Kontext 10.1 *Herz-Kreislauf-Erkrankungen* bearbeitet haben, gibt keine oder keiner an, dass ihr oder ihm die Entnahme von Textinformationen schwer fiel. Entgegen dieser Einschätzung gelingt es Carolin (S10.1C), nur etwas mehr als zwei

Drittel der in der Textgrundlage genannten relevanten Informationen zu identifizieren (Tab. 9.11). Dahingegen geben Melinda (S10.2B) und Victoria (S10.2C), die den Kontext 10.2 *Schilddrüse und hormonelle Regulation* bearbeitet haben, an, dass ihnen die Auswahl schwer fiel. Bei Victoria steht dies in enger Verbindung mit den sprachlichen Verständnisschwierigkeiten, auf die im weiteren Verlauf dieses Unterkapitels eingegangen wird. Auch Nathalie (S7C), Mara (S7F), Sara (S8A), Nora (S8C), Emma (S8F) und Ben (S8G) geben bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihnen die Auswahl relevanter Textinformationen entweder schwer- oder eher schwer fiel.

Zieht man die Ergebnisse für das Leseverständnis (Tab. 9.12, Tab. 9.13) zur Einschätzung hinzu, wird deutlich, dass sieben der elf Schülerinnen und Schüler, die angeben, dass ihnen die Auswahl von relevanten Textinformationen schwer fällt, zugleich sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistungen beim LGVT erzielen. Eine weitere Schülerin überschreitet den zugrundeliegenden Wertebereich (0-25) mit einem PR-Wert von 26 weiterhin ebenfalls nur sehr knapp.

Die hier vorgestellte Schwierigkeit lässt sich weder unmittelbar im Zeichenprozess noch am Produkt erkennen. Sie tritt im Zuge der Reflexion des Prozesses aus der Sichtweise der Schülerinnen und Schüler hervor, einerseits durch die Zustimmung oder Ablehnung der einleitend genannten Selbsteinschätzungsaussage oder andererseits durch eine ergänzende mündliche Selbstauskunft während der retrospektiv gestellten Fragen.¹

Die nachfolgenden Abbildungen 9.11a-d zeigen für alle vier Kontexte ergänzend die relative Häufigkeit, in der die im Text genannten Elemente und Relationen in den Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler dargestellt sind. Durchschnittlich stellen die Schülerinnen und Schüler, die Kontext 7 (Abb. 9.11a) bearbeitet haben, 42.2% der im Text benannten relevanten Elemente und Relationen dar. Für Kontext 8 (Abb. 9.11b) ergibt sich ein Wert von 52.2%, für Kontext 10.1 (Abb. 9.11c) ein Wert von 78.2% und für Kontext 10.2 (Abb. 9.11d) ein Wert von 73.0% (Berechnungsgrundlage ist Tab. A9.8 in Anhang 9.5). In Abbildung 9.11a-d bedeutet ein Wert von .33 beispielsweise, dass 33% der Teilnehmenden ein ausgewähltes Element bzw. eine ausgewählte Relation aus der Textgrundlage in ihrer Zeichnung darstellen, wohingegen die übrigen 67% der Teilnehmenden das Element bzw. die Relationen nicht in die Zeichnung integrieren. Die Auswahl (und Darstellung) einiger relevanter Textinformationen scheint den Lernenden damit schwerer zu fallen (z. B. .33) als die anderer (z. B. .67). Weiterhin zeigen die Befunde, dass die allermeisten relevanten Informationen

¹ Die Auswertungen der Verständnisfragen zum Kontext (7.8, Anhang 9.10) machen zugleich deutlich, dass der größte Teil der nicht dargestellten Elemente und Relationen von den Teilnehmenden auch im Zuge der retrospektiv gestellten Verständnisfragen (Ver_AD_1-4, Anhang 4) nicht erinnert wird, jedoch fast alle dargestellten Elemente und Relationen (vgl. prognostic drawing principle; 3.2).

der Textgrundlage zumindest von einem Teil der Schülerinnen und Schüler aufgefunden und in der Zeichnung dargestellt werden können. Eine Ausnahme hiervon wäre beispielsweise die Textinformation „Mineralsalze für gesundes Wachstum fehlen“ (Abb. 9.11a), die keine Schülerin und kein Schüler für die Darstellung im Schaubild auswählt.

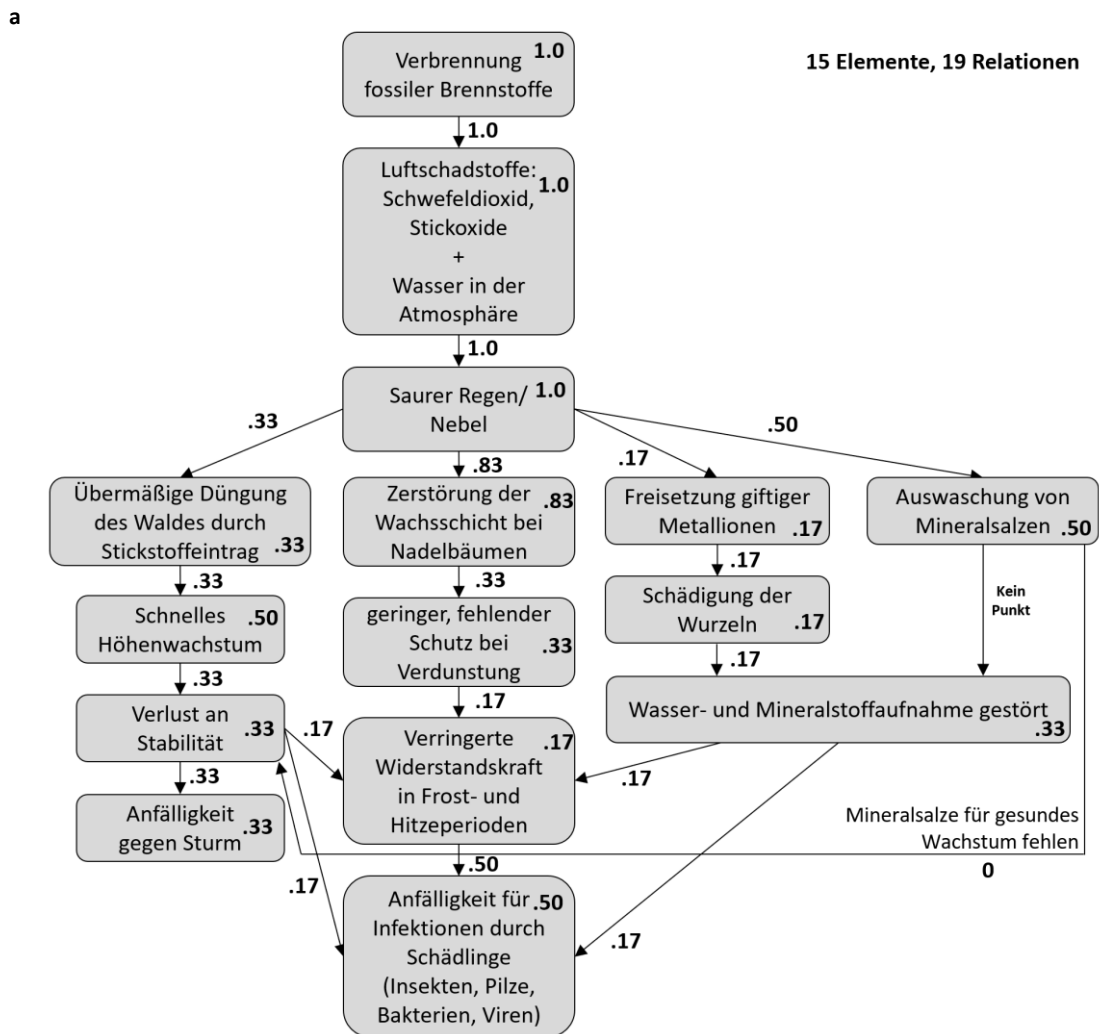
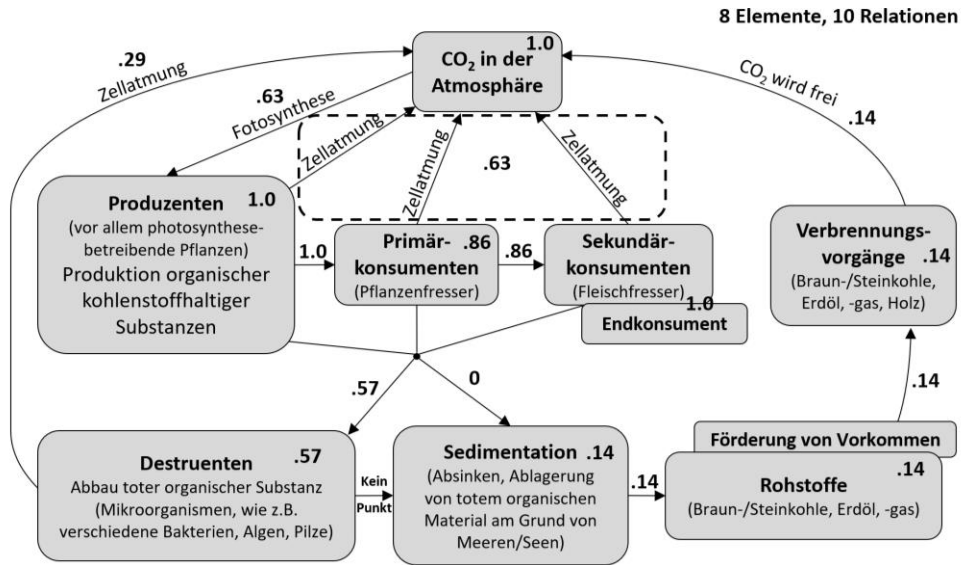


Abbildung 9.11 Inhaltlicher Erwartungshorizont (Anhang 1) mit relativer Häufigkeit der in den Zeichnungen der Schülerinnen und Schülern dargestellten Elemente und Relationen a: zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder* (N = 6)

b



c

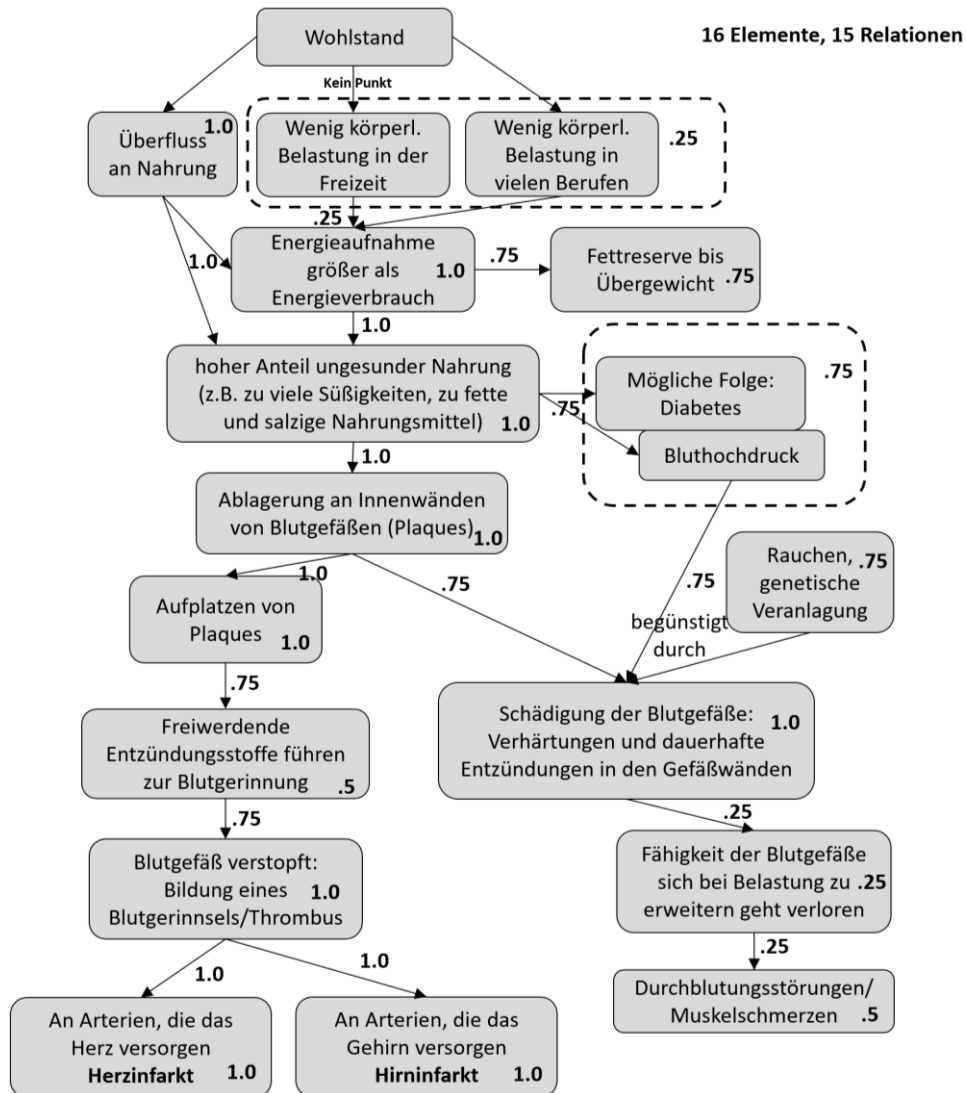


Abbildung 9.11 (Fortsetzung) b: zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf (N = 7), c: zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen (N = 4)

d

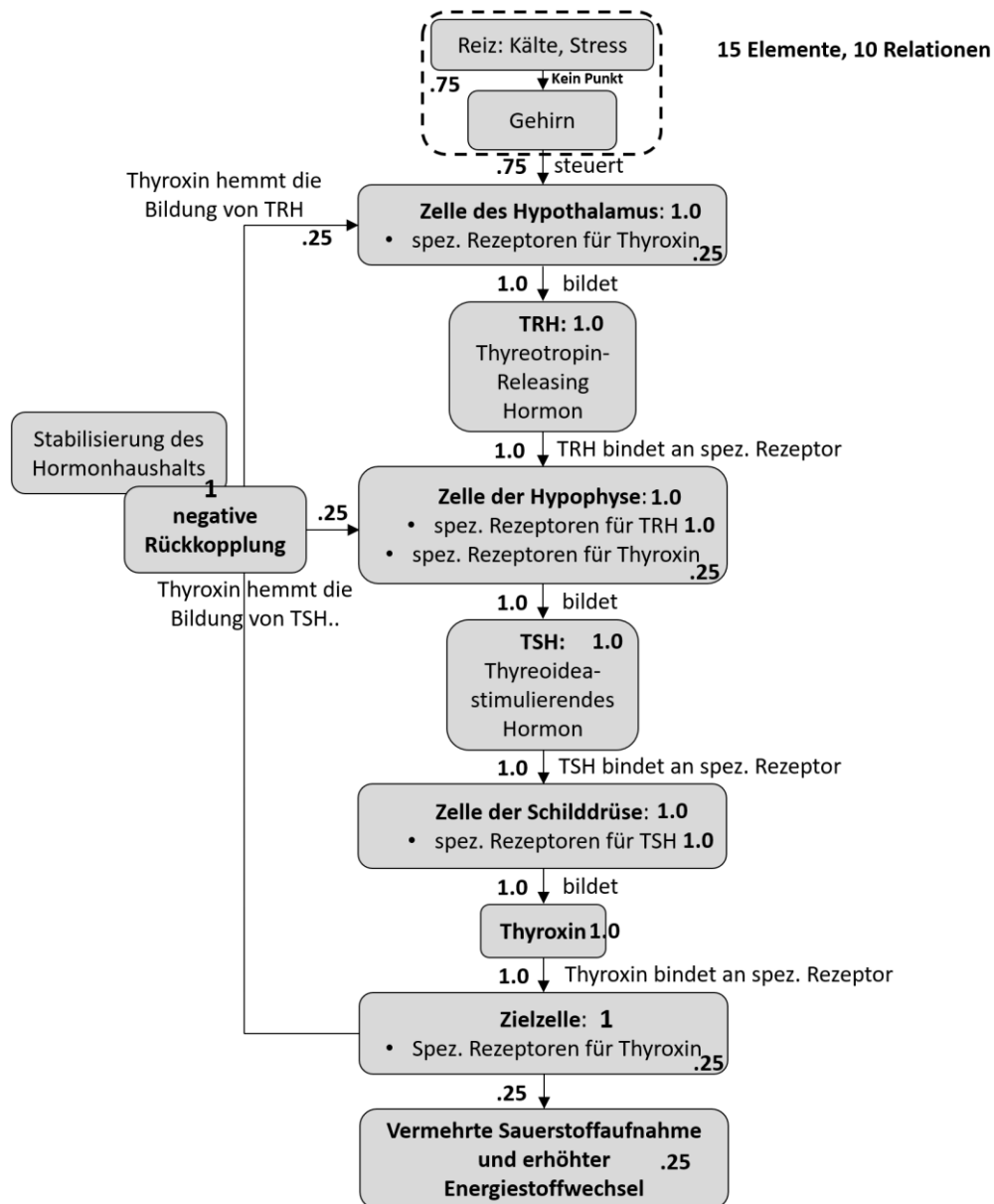


Abbildung 9.11 (Fortsetzung) d: zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation (N = 4)

Einzelne Textabschnitte werden nicht (hinreichend) gelesen

Im Fall von Laura (S7A, Abb. 9.12) wird deutlich, dass sie den Text nach dem initialen Lesen im Gegensatz zu Jonas (S7D, Abb. 9.13) zwar erneut abschnittsweise liest, dabei allerdings einzelne Textabschnitte überspringt und andere nicht hinreichend beachtet. Dies bestätigt sich nicht nur bei der Beobachtung ihres Umgangs mit dem Text, sondern auch durch ihre mündliche Selbstauskunft im Anschluss an das Zeichnen:

„Oh, ok, ich sollte keine Zeile mehr überspringen, nein. Die Wasserversorgung wird reduziert und Instabilität, das gilt ja für alle Baumarten. Durch den Nebel zum Beispiel weiß ich nicht, ob das Holz schneller angefressen wird. Was habe ich da gelesen? Nein.“

Durch den Nebel gehen die Zapfen viel schneller kaputt. Nein, ich weiß es nicht mehr so genau.“ (S7A, a36).

Durch die geringe Verarbeitungstiefe der Textgrundlage ergeben sich bei Laura (S7A) zugleich fachliche Verständnisschwierigkeiten. Sie stellt die nur flüchtig betrachteten Textabschnitte in ihrer Zeichnung unvollständig dar. Außerdem gibt die Schülerin bei den Selbsteinschätzungsfragen an, dass sie sowohl beim Zeichnen als auch beim Lesen eher weniger aufmerksam war. Bei den anderen Teilnehmenden lässt sich das Überspringen einzelner Textabschnitte nicht feststellen. Basierend auf der Auswertung der jeweils gestellten Verständnisfragen (7.8, Anhang 7) ist allerdings davon auszugehen, dass ein Teil der Schülerinnen und Schüler zumindest einige Textabschnitte ebenso nur flüchtig gelesen hat.

Für die vorgestellte Schwierigkeit lassen sich sowohl im Prozess als auch in der Selbstauskunft Indizien erkennen. Das Produkt trägt dahingegen nicht zum Erkennen dieser Schwierigkeit bei.

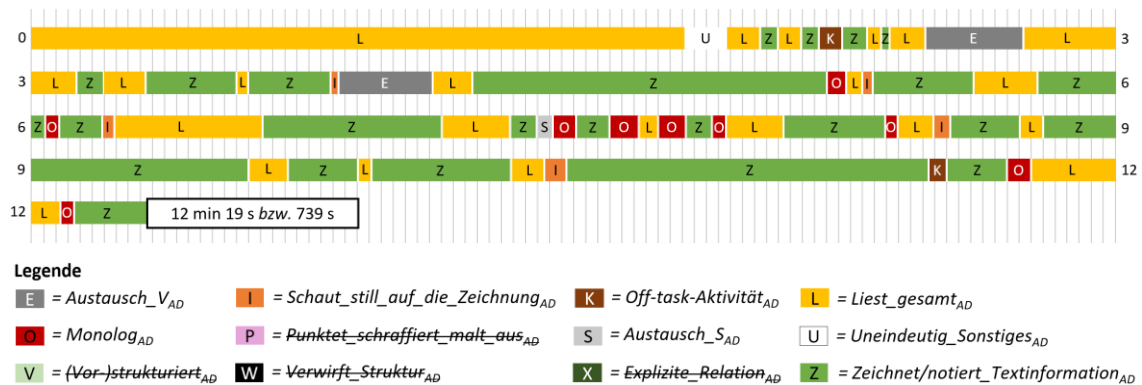


Abbildung 9.12 Abfolge der Tätigkeiten von Laura (S7A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Fachliche Verständnisschwierigkeiten

Vier Schülerinnen und Schüler der siebten und fünf der achten Jahrgangsstufe zeigen partiell fachliche Verständnisschwierigkeiten, die die zeichnerische Darstellung limitieren. Dies wird an unterschiedlichen Stellen im Zeichenprozess deutlich. Beispielsweise lassen sich bei Laura (S7A) im Zuge des lauten Denkens fachliche Verständnisschwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Sauren Regen und der Verfügbarkeit von Mineralsalzen erkennen:

„Das sind Mineralsalze, diese Kügelchen [zeichnet kleine Kreise an die Wurzelspitzen der Bäume und im Boden], die nehmen die Bäume durch die Wurzeln auf. Und die [Mineralsalze] sind halt durch das hier, durch die Verbrennung, oder? Kommen die in die Luft. Naja, ob die dann schon Mineralsalze sind, ist eine andere Frage. Dann machen

wir es einfach mal als Beispiel, irgendwie so. [...] Hier so eine Wolke mit dem vergifteten Regen sage ich jetzt [unverständl.]“ (S7A, a31).

Die fachlichen Verständnisschwierigkeiten der Schülerin kommen auch im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen zum Ausdruck:

„Die Schadstoffe in der Luft wusste ich nicht genau, wie ich die zeichnen sollte. Da habe ich jetzt einfach Rauch gemalt und da kommen auch einfach Mineralsalze mit [...]. Wenn ich die Moleküle kennen würde, würde ich es halt damit darstellen, so wie man es halt eher macht. Und das konnte ich halt nicht, weil ich aus dem Kopf nicht genau weiß, wie die aussehen.“ (S7A, a47, a53).

Die fachlichen Verständnisschwierigkeiten führen neben anderen Schwierigkeiten dazu, dass Laura (S7A) nur etwa die Hälfte der im Text genannten und für die Aufgabenstellung relevanten Informationen darstellt.

Bei Isabelle (S7B) werden die fachlichen Verständnisschwierigkeiten insbesondere während der Beantwortung der Verständnisfragen nach dem Zeichnen deutlich. Ihr fällt es schwer, die inhaltlichen Zusammenhänge zu beschreiben:

„Der saure Regen schädigt die Blätter und dadurch verdunsten dann die Nadeln, also von den Nadelbäumen. Ich kann nicht erklären irgendwie. [...] Hier ist der saure Regen und wenn im Sommer diese Sonneneinstrahlung ist und wenn da wenig Wasser ist, entstehen da Pilze, Insekten und Schädlinge auf dem Baum.“ (S7B, a21, a24).

Emma (S8F) verdeutlicht retrospektiv, dass ihr die Darstellung der Textinformationen schwer fiel, da der Text für sie viele unbekannte Wörter enthielt:

„Ja, viele unbekannte Wörter, die ich nicht kannte. [...] Es fiel mir halt sehr schwer, unbekannte Worte herauszufinden und dann ein Schaubild zu erstellen. Es war sehr schwer, sagen wir es so.“ (S8F, b21).

Ben (S8G) gibt während der mündlichen Reflexionsfragen an, dass er den Text an manchen Stellen nicht verstanden hat:

„Ich habe den Text nicht überall ganz verstanden, deswegen war es etwas schwer zu zeichnen.“ (S8G, a47).

Weitere Belege für fachliche Verständnisschwierigkeiten finden sich in den Fallbeschreibungen von Florian (S7E), Mara (S7F), Sara (S8A), Lisa (S8B) und Sophia (S8E). Bei den Schülerinnen und Schülern der zehnten Jahrgangsstufe lassen sich dahingegen keine fachlichen Verständnisschwierigkeiten beobachten. Die Beispiele konnten zeigen, dass die fachlichen Verständnisschwierigkeiten im Zeichenprozess und in der Selbstauskunft der Lernenden deutlich werden können.

Fehlender Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses

Nach dem initialen Lesen der Textgrundlage blickt Jonas (S7D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe nur ein einziges Mal für etwa zwei Sekunden auf den Text. Innerhalb des Kontexts beschäftigt er sich von allen Schülerinnen und Schülern am geringsten mit der Textgrundlage. Die im Text beschriebenen Inhalte kann er vor diesem Hintergrund im Zuge der Verständnisfragen nur sehr oberflächlich wiedergeben:

„Hier steigt Rauch hoch zu den Bäumen. Und wenn dann mal zu viel Sonne scheint, hier ist zum Beispiel ein See, verdunstet das Wasser [...] geht noch zu den Bäumen dazu und wenn es dann regnet, kommt der Schaden von den Regentropfen und von der Fabrik hauptsächlich hier auf die Bäume. Das schadet den Bäumen und dadurch können die schneller verrotten und kleinere Bäume oder generell Pflanzen wachsen nicht so schnell, das dauert dann länger.“ (S7D, b3).

Abbildung 9.13 zeigt die während der Aufgabenbearbeitung ausgeführten Tätigkeiten von Nathalie (S7C) und Jonas (S7D) im Vergleich. Nach dem initialen Lesen des Texts ist bei Jonas (S7D) der fehlende Abgleich mit diesem während des Zeichnens deutlich zu erkennen. Dahingegen blickt Nathalie (S7C), wie auch die meisten anderen Teilnehmenden, nach dem initialen Lesen der Textgrundlage wiederholt auf diese. Auch bei anderen Schülerinnen und Schülern zeigen sich längere Phasen, in denen sie keinen Abgleich mit der Textgrundlage vornehmen (z. B. S10.2D), jedoch nicht so deutlich, wie es bei Jonas der Fall ist. Die Schwierigkeit des fehlenden Abgleichs mit der Textgrundlage lässt sich ausschließlich im Prozess erkennen.

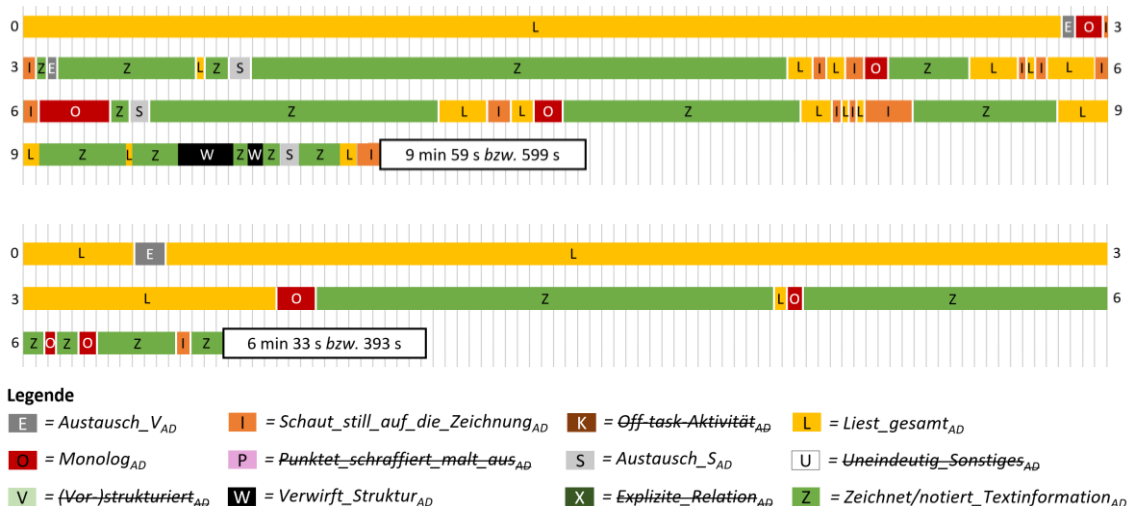


Abbildung 9.13 Tätigkeiten von Nathalie (S7C, oben) und Jonas (S7D, unten) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7C bzw. S7D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n)

Im Rahmen der Studie wird das wiederholte Lesen der Textgrundlage während der Anfertigung der Ablaufdiagramme nicht als eigenständige Lesestrategie aufgefasst, da besagtes Vorgehen ein unverzichtbarer Bestandteil der Konstruktion dieser Repräsentationsform ist. Alle Schülerinnen und Schüler blicken nach dem initialen Lesen des gesamten Texts wiederholt auf einzelne Textabschnitte, bevor sie diese im Schaubild darstellen. Lediglich Jonas (S7D) schaut nach dem initialen Lesen nur noch ein einziges Mal für kurze Zeit auf die Textgrundlage (vgl. *Fehlender Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses*). Acht Schülerinnen und Schüler unterstreichen oder umkreisen die für das Schaubild als relevant eingestuften Textinformationen. So verdeutlicht Lisa (S8B):

„Ich habe mir meiner Meinung nach die wichtigsten Informationen aus dem Text unterstrichen. Ich habe unterstrichen, was ich glaube, was mir dabei hilft, so ein Schaubild anzufertigen. Ich habe die wichtigen Sachen unterstrichen, die unwichtigen nicht.“
(S8B, b15).

Alle Siebtklässlerinnen und -klässler (S7A-F) sowie sechs der sieben Achtklässlerinnen und -klässler (S8A, S8C-G) lesen lediglich den Text wiederholt durch, ohne dabei Markierungen vorzunehmen oder andere Lesestrategien anzuwenden. Während der mündlichen Reflexionsfragen beschreibt Laura (S7A) ihr Vorgehen im Umgang mit der Textgrundlage näher. Sie erkennt keinen Mehrwert in der Markierung von Textstellen. Gleichzeitig merkt sie abschließend an, dass es eventuell sinnvoll gewesen wäre, einzelne Abschnitte dennoch zu markieren:

„Ich habe gelesen und dann habe ich mir die Unterabschnitte zwar nicht markiert, aber ein bisschen im Kopfgemerkt. [...] Den Text markieren hat mir auch noch nie geholfen, weil ich fange immer wieder an, den Text zu lesen, egal was markiert ist. Ich hätte mit dem Bleistift vielleicht die Abschnitte markieren sollen, jetzt ohne Farben.“ (S7A, a45, a57).

Ebenso zeigt sich bei Isabelle (S7B), dass sie außer dem wiederholten Lesen einzelner Abschnitte keine Lesestrategien anwendet. In ihrem Schaubild stellt sie weniger als die Hälfte der im Text genannten Elemente und nur etwas mehr als ein Viertel der Relationen dar. Ihr Vorgehen im Umgang mit dem Text beschreibt die Schülerin im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen wie folgt:

„Ich habe es gelesen und mir versucht die Sachen, die da standen, zu merken und zu verstehen. Meistens lese ich dann noch ein zweites Mal drüber, damit ich nochmal schauen kann, ob ich wirklich alles aus dem Text entnommen und verstanden habe. [...] Ich habe versucht, aufzuschreiben und aufzumalen, was ich noch wusste.“ (S7B, a34, a36).

Florian (S7E), der innerhalb des Kontexts die meisten relevanten Textinformationen in seiner Zeichnung abbildet (15 von 15 Elementen: 100%, $M = 50.0$, $SD = 25.2$ und 18 von 19 Relationen: 94.7%, $M = 36.0$, $SD = 27.2$), verzichtet auf die Markierungen von Textstellen, verdeutlicht aber im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen, dass sein Vorgehen damit von der kennengelernten Unterrichtspraxis abweicht:

„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überflogen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“ (S7E a40).

Von den acht teilnehmenden Schülerinnen und Schülern der zehnten Jahrgangsstufe wendet lediglich Carolin (S10.1C), außer dem wiederholten Lesen einzelner Textabschnitte, keine weiteren Lesestrategien an. Ergänzend bleibt anzumerken, dass Klara (S10.1A) und Hannah (S10.2A) nur wenige Markierungen vornehmen. Beide unterstreichen auf der eine DIN-A4-Seite umfassenden Textgrundlage nur sieben verhältnismäßig kurze Textstellen. Außerdem nimmt Hannah (S10.2A) diese Unterstreichungen nur in einem der fünf Absätze der Textgrundlage vor.

Die Befunde zeigen zugleich, dass fünf Schülerinnen und Schüler trotz der Anwendung von Lesestrategien letztendlich vergessen, einzelne markierte Textstellen in ihrem Schaubild darzustellen (vgl. *Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (trotz Lesestrategie)*; 9.2.4). Die Anwendung von oder der Verzicht auf Lesestrategien kann im Zeichenprozess beobachtet werden. Retrospektiv gestellte Fragen können wiederum Auskunft über die Gründe für die Anwendung bzw. den Verzicht auf diese geben.

Niedrige Lesegeschwindigkeit (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung)

Durch den der Zeichenaufgabe vorangestellten LGVT nach Schneider et al. (2007) zeigte sich, dass sieben Schülerinnen und Schüler nur eine geringe Lesegeschwindigkeit erzielen. Als niedrige Lesegeschwindigkeit wird hier der PR-Wertebereich 0-25 angesehen. Dieser umfasst nach Schneider et al. (2007) die drei Leistungsgruppierungen *sehr schwache Leistungen* (PR-Wertebereich 0-5), *schwache Leistungen* (PR-Wertebereich 6-10) und *unterdurchschnittliche Leistungen* (PR-Wertebereich 11-25).

Es fällt auf, dass die Mehrheit der Teilnehmenden, die eine niedrige Lesegeschwindigkeit im Zuge des LGVT erzielen, ebenso ein niedriges Leseverständnis zeigen (Tab. 9.12, Tab. 9.13). Es scheint naheliegend, dass eine niedrige Lesegeschwindigkeit zu einer erhöhten Dauer der Textarbeit führt, da der Text tendenziell langsamer gelesen wird. Dennoch zeigt sich beispielsweise für den Fall von Nora (S8C), dass sie trotz niedriger Lesegeschwindigkeit

(PR = 10) zum initialen Lesen der Textgrundlage deutlich weniger lange braucht als Lisa (S8B), die im LGVT eine höhere Lesegeschwindigkeit erzielte (PR = 58). Eine niedrige Lesegeschwindigkeit offenbart sich im Rahmen des LGVT ebenso bei Florian (S7E), Mara (S7F), Emma (S8F), Ben (S8G), Klara (S10.1A) und Leah (S10.1D).

Tabelle 9.12 Lesegeschwindigkeit (PR-Wert) nach Schneider et al. (2007): 96-100 = ausgezeichnete Leistung, 76-95 = überdurchschnittliche Leistung, 51-75 = durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt), 26-50 = durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt), 11-25 = unterdurchschnittliche Leistung, 6-10 = schwache Leistung und 0-5 = sehr schwache Leistung sowie Dauer der initialen Auseinandersetzung mit der Textgrundlage ($T_{Liest_vorab_{AD}}$) in Sekunden (s)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Lesegeschw.	90	59	82	66	6	2	35	58	10	73	52	21	18	15	51	47	15	47	66	26	29
Schwierigkeit					▪	▪			▪			▪	▪	▪			▪				
$Liest_vorab_{AD}$ (s)	108	211	172	217	371	353	250	451	259	185	210	302	345	235	357	211	291	212	494	416	216

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Niedriges Leseverständnis (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung)

Neben einer niedrigen Lesegeschwindigkeit kann auch ein niedriges Leseverständnis eine Schwierigkeit im Umgang mit einer Textgrundlage darstellen. Analog zur Lesegeschwindigkeit wird, wie im vorherigen Abschnitt berichtet, auch für das Leseverständnis der PR-Wertebereich 0-25 als niedriges Leseverständnis angesehen. Nach Schneider et al. (2007) umfasst der zuvor genannte Wertebereich die drei Leistungsgruppierungen *sehr schwache Leistungen* (PR-Wertebereich 0-5), *schwache Leistungen* (PR-Wertebereich 6-10) und *unterdurchschnittliche Leistungen* (PR-Wertebereich 11-25).

Es fällt auf, dass die Mehrheit der Schülerinnen und Schüler, die ein niedriges Leseverständnis zeigen, zugleich eine niedrige Lesegeschwindigkeit aufweisen (Tab. 9.12, Tab. 9.13). Es wäre anzunehmen, dass ein niedriges Leseverständnis potenziell Verständnisschwierigkeiten (z. B. durch nicht erkannte Textkohärenz) mit sich bringt oder die Lesedauer erhöht, da Textpassagen mehrmals gelesen werden müssen. Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen den ermittelten PR-Werten für das jeweils gezeigte Leseverständnis und der jeweiligen Dauer des initialen Lesens der Textgrundlage ($T_{Liest_vorab_{AD}}$) bzw. der jeweiligen Gesamtdauer des Lesens ($T_{Liest_gesamt_{AD}}$) lässt sich (im Rahmen einer qualitativen Studie mit geringer Stichprobengröße) nicht erkennen.

Ein niedriges Leseverständnis lässt sich bei Florian (S7E), Mara (S7F), Sara (S8A), Lisa (S8B), Nora (S8C), Sophia (S8E), Emma (S8F), Ben (S8G), Leah (S10.1D), Victoria (S10.2C) und Pablo (S10.2D) erkennen (Tab. 9.13).

Tabelle 9.13 Leseverständnis (PR-Wert) nach Schneider et al. (2007): 96-100 = ausgezeichnete Leistung, 76-95 = überdurchschnittliche Leistung, 51-75 = durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt), 26-50 = durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt), 11-25 = unterdurchschnittliche Leistung, 6-10 = schwache Leistung und 0-5 = sehr schwache Leistung sowie Dauer des initialen (*Liest_vorab_{AD}*) und gesamten Lesens (*Liest_gesamt_{AD}*) in Sekunden (s)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Leseverständnis	38	38	71	30	2	8	20	26	7	58	10	1	20	34	34	34	15	79	41	3	20
Schwierigkeit					▪	▪	▪		▪		▪	▪	▪				▪			▪	▪
<i>T_Liest_vorab_{AD}</i>	108	211	172	217	371	353	250	451	259	185	210	302	345	235	357	211	291	212	294	416	216
<i>T_Liest_gesamt_{AD}</i>	270	336	235	219	685	1748	441	727	574	270	377	464	576	483	459	335	509	344	488	798	272

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Sprachliche Verständnisschwierigkeiten

Victorias (S10.2C) Muttersprache ist Spanisch. Deutsch ist für sie eine Fremd- bzw. Zweitsprache, die sie erst wenige Jahre spricht. Infolgedessen beschäftigt sie sich von allen Zehntklässlerinnen und -klässlern am längsten mit der Textgrundlage und blickt im Zuge der Zeichenaufgabe 66-mal auf diese. Sie gibt zudem an, dass ihr die Auswahl relevanter Begriffe aus dem Text schwer fiel. Trotz der sprachlichen Schwierigkeiten, die sich während des lauten Denkens, der Verständnisfragen und der mündlichen Reflexionsfragen abzeichnen, gelingt es ihr dennoch, etwa 90% der im Text beschriebenen relevanten Informationen auf ihrem Zeichenblatt aufzugreifen. Setzt man dies in Relation zur Bearbeitungsdauer ergibt sich innerhalb des Kontexts jedoch der niedrigste Leistungswert mit 0.9 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 1.5, SD = 0.4$). Im Rahmen dieser Studie wurden sprachliche Verständnisschwierigkeiten im Prozess und der Selbstauskunft der Schülerin deutlich. Es ist darüber hinaus anzunehmen, dass sich diese Schwierigkeiten aber auch im Produkt zeigen können (z. B. Rechtschreibfehler, ungewöhnlicher Satzbau).

Wiederholtes Orientierungsverhalten im Text durch fehlende visuelle Ankerpunkte (z. B. Markierungen)

Fünf Teilnehmende müssen sich auf Grund fehlender Markierungen wiederholt für längere Zeit in der Textgrundlage orientieren. Beispielsweise liest Florian (S7E) 34-mal Abschnitte der Textgrundlage erneut. Im Video zeigt sich, dass er sich mehrmals im Text orientieren muss, bis er die gesuchte Textstelle wiederfindet. Erst danach kann er seine Zeichnung inhaltlich ergänzen. Er merkt abschließend an, dass sein Vorgehen von dem im Unterricht kennengelernten Vorgehen abweicht:

„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überfliegen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen

durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“ (S7E, a40).

Auf die Frage, ob ihm etwas besser hätte gelingen können, hebt er die Markierung von Textstellen hervor: *„Ja vielleicht, [...] wenn ich die Stichwörter markiert hätte.“ (S7E, a49).*

Auch bei Mara (S7F) wird deutlich, dass sie wiederholt mehrere Sekunden benötigt, um einzelne Textstellen wiederzufinden, an die sie in ihrer Zeichnung inhaltlich anknüpfen kann. Ihren Umgang mit der Textgrundlage beschreibt sie wie folgt:

„Ich habe mir einmal den Text ganz gut durchgelesen und wenn ich etwas nicht mehr wusste, dann habe ich nochmal die Stelle gesucht und gelesen.“ (S7F, b17).

Das wiederholte Orientierungsverhalten in der Textgrundlage auf Grund von fehlenden visuellen Ankerpunkten erhöhte, ebenso wie andere optionale Tätigkeiten (z. B. Schraffieren, Ausmalen), die Bearbeitungsdauer der Zeichenaufgabe. Weitere Belege für diese Schwierigkeit finden sich bei Sara (S8A), Sophia (S8E) und Carolin (S10.1C). Erkenntnisse hierzu liefern die Betrachtung des Prozesses und teilweise die Selbstauskunft der Schülerinnen und Schüler.

9.3 Schwierigkeiten bei der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen

In diesem Unterkapitel werden in Bezug auf die Forschungsfragen 2.1 und 2.2 die einzelnen Schwierigkeiten bzw. Fehler vorgestellt, auf die die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen treffen bzw. die diese machen. Tabelle 9.14 bietet eine Übersicht zu allen Schwierigkeiten, die in den darauffolgenden Unterkapiteln 9.3.1 bis 9.3.7 anhand ausgewählter Beispiele vorgestellt werden. Insgesamt konnten 31 Schwierigkeiten bzw. Fehler identifiziert werden. 213 Belege verteilen sich dabei ungleichmäßig auf 28 Kategorien (17 deduktive, 11 induktive). Hinzu kommen die drei potenziellen Schwierigkeiten *Bedeutsamkeitsmangel*, *Fehlende (Vor-)Strukturierung* sowie *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung*, die im weiteren Verlauf ebenso vorgestellt werden. Die deduktiv entstandenen Kategorien *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung)*, *Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen* sowie *Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen* bleiben im Rahmen dieser Studie ohne empirischen Beleg. Bezogen auf die Stichprobe treten bei den Teilnehmenden der siebten Jahrgangsstufe durchschnittlich 11.3 ($SD = 1.8$), bei den Teilnehmenden der achten Jahrgangsstufe 7.7 ($SD = 1.8$) und bei den Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe 11.4 Schwierigkeiten ($SD = 2.2$) während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung auf. Das Vorkommen einzelner Schwierigkeiten bzw. Fehler war für bestimmte Klassenstufen auf Grund des Kontexts oder der Aufgabenstellung ausgeschlossen (Tab. 9.14: „trifft für K. 7/8 nicht zu“). Weiterhin verdeutlicht die vorletzte Spalte in Tab. 9.14 (Anhaltspunkt, Indikator) bezogen auf das Ausgangsmaterial dieser Studie, an welchen Stellen sich Indizien für eine Schwierigkeit bzw. einen Fehler ausmachen lassen. Es zeigt sich, dass sich nur ein Teil der Schwierigkeiten am Produkt, also der fertigen Zeichnung der Teilnehmenden, erkennen lässt.

Die Schwierigkeiten wurden im Hinblick auf ihre Zusammengehörigkeit in die nachfolgenden sieben Kategorien eingeordnet: *Attentive Schwierigkeiten* (9.3.1), *Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler* (9.3.2), *Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen* (9.3.3), *Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis* (9.3.4), *Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung* (9.3.5), *Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen* (9.3.6) und *Schwierigkeiten in Folge fehlender/geringer Vorerfahrung* (9.3.7). Bereits im Vorfeld wurde dargestellt, welche theoretischen Bezüge zu diesen Hauptkategorien sowie zu den untergeordneten Kategorien hergestellt werden können (7.12.3).

Tabelle 9.14 Übersicht zu den Schwierigkeiten der Teilnehmenden bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen

Schwierigkeiten (Kapitelreferenz)	Ursprung der Kategorie	Klassenstufen										Anhaltspunkt, Indikator	Belege (n)					
		S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	S7F	S7A	S7B	S7C	S7D			S7E				
Attentive Schwierigkeiten (9.3.1)																		
Ablenkung	Scott & Dreher, 2016																Prozess	4
Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung)	Cohn, 2012																	0
Bedeutungsmisslingen	Quillin & Thomas, 2015																	0
Fehlendes Bemühen/Interesse	Quillin & Thomas, 2015																	2
Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung	Leopold & Leutner, 2012																	5
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung	Induktiv																	3
Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.3.2)																		
Fehlende (Vor-)Strukturierung	Wanner, 2004																	15
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung	Scherb & Nitz, 2020																	15
Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.3.3)																		
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Strukturen	Induktiv																	6
Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)	Beurteilungskriterium																	9
Kein angemessenes Abstraktionsmaß	Beurteilungskriterium																	14
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen	Retzlaff-Fürst, 2020																	0
Uneindeutige Linienführung	Beurteilungskriterium																	19
Verwendung von Farbe	Gropengießer et al., 2012																	1
Zellen grenzen nicht natürlich aneinander (Dachziegelstruktur, ...)	Stahl-Biskup & Reichling, 2015																	5
Zellen nicht geschlossen dargestellt	Stahl-Biskup & Reichling, 2015																	9
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumen (9.3.4)																		
Beschriftung trotz Vorlage unvollständig	Beurteilungskriterium																	7
Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur	Beurteilungskriterium																	11
Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien	Scherb & Nitz, 2020																	3
Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt	Induktiv																	4
Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung	Induktiv																	15
Struktur(en) teilweise falsch beschriftet	Beurteilungskriterium																	4
Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet	Induktiv																	11
Vorgabe des Bildausschnittes nicht beachtet	Induktiv																	11
Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.3.5)																		
Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt	Brown & Harris, 2013																	4
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.3.6)																		
Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)	Induktiv																	2
Inhaltliche Rückfragen der SchülerInnen und Schüler bleiben unbeantwortet	Induktiv																	7
Überforderung	Spöhrhase, 2010																	1
Wesentliche Hilfestellung wurde gegeben	Induktiv																	6
Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung (9.3.7)																		
Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnittes fällt schwer	Induktiv																	1
Fehlende bzw. geringe Vorerfahrung zum Zeilaufbau	Induktiv																	15
Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt (vgl. 9.3.3 für Folgen)	Induktiv																	21
Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen fällt schwer	Killermann et al., 2013																	9
Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen	Scherb & Nitz, 2020																	0
																		213
																		184

9.3.1 Attentive Schwierigkeiten

Attentive Schwierigkeiten treten in Folge fehlender Aufmerksamkeit während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung auf. Hierzu zählen: *Ablenkung* ($n = 4$), *Bedeutsamkeitsmangel* (potenzielle Schwierigkeit¹), *Fehlendes Bemühen/Interesse* ($n = 2$), *Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung* ($n = 5$) und *Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung* ($n = 3$). Belege für einzelne attentive Schwierigkeiten können im Prozess oder der Selbstauskunft der Lernenden gefunden werden.

Ablenkung

Während der Anfertigung der jeweiligen mikroskopischen Zeichnung lassen sich drei Teilnehmende der siebten Jahrgangsstufe und eine Schülerin der achten Jahrgangsstufe für einige Sekunden von der Zeichenaufgabe ablenken (Tab. 9.15). Wie bereits in Unterkapitel 9.2.1 angemerkt, kann die Ablenkung vielfältige Ursachen haben. So wendet Laura (S7A) den Blick zweimal von ihrer Zeichnung ab und blickt einerseits für kurze Zeit zum Versuchsleiter und andererseits einmalig zu einer Lehrkraft, die für kurze Zeit den Raum betritt. Isabelle (S7B) blickt viermal zu einer anderen Lehrkraft, die sich für einige Minuten im Raum aufhält.² Jonas (S7D) malt während des Mikroskopierens unabsichtlich mit einem Stift das vor ihm stehende Mikroskop an. Als er dies bemerkt, möchte er zunächst das Mikroskop reinigen. Der Versuchsleiter verdeutlicht Jonas, dass dies nicht notwendig sei. Erst daraufhin wendet sich der Schüler wieder der Aufgabenstellung zu. Während Nora (S8C) die Textgrundlage liest, nimmt der Versuchsleiter eine Korrektur am Mikroskop vor. Daraufhin unterbricht die Schülerin das Lesen und beobachtet den Versuchsleiter für sieben Sekunden, bevor sie sich wieder dem Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung zuwendet. Von den Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe lässt sich keine Schülerin und kein Schüler erkennbar von der Bearbeitung der Aufgabenstellung ablenken.

Ebenso wie in Unterkapitel 9.2.1 bereits für Ablaufdiagramme beschrieben, zeigt sich auch im Konstruktionsprozess mikroskopischer Zeichnungen, dass die Schülerinnen und Schüler unterschiedlich mit potenziellen Ablenkungen umgehen. Während Isabelle (S7B) viermal den Blick von der Zeichenaufgabe löst, blickt Laura (S7A) nur einmal zu einer sich im Raum befindenden Lehrkraft, obwohl sich diese auch danach noch für wenige weitere Minuten im Raum befindet. Die hier dargestellte Schwierigkeit der Ablenkung von der Zeichenaufgabe wird ausschließlich im Prozess deutlich.

¹ Eine Erläuterung erfolgt im Abschnitt Bedeutsamkeitsmangel.

² Die Durchführung fand in diesem Fall in der Biologiesammlung statt (5.10).

Tabelle 9.15 Dauer der Ablenkungen (vgl. $T_{Off-task-Aktivität_{MZ}}$ in Anhang 9.7) von der Zeichenaufgabe während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen in Sekunden (s) und Kennzeichnung der Ablenkung als Schwierigkeit (*)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*	
s	5	6	0	4	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Schwierigkeit	▪	▪		▪					▪													

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Bedeutsamkeitsmangel

Wird der eigenen Zeichnung oder dem Zeichenprozess wenig Bedeutsamkeit zugesprochen, so kann dies eine Schwierigkeit bzw. ein mögliches Hindernis darstellen (z. B. Quillin & Thomas, 2015). Nach Abschluss der Anfertigung der jeweiligen mikroskopischen Zeichnung wurden daher alle Schülerinnen und Schüler im Rahmen der Selbsteinschätzungsfragen danach gefragt, ob ihnen die Zeichnung dabei geholfen hat, einen Überblick über den Aufbau des Objekts zu erlangen und die Zusammenhänge zu verstehen (Se_MZ_1, Se_MZ_2, Anhang 4). Die Teilnehmenden aller Klassenstufen geben an, dass ihnen die Zeichnung geholfen hat bzw. eher geholfen hat, einen Überblick über den Aufbau des Objekts zu erlangen (Tab. 9.16). Dahingegen geben acht Schülerinnen und Schüler an, dass ihnen das Zeichnen nicht oder eher nicht geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen.

Tabelle 9.16 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen a) „Das Zeichnen hat mir dabei geholfen, einen Überblick über den Aufbau des mikroskopierten Objekts zu erlangen.“ (Se_MZ_1, Anhang 4) und b) „Das Zeichnen hat mir dabei geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.“ (Se_MZ_2, Anhang 4) im Zusammenhang mit der jeweiligen mikroskopischen Zeichnung mit den Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu und 4 = stimme gar nicht zu

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Überblick	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	1	1	2	2
Verstehen	3	2	2	4	3	2	2	2	2	1	2	3	2	1	3	2	3	2	3	2	3

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Für den Bedeutsamkeitsmangel lassen sich außerhalb der beiden zuvor dargestellten Selbsteinschätzungsaussagen weder im Prozess noch am Produkt eindeutige Indizien ausmachen. Der Bedeutsamkeitsmangel wird vor diesem Hintergrund als potenzielle Schwierigkeit eingestuft.

Fehlendes Bemühen/Interesse

Zwei Schülerinnen sind während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung wenig bemüht. Dies wird sowohl durch die distanzierte Haltung zum Arbeitsmaterial als auch in mündlichen Aussagen deutlich. Beispielsweise entscheidet sich Laura (S7A) nach Abschluss der Bearbeitung des Ablaufdiagramms und vor Beginn der mikroskopischen Zeichenaufgabe dazu, nicht laut zu denken: *„Wenn ich laut denke, dann tue ich es einfach, wenn nicht, dann lasse ich es.“* (S7A, b3). Ebenso, wie bereits gegenüber ihrem gezeichneten Ablaufdiagramm (9.2.1), äußert sie sich auch retrospektiv zu ihrer mikroskopischen Zeichnung gleichgültig: *„Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal.“* (S7A, b6).

Als Leah (S10.1D) erkennt, dass ihre Zeichnung keine Mittellamelle enthält, merkt auch sie lediglich an: *„Die Mittellamelle findet man in meiner Zeichnung nicht, egal.“* (S10.1D, a35). An ihrer Zeichnung ändert sie nach dieser Aussage jedoch nichts mehr. Im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen gibt sie ebenso an, dass sie bei der Anfertigung der Zeichnung eher nicht aufmerksam war. Auch gibt die Schülerin an, dass sie weder im Biologieunterricht noch außerhalb des Biologieunterrichts gerne zeichnet. Insgesamt entsteht im Rahmen der Prozessanalyse bei Erst- und Zweitkodierer der Eindruck, dass Leah (S10.1D) wenig bemüht ist, sich anzustrengen.

Fehlendes Bemühen zeigt sich während des Zeichnens, also im Prozess, anhand der teilweise distanzierten Haltung oder in den verbalen Rückmeldungen der Schülerinnen und Schüler. Hinweise zum Interesse oder Nicht-Interesse der Teilnehmenden am Zeichnen liefert die bereits in Unterkapitel 9.2.1 (Tab. 9.6) vorgestellte Auswertung zu zwei Selbsteinschätzungsaussagen.

Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung

Nach Abschluss ihrer mikroskopischen Zeichnungen geben Laura (S7A), Nathalie (S7C), Mara (S7F), Emma (S8F) und Victoria (S10.2C) an, dass sie während des Lesens des Einführungstexts und der Aufgabenstellung eher nicht bei der Sache waren (Tab. 9.17). Bei Nathalie zeigen sich zusätzlich Schwierigkeiten beim Verständnis bzw. der Umsetzung der Zeichenaufgabe. Sie versucht zweimal die gesehenen Strukturen in der Bildvorschau rechts unterhalb der Aufgabenstellung (Anhang 2.1), anstatt auf dem Zeichenblatt, darzustellen (9.3.4). Die Unaufmerksamkeit beim Lesen spiegelt sich auch im Übersehen einzelner Teile der Aufgabenstellung oder der Missachtung des Bildausschnitts wider (9.3.4). So zeichnet beispielsweise Melinda (S10.2B) zuerst einen anderen Bildausschnitt als den in der Aufgabenstellung vorgegebenen. Im Zuge der Selbsteinschätzung gibt sie jedoch an, dass sie beim Lesen und beim Zeichnen aufmerksam war. Fehlende Aufmerksamkeit beim (initialen)

Lesen kann zu Fehlern in der Darstellung führen, wenn beispielsweise Aspekte der Aufgabenstellung nicht berücksichtigt werden, oder zu einem erheblichen Mehraufwand, wenn die Zeichnung nachträglich korrigiert werden muss. Unaufmerksamkeit beim Lesen lässt sich anhand der Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler aber auch im Prozess, nämlich beispielsweise durch das flüchtige Betrachten der Aufgabenstellung oder das spätere Korrigieren der Zeichnung aufgrund initial nicht berücksichtigter Aufgabenzusätze (5.2.5), erkennen.

Tabelle 9.17 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen a) „Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.“ und b) „Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.“ im Zusammenhang mit der jeweiligen mikroskopischen Zeichnung mit den Antwortalternativen: 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu und 4 = stimme gar nicht zu

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
Lesen	3	-	3	1	1	3	1	1	1	2	1	3	1	1	1	2	2	2	1	3	1
Zeichnen	2	1	3	1	1	2	1	2	2	1	2	1	1	2	1	1	3	1	1	3	2

Anmerkung. Die Antwortalternative 4 = stimme gar nicht zu wurde von keiner Schülerin bzw. keinem Schüler gewählt. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung

Nathalie (S7C), Leah (S10.1D) und Victoria (S10.2C) geben bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung eher unaufmerksam waren (Tab. 9.17). Fehlende Aufmerksamkeit beim Zeichnen steht in enger Verbindung mit Schwierigkeiten in Folge von Kontrollversäumnis (9.3.4). So kann eine unaufmerksame Schülerin oder ein unaufmerksamer Schüler beispielsweise eine unvollständige Beschriftung der gezeichneten Strukturen vornehmen, weil sie oder er im Abgleich mit der Vorlage Begriffe übersieht. Unaufmerksamkeit beim Zeichnen lässt sich wie hier dargestellt an der Selbsteinschätzung der Lernenden oder wie in Unterkapitel 9.3.4 dargestellt im Prozess und am Produkt erkennen.

9.3.2 Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler

Auf der Seite der mikroskopischen Zeichnungen sind den planungsbezogenen Schwierigkeiten/Fehlern die beiden Schwierigkeiten *Fehlende (Vor-)Strukturierung* (potenzielle Schwierigkeit¹) sowie *Unzweckmäßige Größe der Zeichnung* ($n = 15$) zugeordnet. Diese lassen sich primär am Zeichenprodukt erkennen.

Fehlende (Vor-)Strukturierung

Im Rahmen der Aufgabenstellung der Kontexte 7, 10.1 und 10.2 ist jeweils ein Bildausschnitt rechts unterhalb der Aufgabenstellung vorgegeben, den die Schülerinnen und Schüler in ihrer Zeichnung darstellen sollen. Im Fall von Florian (S7E) und Hannah (S10.2A; Abb. 9.14) zeigt sich, dass eine Vorstrukturierung der Zeichnung durch das initiale Einzeichnen eines Rechtecks eine hilfreiche Orientierung beim Abbilden des geforderten Ausschnitts darstellen kann.

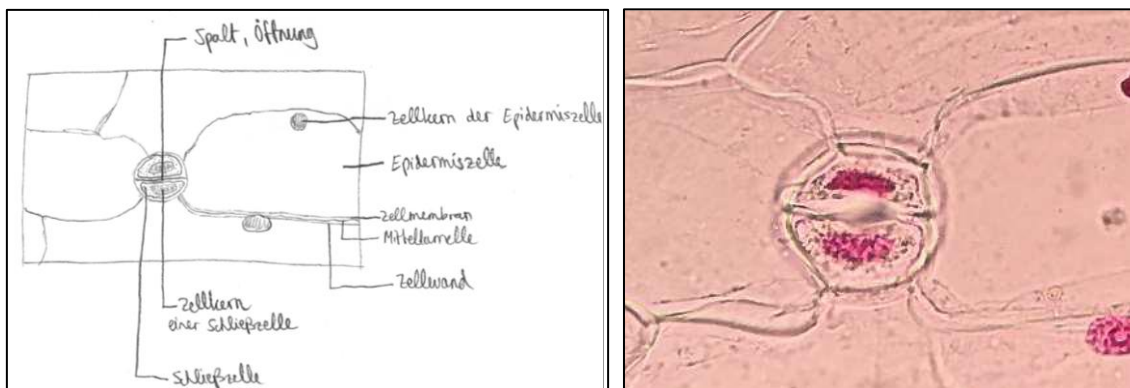


Abbildung 9.14 Ausschnitt aus der Zeichnung von Hannah (S10.2A, links) zum Kontext 10.2: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?* im Vergleich zum mikroskopischen Objekt (rechts), das der Schülerin vorlag (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnung)

Im Fall von Laura (S7A; Abb. 9.23 in 9.3.3) und Victoria (S10.2C) zeigt sich weiterhin, dass das weitestgehend angemessene Darstellen des in der Aufgabenstellung geforderten Bildausschnitts nicht zwangsläufig einer Vorstrukturierung bedarf. Die angemessene Darstellung des geforderten Bildausschnitts gelingt bei Verzicht auf eine Vorstrukturierung jedoch nicht allen Teilnehmenden (z. B. Jonas, S7D; Abb. 9.32 in 9.3.4).

Isabelle (S7B; Abb. 9.21 in 9.3.3) strukturiert ihre Zeichnung erst nach etwa der Hälfte der Bearbeitungsdauer, indem sie ein Rechteck einzeichnet, das den Bildausschnitt repräsentiert. Im Anschluss radiert sie alle bereits eingezeichneten und über das Rechteck hinausragenden Strukturen aus. Dahingegen nimmt Florian (S7E) zu Beginn der Zeichenaufgabe eine

¹ Erläuterung erfolgt im Abschnitt *Fehlende (Vor-)Strukturierung*.

Vorstrukturierung vor (Abb. 9.15). Er zeichnet initial ein Rechteck ein, das den Bildausschnitt gemäß Aufgabenstellung repräsentiert. Die eigentliche Zeichnung fertigt er innerhalb des Rechtecks an. Die anderen Schülerinnen und Schüler, die den gleichen Kontext bearbeitet haben, verzichten sowohl auf eine initiale Vorstrukturierung als auch auf eine Strukturierung ihrer Zeichnung im späteren Verlauf der Aufgabenbearbeitung.

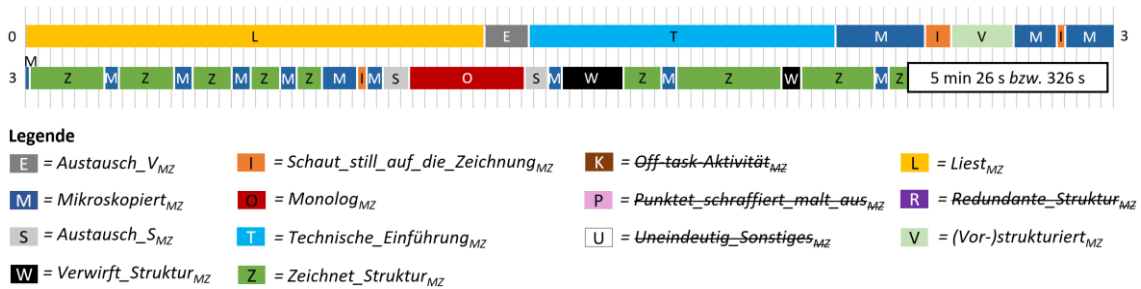


Abbildung 9.15 Abfolge der Tätigkeiten von Florian (S7E) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7E in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Im Rahmen von Kontext 8 ist dahingehend bei der Darstellung der Amöbe eine Vorstrukturierung auf Grund der zentralen Lage des zu zeichnenden Objekts nicht zielführend. In der Aufgabenstellung ist zudem kein Bildausschnitt vorgegeben, an dem sich die Schülerinnen und Schüler orientieren sollen.

Bei den Kontexten 10.1 und 10.2 sind wiederum Bildausschnitte in der Aufgabenstellung vorgegeben: Die vier Teilnehmenden, die Kontext 10.1 bearbeiten, nehmen jedoch keine Vorstrukturierung ihrer Zeichnung vor. Dahingegen strukturiert Hannah (S10.2A), wie bereits dargestellt, ihre Zeichnung zu Beginn des Zeichnens vor, indem sie den rechts unterhalb der Aufgabenstellung dargestellten Bildausschnitt zunächst in Form eines Rechtecks überträgt (Abb. 9.14). Im Anschluss legt sie ihre Zeichnung innerhalb dieses Rechtecks an. Im Gegensatz dazu, beachtet Melinda (S10.2B) zu Beginn der Aufgabenstellung den Bildausschnitt nicht und korrigiert ihre Zeichnung im späteren Verlauf. Eine Vorstrukturierung hätte sowohl Melinda als auch Pablo (S10.2D; Abb. 9.25 in 9.33), der deutlich mehr zeichnet, als im Bildausschnitt zu sehen ist, eine Orientierung geboten, um den in der Aufgabenstellung geforderten Bildausschnitt angemessen abzubilden.

Vor dem Hintergrund der Schilderungen wird die fehlende Vorstrukturierung als potenzielle Schwierigkeit angesehen. Das Produkt, also die fertige Zeichnung, lässt zwar in der Mehrheit der Fälle erkennen, ob die Teilnehmenden eine Vorstrukturierung vorgenommen haben, aber nicht zu welchem Zeitpunkt die (Vor-)Strukturierung stattfand, nämlich entweder zu Beginn zur Orientierung (z. B. Florian, S7E) oder im Verlauf des Zeichenprozesses

zur Korrektur der Zeichnung (z. B. Isabelle, S7B). Die Betrachtung des Prozesses liefert zudem Erkenntnisse darüber, inwieweit die Schülerinnen und Schüler Schwierigkeiten bei der angemessenen Darstellung des mikroskopischen Bildausschnitts hatten.

Unzweckmäßige Größe der Zeichnung

Mehr als die Hälfte der teilnehmenden Schülerinnen und Schüler hat Schwierigkeiten damit, den mikroskopischen Bildausschnitt in einer angemessenen Größe auf dem Zeichenblatt darzustellen. Beispielsweise nutzt Laura (S7A) den auf dem Arbeitsblatt zur Verfügung stehenden Platz nicht aus und legt ihre Zeichnung zu klein an. Dies erkennt sie retrospektiv im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich habe alles eher so minimalistisch gemalt. Man bekommt ja meist ein ganzes Blatt, um auch ein ganzes Blatt zu nutzen, das habe ich jetzt nicht gemacht. Ich glaube das hätte ich besser machen können.“ (S7A, b20).

Auch Florian (S7E) erkennt rückblickend, dass die zu gering gewählte Größe seiner Zeichnung die angemessene Darstellung feiner Strukturen limitiert:

„Vielleicht, wenn ich es größer gemacht hätte, dann hätte man mehr Details reinmachen können, dass man alles beschriften kann und es sehen kann. Ja, ich würde es größer zeichnen, dass man die einzelnen Sachen besser sieht.“ (S7E, b21, b23).

In Abgrenzung dazu stellt Jonas (S7D; Abb. 9.23 in 9.3.4) zwar den zentralen Ausschnitt des mikroskopischen Bilds entsprechend der Aufgabenstellung in einer angemessenen Größe dar, allerdings zeichnet er über diesen hinausgehend weitaus mehr Zellen des Wassernetzes ein, als er laut der Aufgabenstellung müsste. Dabei stößt er im rechten Abschnitt seiner Zeichnung auf Platzprobleme:

„Das wird knapp. [...] Hier geht jetzt Eines nach unten und das sollte normalerweise auf das treffen. Das muss ich dann nämlich anders zeichnen. Das ist nämlich kürzer.“ (S7D, a23).

Da der zentrale Ausschnitt jedoch in einer angemessenen Größe dargestellt ist, hat seine Entscheidung, die angrenzenden Zellen zusätzlich einzuzichnen, zumindest im Hinblick auf das Beurteilungskriterium *Blatteinteilung und Größe der Zeichnung* keinen Einfluss (Anhang 9.5).

Am Beispiel des Kontexts der achten Jahrgangsstufe erfolgt in Abbildung 9.16 der Vergleich zwischen der deutlich zu klein ausgefallenen Zeichnung von Emma (S8F) und der Zeichnung von Ben (S8G) mit einer angemessenen Größe. In Bens Zeichnung sind die einzelnen Strukturen gut erkennbar und leicht voneinander abgrenzbar.

Mit Blick auf die zehnte Jahrgangsstufe fällt auf, dass alle Schülerinnen und Schüler, mit Ausnahme von Victoria (S10.2C), ihre Zeichnungen zu klein anlegen. Die Differenzierung

zwischen den gezeichneten Strukturen (z. B. Zellwand, Zellmembran und Zellwand) fällt ihnen daher oftmals schwer. Ebenso erkennen manche Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe eigenständig retrospektiv, dass ihre Zeichnungen zu klein ausfallen (z. B. Paul, S10.1B). Neben den vorgestellten Fallbeispielen legen auch Isabelle (S7B), Mara (S7F), Sara (S8A) und Sophia (S8E) ihre Zeichnungen zu klein an.

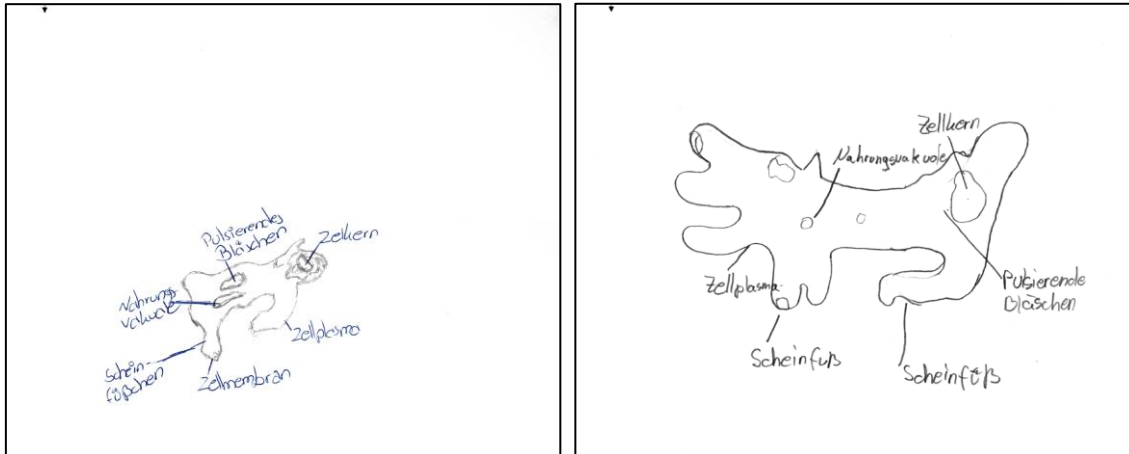


Abbildung 9.16 Zeichnungen von Emma (S8F, links) und Ben (S8G, rechts) zum Kontext 8: *Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Die Schwierigkeit der unzureichenden Größe einer Zeichnung lässt sich unmittelbar an der mikroskopischen Zeichnung, also dem Produkt, erkennen, außer die Lernenden nehmen während des Zeichnens Korrekturen an der Zeichnung vor, die am finalen Produkt nicht mehr auszumachen sind. Wie die Beispiele zeigen konnten, kann auch die Selbstauskunft zur Aufklärung dieser Schwierigkeit beitragen.

9.3.3 Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen

Die hier vorgestellten Schwierigkeiten ergeben sich aus der fehlenden Anwendung bzw. Berücksichtigung von gängigen zeichnerischen Gütekriterien. Hierunter fallen: *Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Strukturen* ($n = 6$), *Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten* (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) ($n = 9$), *Kein angemessenes Abstraktionsmaß* ($n = 14$), *Uneindeutige Linienführung* ($n = 19$), *Verwendung von Farbe* ($n = 1$), *Zellen grenzen nicht natürlich aneinander* ($n = 5$) und *Zellen nicht geschlossen dargestellt* ($n = 9$). Indizien für diese Schwierigkeiten lassen sich vor allem im Produkt aber auch im Zeichenprozess oder der Selbstauskunft finden.

Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Strukturen

Die Darstellung redundanter mikroskopischer Strukturen erhöht die Bearbeitungsdauer und widerspricht ab einem gewissen Umfang zeichnerischen Konventionen (3.5.3). Die Redundanz von Strukturen ist gemäß der Definition dann gegeben, wenn eine ähnliche Struktur mehr als zehnmal gezeichnet wird (7.13.2). Zwei Siebtklässlerinnen sowie alle vier Teilnehmende, die den Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes* bearbeitet haben, stellen einzelne Strukturen redundant dar.

Nathalie (S7C) fertigt von allen Schülerinnen und Schülern der siebten Jahrgangsstufe zwar am schnellsten ihre Zeichnung an, aber von den vier Minuten, die sie zur Erstellung der mikroskopischen Zeichnung benötigt, entfällt in der Summe mehr als eine Minute auf die Darstellung redundanter Strukturen (Abb. 9.17). Sie stellt eine Vielzahl an kleinen Kreisen und punktförmigen Strukturen innerhalb des Zellplasmas dar (Abb. 9.18). Zusätzlich bildet sie rechts unterhalb der eigenen Zeichnung eine weitere Ansammlung dieser Strukturen ab. Dies geht darauf zurück, dass die Schülerin Schwierigkeiten beim Verständnis der Aufgabenstellung zeigt (9.3.6). Auch Mara (S7F; Abb. 9.21) bildet eine Vielzahl redundanter Zellorganellen ab, obwohl dies in der Aufgabenstellung nicht vorgesehen ist. Für die Darstellung redundanter Strukturen benötigt sie eine halbe Minute. Damit entfallen etwa 9% der Bearbeitungsdauer auf diese Tätigkeit.

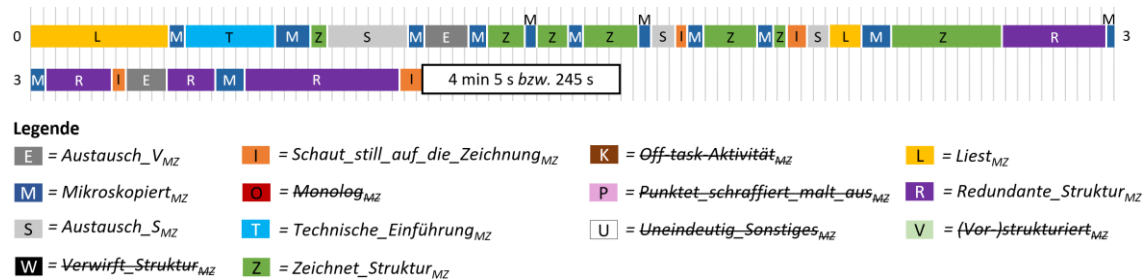


Abbildung 9.17 Abfolge der Tätigkeiten von Nathalie (S7C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Ebenso stellen Klara (S10.1A), Paul (S10.1B), Carolin (S10.1C) und Leah (S10.1D) redundante Strukturen in ihrer Zeichnung dar. Während Carolin (S10.1C) 23 Sekunden lang der Darstellung redundanter Strukturen nachgeht, nimmt sich Leah (S10.1D) dafür 52 Sekunden Zeit. Bei Leah (S10.1D) entfallen mehr als 13% der Bearbeitungsdauer auf die Darstellung redundanter Strukturen. Als einziger Schüler merkt Paul (S10.1B) rückblickend an, dass er viele ähnliche Strukturen dargestellt hat:

„Bei den Chloroplasten habe ich relativ viele eingezeichnet. Mir ist auch nicht aufgefallen, dass da zwischendrin noch etwas anderes ist wie Chloroplasten.“ (S10.1B, b9).

Die Darstellung redundanter Strukturen lässt sich unmittelbar am Produkt erkennen. Die Betrachtung des Zeichenprozesses lässt erkennen, wie lange sich die Lernenden dafür Zeit genommen haben.

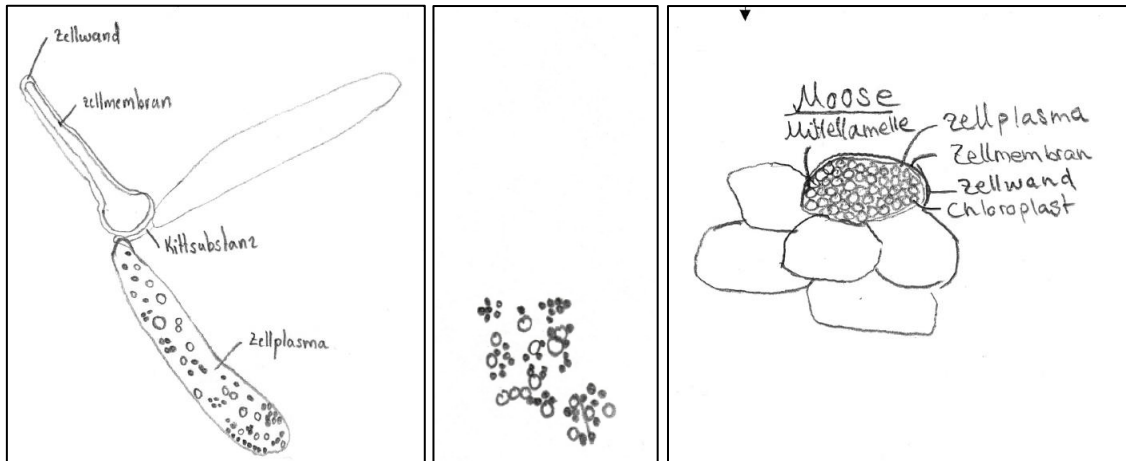


Abbildung 9.18 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Nathalie (S7C, links und Mitte) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* und von Carolin (S10.1C, rechts) zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)

Zwei Teilnehmende der siebten, drei Teilnehmende der achten und vier Teilnehmende der zehnten Jahrgangsstufe gehen optionalen Tätigkeiten nach. Darunter fällt in Abgrenzung zur Darstellung redundanter Strukturen das Ausmalen, Schraffieren oder Punkten von Strukturen. Abweichungen zwischen den hier identifizierten Schwierigkeiten und dem Beurteilungsergebnis des Kriteriums *Keine Schraffur, Punkten oder Ausmalen* (Anhang 9.5) ergeben sich dadurch, dass sich die kriteriale Beurteilung ausschließlich auf die fertige Zeichnung der Teilnehmenden bezieht (z. B. S10.1D). Wurden initial Strukturen gepunktet, dann jedoch wieder verworfen, fällt dies in der Prozessanalyse jedoch nicht in der Produktanalyse auf. Außerdem kam es in wenigen Fällen vor, dass eine optionale Tätigkeit außerhalb der primären Zeichentätigkeit stattfand: Isabelle (S7B) und Florian (S7E) schraffieren bzw. punkten ihre Zeichnungen erst nach Abschluss der ersten Zeichenaufgabe, also im Zuge der Beschriftung der Zeichnung, weshalb die Dauer dieser Tätigkeit nicht im Schülerprofil erfasst ist.

Tabelle 9.18 zeigt die Dauer der optionalen Tätigkeiten. Von allen Schülerinnen und Schülern nimmt sich Sophia (S8E) mit 87 Sekunden am längsten Zeit, um Zellorganellen und das Zellplasma zu punkten bzw. zu schraffieren. Von der gesamten Bearbeitungsdauer entfällt

ein Anteil von 23% auf die Ausführung optionaler Tätigkeiten. Sie benötigt 80 Sekunden, um die gesehenen mikroskopischen Strukturen zu zeichnen und damit weniger Zeit, als um diese zu schraffieren und zu punkten. Mit 77 Sekunden nimmt sich Nora (S8C) für die Ausführung optionaler Tätigkeiten ähnlich lange Zeit. Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen begründet Melinda (S10.2B) das Punkten von Strukturen mit ihrem fehlenden Fachwissen:

„Ich wusste nicht genau, was das im Zellkern war, die Punkte. Also habe ich einfach mal so Punkte gemacht, wusste aber nicht, ob das so richtig war und ob das so genau da hinsollte.“ (S10.2B, b18).

Tabelle 9.18 Dauer der optionalen Tätigkeit *Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}* während der ersten Aufgabenstellung in Sekunden (s)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*	
<i>Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}</i>	0	0	0	0	0	0	0	25	77	0	87	0	0	18	0	0	17	23	32	0	0	
Schwierigkeit		▪ ¹			▪ ¹			▪	▪		▪			▪			▪	▪				

Anmerkung. Die in den Fallbeschreibungen angeführten Belege (*) sind gekennzeichnet. Die hochgestellte Zahl ¹ zeigt an, dass die Ausführung der optionalen Tätigkeit außerhalb der ersten Aufgabenstellung erfolgt. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

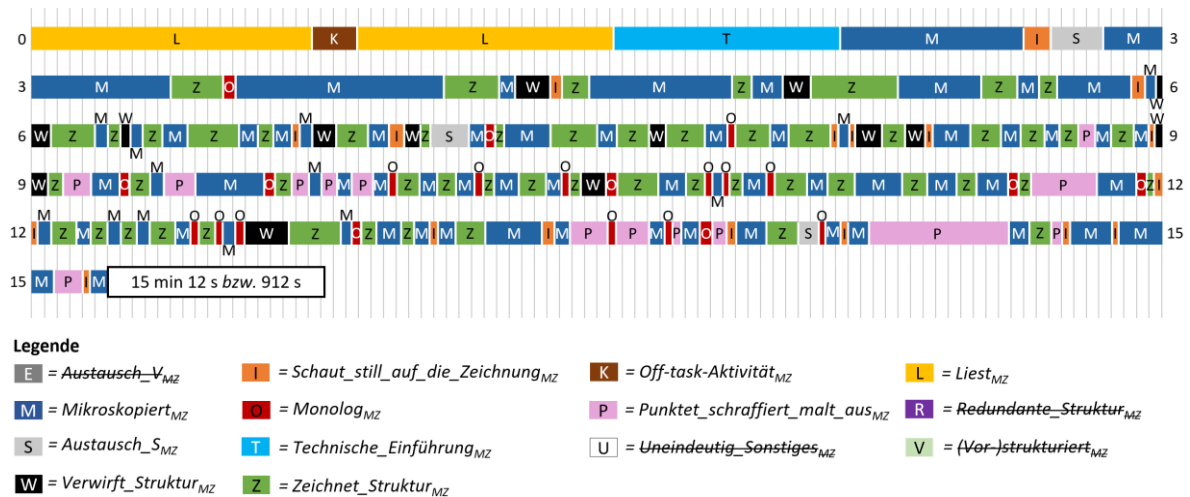


Abbildung 9.19 Abfolge der Tätigkeiten von Nora (S8C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Abbildung 9.20 zeigt die Zeichnung der mikroskopierten Amöbe von Sophia (S8E) sowie die des Laubmoosblättchens von Klara (S10.1A). In beiden Zeichnungen wird das Schraffieren, Punkten sowie Ausmalen von Zellstrukturen deutlich. Auch bei Lisa (S8B) und Hannah

(S10.2A; Abb. 9.14 in 9.3.2) sind diese optionalen Strukturen ersichtlich. Die hier vorgestellte Schwierigkeit lässt sich unmittelbar am Produkt ablesen. Allerdings erlaubt es nur die Betrachtung des Prozesses, herauszufinden, wie lange die Lernenden mit dieser Tätigkeit zugebracht haben. Die Selbstauskunft kann, wie im Fall von Melinda (S10.2B), zum Aufklären der Ursache der Ausführung optionaler Tätigkeiten beitragen.

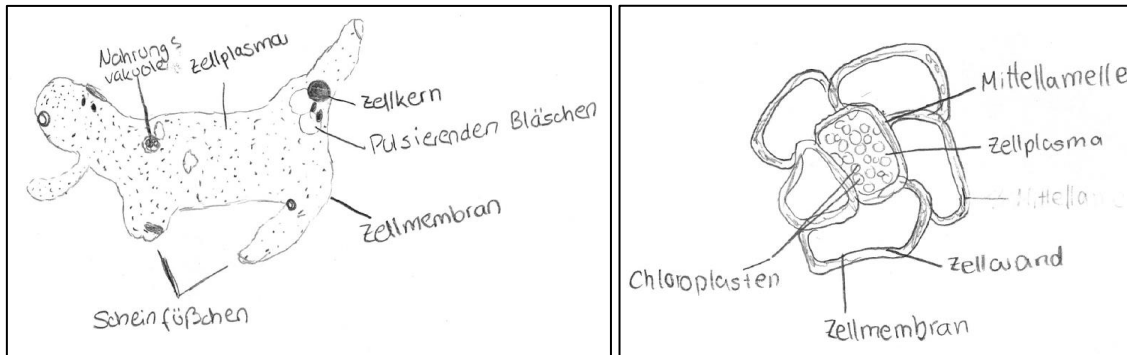


Abbildung 9.20 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Sophia (S8E, links) zum Kontext 8: *Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum* und von Klara (S10.1A, rechts) zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Kein angemessenes Abstraktionsmaß

Bei 14 Schülerinnen und Schülern zeigt sich, dass sie in ihren mikroskopischen Zeichnungen kein oder eher kein angemessenes Maß an Abstraktion realisieren. Die Beurteilung des Abstraktionsgrads überprüft, inwieweit das Kriterium *Abstraktionsgrad* (7.4.2) erfüllt ist, nämlich gar nicht (0 Punkte), in Ansätzen (1 Punkt), teilweise (2 Punkte), mehrheitlich (3 Punkte) oder vollständig (4 Punkte). Zeichnungen, bei denen die Kodierer zur Einschätzung 0 bis 2 Punkte kommen, werden dabei mit keinem oder nur einem bedingt geeigneten Maß an Abstraktion assoziiert und dieses nachfolgend als Schwierigkeit aufgefasst (Tabelle 9.19). Isabelle (S7B) erkennt retrospektiv selbst, dass ihre Zeichnung eher kein angemessenes Maß an Abstraktion aufweist (Abb. 9.21):

„Ich habe es nicht ganz so genau gemacht. Ich habe eher so Striche gezeichnet. Ich hätte es genauer zeichnen können, dass man das Zellplasma und die Membran gut erkennt. [...] Dass es etwas genauer ist und weniger abstrakt aussieht.“ (S7B, b22, b24).

Ebenso abstrahiert Mara (S7F) ihre Zeichnung sehr stark (Abb. 9.21). Dahingegen geht Jonas (S7D) bei der Erstellung seiner Zeichnung sehr kleinschrittig vor. Die fehlende Abstraktion wird sowohl retrospektiv als auch im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen deutlich:

„Erst so, dann dicker weiter [gemeint ist die Zellform], dann geht es zusammen, danach hier noch ein schmales Langes bis es auf den Großen trifft [gemeint sind die Zellen links oben im mikroskopischen Bild, die dreieckförmig verbunden sind] und von dem Punkt, wo sich die beiden treffen, weiter unten nach oben [unverständl.]. Eine ganz kleine

Welle [unverständl.]. [...] Dann ist hier noch so ein ganz Kleines, aber trotzdem dick. Hier ist noch eines durch. Hier geht jetzt Eines nach unten und das sollte normalerweise auf das treffen. [...] Das ist nämlich kürzer. [...] Hier ist noch eines, das leicht nach rechts geht. Und das Leichte ist nämlich nur eines." (S7D, a23).

Tabelle 9.19 Auszug aus der kriterialen Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen für das Kriterium *Abstraktionsgrad* (Anhang 9.5), die Ausprägungen 0 = gar nicht, 1 = in Ansätzen, 2 = teilweise, 3 = mehrheitlich, 4 = vollständig geben an, inwieweit das jeweilige Kriterium erfüllt wurde

	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G	S10.1A	S10.1B	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D
Abstraktionsgrad	4	2	2	2	1	0	3	3	3	2	2	0	2	3	0	1	2	4	4	2	1
Schwierigkeit		▪	▪	▪	▪	▪				▪	▪	▪	▪		▪	▪	▪			▪	▪

Anmerkung. Eine Schwierigkeit wird hinsichtlich des Abstraktionsgrads verzeichnet, wenn die Ausprägung des Kriteriums 0, 1 oder 2 beträgt. Die in den Fallbeschreibungen angeführten Belege (▪) sind gekennzeichnet.

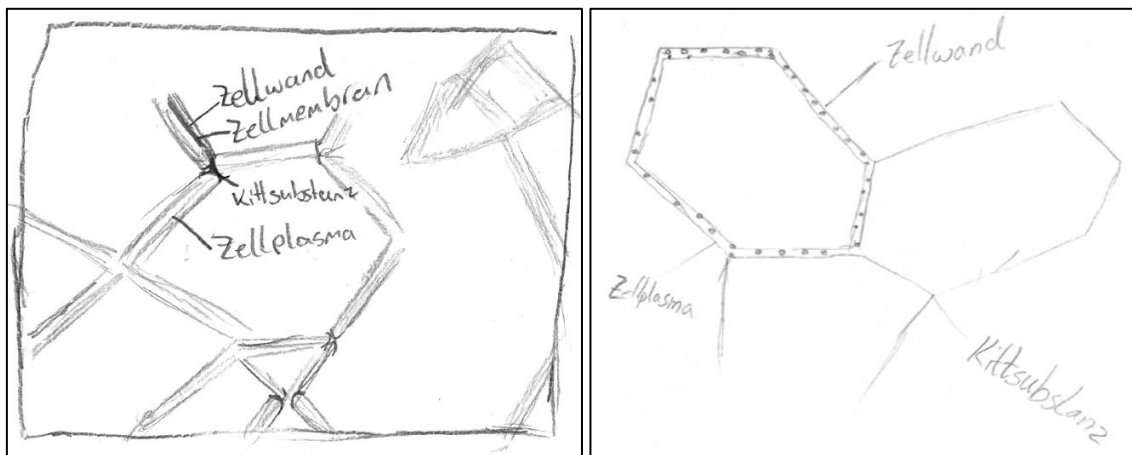


Abbildung 9.21 Ausschnitte aus den stark abstrahierten Zeichnungen von Isabelle (S7B, links) und Mara (S7F, rechts) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Das unterschiedliche Maß an Abstraktion steht in enger Verbindung mit der Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop. Abbildung 9.22 zeigt die Tätigkeitsabfolge bei geringem Abgleich mit dem Mikroskop am Beispiel von Mara (S7F) und bei häufigem Abgleich am Beispiel von Jonas (S7D) im Vergleich. Ebenso haben elf weitere Schülerinnen und Schüler – Nathalie (S7C), Florian (S7E), Johanna (S8D), Sophia (S8E), Emma (S8F), Ben (S8G), Paul (S10.1B), Carolin (S10.1C), Leah (S10.1D), Victoria (S10.2C) sowie Pablo (S10.2D) – Schwierigkeiten darin, einen angemessenen Abstraktionsgrad zu finden. Das Abstraktionsmaß der Zeichnung kann dabei unmittelbar am Produkt beurteilt werden. Die Betrachtung des Prozesses und die Selbstauskunft der Schülerinnen und Schüler (z. B. fehlende Vorerfahrungen) kann ebenfalls zur Aufklärung des fehlenden Abstraktionsmaßes beitragen.

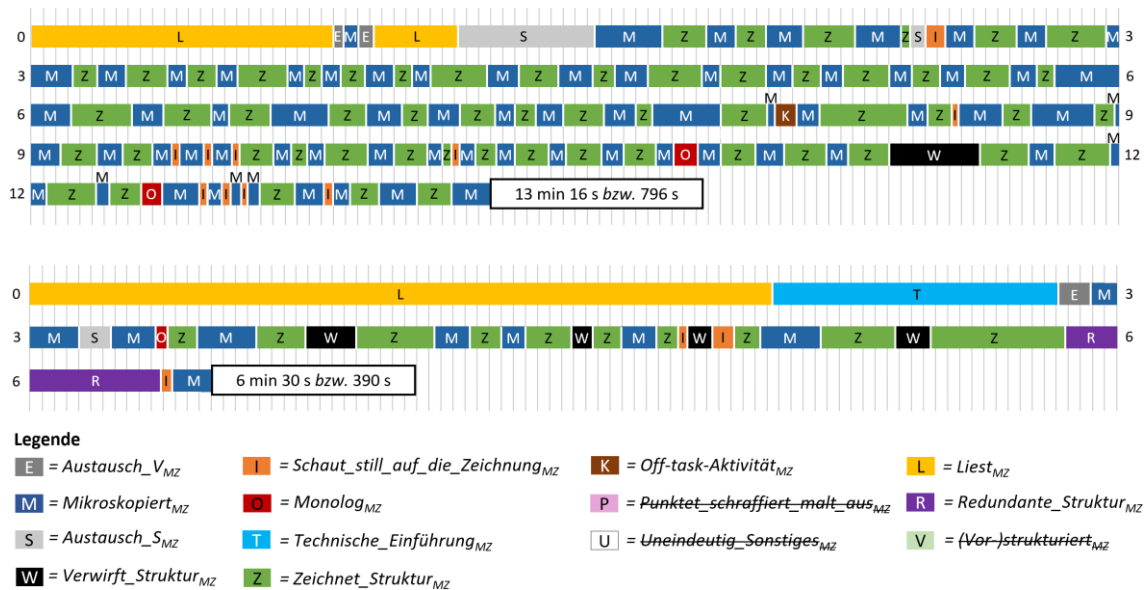


Abbildung 9.22 Abfolge der Tätigkeiten von Jonas (S7D, oben) und Mara (S7F, unten) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7D bzw. S7F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Uneindeutige Linienführung

Die Beurteilung der Linienführung erfolgte angelehnt an das gleichnamige Kriterium (7.4.2, Anhang 9.5). Die meisten Teilnehmenden – mit Ausnahme von Nathalie (S7C) und Melinda (S10.2B) – deuten die gezeichneten Strukturen lediglich durch eine Vielzahl dünner, gestrichelter oder sich überschneidender Linien an. Die Linienführung könnte bei allen Schülerinnen und Schülern präziser erfolgen, weshalb selbst die beiden zuvor genannten Schülerinnen hinsichtlich dieses Kriteriums nicht die maximale Punktzahl erreicht haben (Anhang 9.5). Beide hatten bei der Repräsentation der gesehenen Strukturen im Gegensatz zu den anderen Schülerinnen und Schülern jedoch insofern keine Schwierigkeiten, dass sie die mikroskopischen Strukturen mit weitestgehend durchgehenden Linien dargestellt haben. Abbildung 9.23 verdeutlicht die uneindeutige Linienführung am Beispiel von Laura (S7A). Parallel zur kleinschrittigen Darstellung gleicht Laura ihre Zeichnung sehr häufig (69-mal) mit dem mikroskopischen Original ab. Innerhalb des Kontexts mikroskopiert sie überdurchschnittlich lange ($T_{\text{Mikroskopiert}_{MZ}} = 269 \text{ s}$, $M = 143.7$, $SD = 108.3$) und zeichnet von allen Schülerinnen und Schülern in Summe am längsten ($T_{\text{Zeichnet_Struktur}_{MZ}} = 450 \text{ s}$, $M = 195.7$, $SD = 150.5$). Abbildung 9.24 veranschaulicht ergänzend ihr kleinschrittiges Vorgehen und den häufigen Wechsel zwischen Phasen des Zeichnens und Mikroskopierens.



Abbildung 9.23 Ausschnitt aus der Zeichnung von Laura (S7A) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* (vgl. Anhang 7)

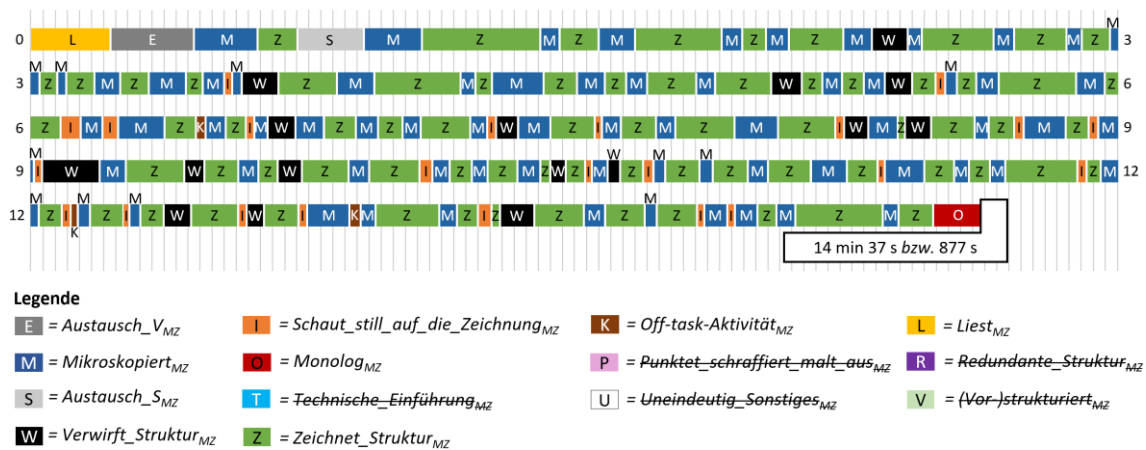


Abbildung 9.24 Abfolge der Tätigkeiten von Laura (S7A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Isabelle (S7B) erkennt retrospektiv, dass die teilweise gestrichelt vorgenommene Linienführung die Differenzierung zwischen den einzelnen Strukturen erschwert:

„Ich habe es nicht ganz so genau gemacht. Ich habe eher so Striche gezeichnet. Ich hätte es genauer zeichnen können, dass man das Zellplasma und die Membran gut erkennt.“ (S7B, b22).

Nora (S8C) verdeutlicht im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen, dass sie dünne Linien zeichnet, wenn sie bei der Darstellung der Strukturen unsicher ist:

„Ich mach es immer so, dass ich halt nicht so fest draufdrücke, wenn ich mir nicht so sicher bin. Ich mache nie ganz durchgezogene Linien, sondern eher so gestrichelte [...]“. (S8C, a15)

Sophia (S8E) benennt bereits im Vorfeld zwei Regeln, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Sie bringt jedoch zum Ausdruck, dass sie dem Hinweis der Lehrkraft nicht nachkommt und Strukturen gestrichelt darstellt. Während des Zeichnens strichelt sie folglich die Zellmembran der Amöbe und deutet diese stellenweise nur durch dünne Linien an:

„Keine gestrichelten Linien. Man sollte nicht mit Füller zeichnen, sondern eben mit Bleistift. [...] Ich zeichne immer ein bisschen gestrichelt. Unsere Lehrerin meinte, man soll das nicht.“ (S8E, a15, a13).

Eine uneindeutige Linienführung lässt sich unmittelbar am Zeichenprodukt oder im Prozess erkennen, jedoch zeigen nur Rückfragen, inwiefern Schülerinnen und Schüler mit zeichnerischen Konventionen vertraut sind bzw. wie sie ihr eigenes Vorgehen einschätzen.

Verwendung von Farbe

Für die Anfertigung mikroskopischer Zeichnungen wird häufig darauf verwiesen, dass dafür nur Bleistift zu verwenden ist und keine farbigen Stifte, Kugelschreiber, Füller oder ähnliches (3.5.3). Dieser Aspekt bezieht sich auf das Kriterium *Verwendung von Bleistift* (7.4.2). Alle Schülerinnen und Schüler verwenden zur Darstellung der mikroskopischen Strukturen ausschließlich Bleistift. Lediglich Melinda (S10.2B) umrandet zusätzlich mit einem Kugelschreiber die gezeichneten Schließzellen in ihrer Zeichnung. Wie in Unterkapitel 5.10.2 beschrieben, standen den Teilnehmenden Bleistifte und Kugelschreiber zur Verfügung, jedoch keine Buntstifte. Trotzdem waren sich Melinda (S10.2B) und Pablo (S10.2D) unsicher, ob sie die angefärbten Zellkerne, die im Mikroskop rosa erscheinen, farbig darstellen sollen:

„[...] und dann ist innendrin nochmal etwas Pinkfarbenes [gemeint ist der Zellkern der jeweiligen Schließzelle]. Jetzt nicht farbig machen, oder?“ (S10.2B, b3);

„Bunt soll ich nicht zeichnen, oder?“ (S10.2D, a34).

Zweifelsohne lässt sich die Verwendung von Farbe unmittelbar an der Zeichnung der Schülerinnen und Schüler erkennen, doch die Unsicherheiten bzgl. der farbigen Darstellung von Strukturen werden im Prozess deutlich.

Zellen grenzen nicht natürlich aneinander

Die Beurteilung der Zellform erfolgte mit Hilfe des Kriteriums *objektive Darstellung* (7.4.2). Dabei wurde sowohl berücksichtigt, inwiefern die Zellen natürlich aneinandergrenzen als auch, ob diese Zellen geschlossen dargestellt sind. Letzteres wird im nachfolgenden Abschnitt separat dargestellt.

Während die Schülerinnen und Schüler der siebten und achten Jahrgangsstufe bedingt durch die beiden Kontexte (7: Wassernetz, 8: Amöbe) nicht in Berührung mit vollständig aneinandergrenzenden Zellen kommen, zeigen alle Teilnehmenden, die einen Ausschnitt des Laubmoosblättchens zeichnen (Kontext 10.1), Schwierigkeiten bei der Darstellung der aneinandergrenzenden Zellen. Beim Zeichnen des Epidermisausschnitts der Tulpe (Kontext 10.2) hatte nur Pablo (S10.2D) Schwierigkeiten, die Zellen angemessen abzubilden (Abb. 9.25). Die Epidermiszellen grenzen weder aneinander noch an die benachbarten Schließzellen an. Die von Paul (S10.1B) und Leah (S10.1D) gezeichneten Zellen sind deformiert (Abb. 9.25). In der Literatur wird diese Form häufig als Dachziegel-Struktur bezeichnet (vgl. z. B. Stahl-Biskup & Reichling, 2015). Diese Darstellungsform widerspricht gängigen zeichnerischen Konventionen (7.4.2, Anhang 2.3) und verhindert, dass die Zellen in der Zeichnung natürlich aneinandergrenzen.

Auch Klara (S10.1A; Abb. 9.20) und Carolin (S10.1C; Abb. 9.31) haben Schwierigkeiten bei der Darstellung natürlich aneinandergrenzender Zellen. Klara (S10.1A) merkt jedoch als einzige Schülerin retrospektiv damit verbundene Darstellungsschwierigkeiten an:

„Darzustellen, wie die Zellen aneinander liegen, weil man das im Mikroskop auch nicht zu 100% gesehen hat.“ (S10.1A, b18).

Bezogen auf die untersuchten Fälle, lassen sich nicht natürlich aneinandergrenzende Zellen am Zeichenprodukt erkennen.

Zellen nicht geschlossen dargestellt

Wie im vorherigen Absatz beschrieben, umfasst das Kriterium *objektive Darstellung* auch die geschlossene Darstellung von Zellen (7.4.2). Insgesamt stellen vier Teilnehmende der siebten Jahrgangsstufe (S7A, S7B, S7D, S7F) und fünf Teilnehmende der zehnten Jahrgangsstufe (S10.1A-C, S10.2C, S10.2D) einzelne Zellen nicht geschlossen dar. Ein Teil der nicht geschlossen dargestellten Zellen ist dabei das Resultat einer uneindeutigen bzw. gestrichelten Linienführung (Abb. 9.25). Die nicht geschlossene Darstellung der Zellen zeigt sich auch in den bereits zuvor angeführten Zeichnungen von Laura (S7A), Isabelle (S7B), Mara (S7F), Klara (S10.1A) und Carolin (S10.1C). Die Beurteilung, inwiefern die Zellen geschlossen sind, kann unmittelbar am Produkt erfolgen.

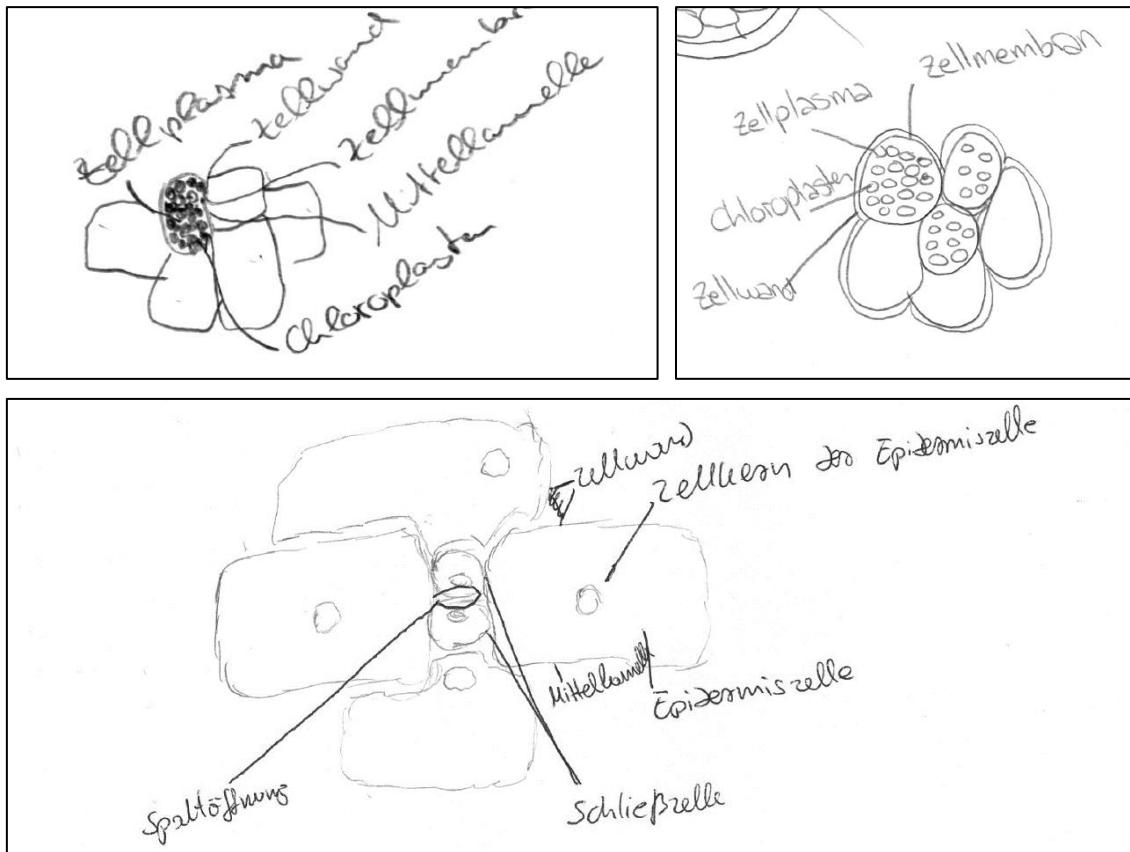


Abbildung 9.25 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Paul (S10.1B, links oben) und Leah (S10.1D, rechts oben) zum Kontext 10.1: Moose – Wasserspeicher des Waldes und von Pablo (S10.2D, unten) zum Kontext 10.2: Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen? (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

9.3.4 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis

Die Gruppe der Schwierigkeiten in Folge von Kontrollversäumnis umfasst: *Beschriftung trotz Vorlage unvollständig** ($n = 7$), *Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur** ($n = 11$), *Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien* ($n = 3$), *Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt* ($n = 4$), *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung* (potenzielle Schwierigkeit¹), *Struktur(en) teilweise falsch beschriftet** ($n = 15$), *Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet* ($n = 4$) und *Vorgabe des Bildausschnitts nicht beachtet* ($n = 11$). Wie die folgenden Fallbeispiele zeigen werden, finden sich für die Mehrheit der vorgestellten Schwierigkeiten sowohl im Produkt als auch im Prozess sowie teilweise in der Selbstauskunft Belege.

¹ Erläuterung erfolgt im Abschnitt *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung*.

* Die mit einem Stern gekennzeichneten Kategorien beziehen sich auf die Beurteilungskriterien *Beschriftung* und *Beschriftungslinien* bzw. *Vollständigkeit der Strukturen* (7.4.2).

Beschriftung trotz Vorlage unvollständig

Nach dem Zeichnen der im Mikroskop gesehenen Strukturen im Zuge der ersten Aufgabenstellung sind die Schülerinnen und Schüler während der zweiten Aufgabenstellung dazu angehalten, ihre Strukturen unter Zuhilfenahme einer Vorlage zu beschriften (5.2.5, Anhang 2). Trotz dieser Vorlage gelingt es sieben Teilnehmenden nicht, alle Strukturen in ihrer Zeichnung vollständig zu beschriften. Bei Manchen, die die Beschriftung vollständig vornehmen, lässt sich die Nutzung von Kontrollstrategien beobachten, d. h. sie überprüfen abschließend anhand der Vorlage, ob sie alle vorgegebenen Begriffe in ihre Zeichnung übertragen haben, beispielsweise durch Abzählen. Bei den Teilnehmenden, die die Beschriftung unvollständig vornehmen, ist dies nicht der Fall. Leah (S10.1D) verdeutlicht, dass sie absichtsvoll die Beschriftung eines auf der Vorlage genannten Begriffs – die Mittellamelle – auslässt:

„Die Zellmembran findet man hier und das Zellplasma der Zelle befindet sich im Inneren der ganzen Zelle und auch um die Chloroplasten herum. Die Mittellamelle findet man in meiner Zeichnung nicht, egal.“ (S10.1D, a35).

Florian (S7E) und Mara (S7F) differenzieren nicht zwischen der Zellwand und der Zellmembran und nehmen im Zuge der zweiten Aufgabenstellung keine Beschriftung der Zellmembran vor und das, obwohl zumindest Florian (S7E) nachträglich weitreichende Änderungen an der Zeichnung vornimmt. Nora (S8C) und Johanna (S8D) stellen in ihrer Zeichnung zwar Pulsierende Bläschen dar, vergessen jedoch deren Beschriftung. Ben (S8G) vergisst wiederum die Beschriftung der Zellmembran. In Pablos (S10.2D) Zeichnung fehlt die Beschriftung der Zellmembran und der Mittellamelle. Die Beurteilung der Vollständigkeit der Beschriftung erfolgt anhand der fertigen Zeichnung der Schülerinnen und Schüler. Wie die Aussage von Leah (S10.1D) zeigt, kann der Prozess Hinweise dazu liefern, weshalb die Beschriftungen einzelner Begriffe entfällt.

Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur

Bei elf Schülerinnen und Schülern grenzen einzelne Beschriftungslinien teilweise nicht an die zu bezeichnende Struktur, d. h. diese enden entweder vor der Struktur oder ragen über diese hinaus. Beispielsweise grenzen bei Victoria (S10.2C) und Pablo (S10.2D) die Beschriftungslinien des Zellkerns der Epidermiszelle nicht an die Struktur (Abb. 9.26). Bei Ben (S8G) grenzen weder die Beschriftungslinie des Scheinfußes noch die der Nahrungsvakuole an die zu bezeichnenden Strukturen. Außerdem ist das Pulsierende Bläschen bei ihm nicht dargestellt und die Beschriftungslinie des Pulsierenden Bläschens endet im Zellplasma. Schwierigkeiten bei der Beschriftung zeigen sich auch bei Isabelle (S7B), Jonas (S7D), Mara (S7F),

Nora (S8C), Sophia (S8E), Klara (S10.1A), Carolin (S10.1C) und Hannah (S10.2A). Die Verortung der Beschriftungslinien lässt sich am Zeichenprodukt prüfen.

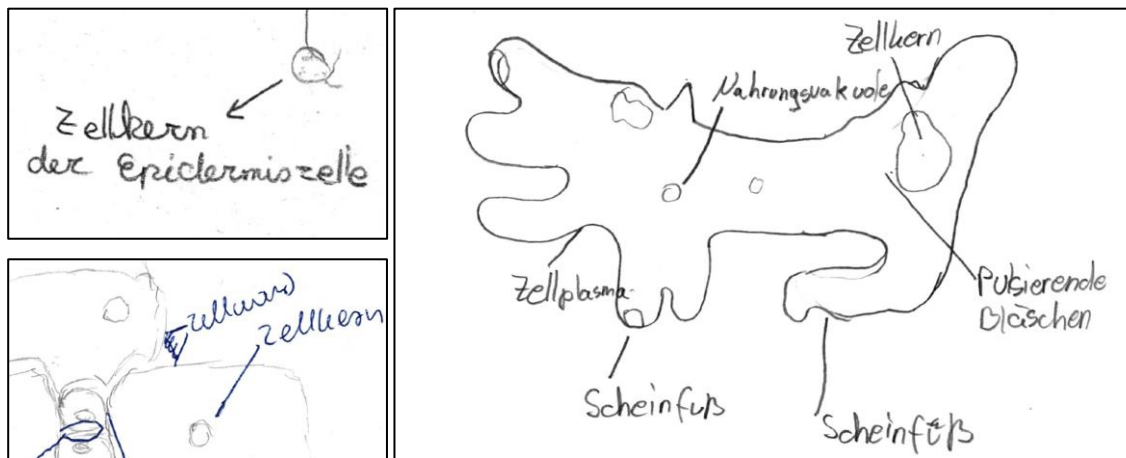


Abbildung 9.26 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Victoria (S10.2C, links oben) und Pablo (S10.2D, links unten) zum Kontext 10.2: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?* und von Ben (S8G, rechts) zum Kontext 8: *Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien

Drei Schülerinnen haben im Zuge der Fragen zur Vorerfahrung ihnen bekannte Regeln bzw. Gütekriterien angeführt, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Diese haben sie während des Zeichnens jedoch teilweise missachtet oder konnten sie nicht umsetzen. Dafür finden sich sowohl im Produkt, im Prozess und in der Selbstauskunft der Lernenden Anhaltspunkte. So macht Laura (S7A) im Vorfeld deutlich, dass ihre Lehrkraft ihnen erklärt hat, dass es bei der Anfertigung einer mikroskopischen Zeichnung darauf ankommt, die Größenverhältnisse der gezeichneten Strukturen zu beachten und nur das einzuzichnen, was unter dem Mikroskop erkennbar ist. Nach eigener Einschätzung gelingt es ihr nicht, die Größenverhältnisse der Strukturen in ihrer Zeichnung angemessen abzubilden. Das Nichteinhalten der bereits bekannten Gütekriterien steht in ihrem Fall in Verbindung mit der Übertragung der im Mikroskop gesehenen Proportionen:

„Mir ist auch aufgefallen, dass ich nach außen hin immer größer gezeichnet habe, dann habe ich versucht, das in der Mitte nochmal etwas anzupassen. Das hat nicht so geklappt. Ich habe nicht immer den Maßstab eingehalten [...]. Ich bin von innen nach außen vorgegangen. [...] Den Maßstab immer beizubehalten und dieses Dick und Dünn. Ich glaube, das habe ich auch nicht so wirklich geschafft. [...] Es war auch schwer, die verschieden darzustellen und zu schauen, wie die zusammenhängen, wie die Enden bzw. Anfänge aufeinandertreffen.“ (S7A, b15, b17).

Wie im Abschnitt zur uneindeutigen Linienführung (9.3.3) bereits deutlich wurde, hält sich auch Sophia (S8E) nur an einen Teil der im Vorfeld benannten Regeln bzw. Gütekriterien

des Zeichnens. Obwohl ihre Lehrerin den Hinweis gegeben hat, keine Linien zu stricheln, entscheidet sie sich dafür, dies dennoch zu tun. Insbesondere im Bereich der Zellmembran der Amöbe strichelt sie weitreichend (Abb. 9.20 in 9.3.3):

„Regeln kenne ich nicht so wirklich. Ich zeichne immer ein bisschen gestrichelt. Unsere Lehrerin meinte, man soll das nicht. Man soll es groß genug zeichnen, dass man auch alles erkennt.“ (S8E, a13).

Auf die Frage, welche Regeln des Zeichnens Emma (S8F) kennt, antwortet sie:

„Ruhig und geordnet rangehen [...] allgemein vorsichtig arbeiten, außerdem sehr ordentlich zeichnen.“ (S8F, a15).

Entgegen dieser Aussage nimmt sich Emma, im Vergleich zu den teilnehmenden Schülerinnen und Schülern der achten Jahrgangsstufe, für die Anfertigung ihrer Zeichnung am wenigsten Zeit ($T_{Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}} = 265\text{ s}$, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Auch betrachtet sie das mikroskopische Präparat im Umfang von 38 Sekunden von allen Schülerinnen und Schülern am kürzesten ($T_{Mikroskopiert_{MZ}} M = 138.1\text{ s}$, $SD = 96.0$). Insgesamt blickt sie nur dreimal durch das Mikroskop ($AH_{Mikroskopiert_{MZ}} = 3$, $M = 29.9$, $SD = 18.3$; Abb. 9.27). Ihre Zeichnung entspricht nur in Ansätzen dem mikroskopischen Original (Abb. 9.28).

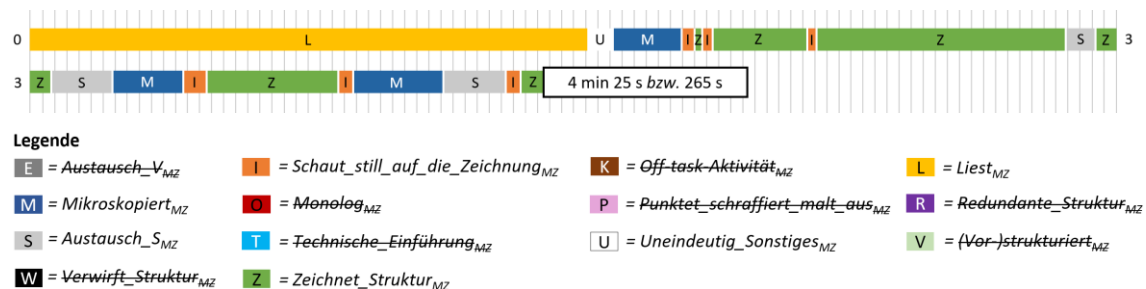


Abbildung 9.27 Abfolge der Tätigkeiten von Emma (S8F) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.



Abbildung 9.28 Ausschnitt aus der Zeichnung von Emma (S8F, links) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum im Vergleich zum mikroskopischen Objekt (rechts), das der Schülerin vorlag (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnung)

Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt

Wie bereits im vorherigen Abschnitt deutlich wurde, blickt Emma (S8F) nur dreimal durch das Mikroskop und gleicht ihre Zeichnung innerhalb des Kontexts von allen Schülerinnen und Schülern am kürzesten mit dem mikroskopischen Präparat ab. Auf die Frage, was ihr schwer gefallen ist, bezieht sie sich auf den Abgleich zwischen Mikroskop und Zeichnung:

„Ja, gleichzeitig in das Mikroskop zu gucken, weil manchmal vergesse ich das.“ (S8F, a49).

Auch Mara (S7F, achtmal), Paul (S10.1B, sechsmal; Abb. 9.29) und Carolin (S10.1C, viermal) betrachten das mikroskopische Präparat neben dem Zeichnen nur selten. Ihre Darstellungen weichen in dieser Folge stark vom Original ab. Paul (S10.1B) erkennt dies und merkt retrospektiv an:

„Ich würde genauer zeichnen und mir nochmal länger die Sachen angucken und aufmerksamer sein.“ (S10.1B, b23).

Auch Nathalie (S7C) und Klara (S10.1A) setzen sich verhältnismäßig kurz mit dem mikroskopischen Präparat auseinander, gleichen allerdings häufiger zwischen Zeichnung und Präparat ab als Mara (S7F), Emma (S8F), Paul (S10.1B) oder Carolin (S10.1C). Hannah (S10.2A; Abb. 9.29) wiederum mikroskopiert deutlich frequenter und mehr als doppelt so lange als die zuvor genannten Teilnehmenden ($T_{\text{Mikroskopiert}_{MZ}} = 105 \text{ s}$, $M = 102.8$, $SD = 6.3$), dennoch merkt sie retrospektiv bezogen auf künftige Zeichenanlässe an:

„Ich würde schauen, dass ich es genauer mache und vielleicht etwas öfters durch das Mikroskop schauen, dass alles etwas besser aussieht.“ (S10.2A, b23).

Der seltene oder unregelmäßige Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt bestätigt sich bei der Betrachtung des Prozesses sowie im Zuge der retrospektiven Selbstauskunft.

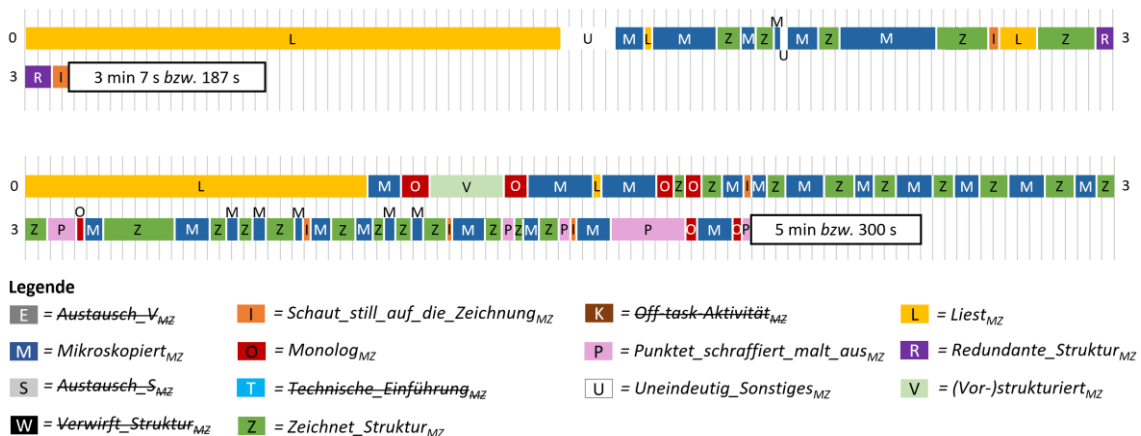


Abbildung 9.29 Abfolge der Tätigkeiten von Paul (S10.1B, oben) und Hannah (S10.2A, unten) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1B bzw. S10.2A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Seltene Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung

Das seltene Überblicken und Kontrollieren der eigenen Zeichnung bezieht sich auf die Variable $T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ (7.13.5, Anhang 9.7). Sie steht für die Dauer der Tätigkeit, während der die Teilnehmenden auf die eigene Zeichnung schauen, ohne dabei zu reden, zu lesen oder sonstigen Tätigkeiten nachzugehen. Die Dauer dieser Tätigkeit ist bei den Schülerinnen und Schülern unterschiedlich umfangreich und reicht von 3 bis 38 Sekunden. Insgesamt überblicken sieben Schülerinnen und Schüler weniger als 10 Sekunden lang die eigene Zeichnung (Tab. 9.20). Im Vergleich zu den Ablaufdiagrammen nehmen sich die Teilnehmenden bei den mikroskopischen Zeichnungen durchschnittlich deutlich weniger Zeit, um die eigene Zeichnung zu überblicken (9.2.4). Auch hinsichtlich der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen existiert kein Schwellenwert, an dem zu geringes Überblicken bzw. Kontrollieren der eigenen Zeichnung zu einer Schwierigkeit wird. Es ist jedoch davon auszugehen, dass ein sehr seltenes Kontrollieren der eigenen Zeichnung ebenso wie der seltene Abgleich mit dem Mikroskop (vgl. Fall Emma, S8F, in den beiden vorausgegangenen Abschnitten) die Qualität der Zeichnung beeinträchtigt. Vor diesem Hintergrund wird das seltene Überblicken bzw. Kontrollieren der eigenen Zeichnung als potenzielle Schwierigkeit eingestuft, die sich im Zeichenprozess zeigt.

Tabelle 9.20 Ausprägung der Variable $T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ im Konstruktionsprozess der mikroskopischen Zeichnungen in Sekunden (s)

	S7A	S7B	S7C	S7D*	S7E*	S7F	S8A	S8B	S8C	S8D	S8E	S8F	S8G*	S10.1A	S10.1B*	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D*
s	35	35	12	14	7	7	8	23	27	17	8	14	13	3	5	12	23	4	11	32	38

Anmerkung. Die männlichen Teilnehmenden sind mit einem Stern-Symbol (*) gekennzeichnet.

Struktur(en) falsch beschriftet

Im Zuge der zweiten Aufgabenstellung (5.2.5) beschrifteten 15 der 21 Schülerinnen und Schüler vereinzelt Strukturen falsch. Die Teilnehmenden der achten Jahrgangsstufe vertauschen teilweise die Beschriftungen der beiden Begriffe Nahrungsvakuole und Pulsierendes Bläschen, obwohl das Pulsierende Bläschen sowohl im mikroskopischen Präparat als auch in der beschrifteten Vorlage einen etwa dreifachen Durchmesser hat und blasser erscheint. Lisa (S8B) verwechselt einen die Amöbe überlagernden länglichen Einzeller mit dem Pulsierenden Bläschen (Abb. 9.30, links) und merkt retrospektiv auf die Frage, was ihr schwer fiel, an: „Zu beschriften, was wie heißt.“ (S8B, a46). Johanna (S8D) beschriftet eines der beiden Pulsierenden Bläschen mit dem Begriff Nahrungsvakuole (Abb. 9.30, Mitte).

Dahingegen beschriftet Ben (S8G) das Pulsierende Bläschen zwar an der richtigen Stelle, jedoch ohne die zugehörige Struktur einzuzeichnen (Abb. 9.30, rechts).

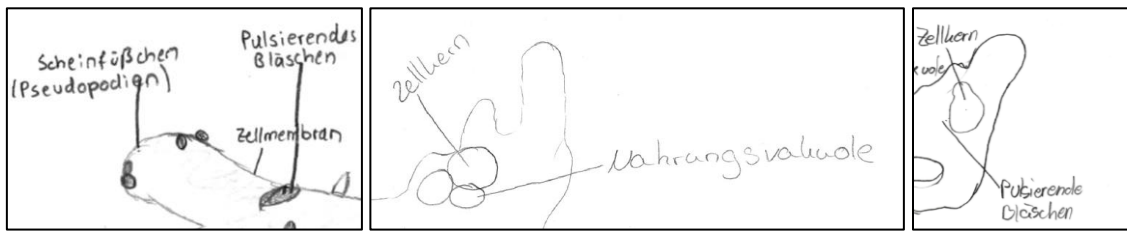


Abbildung 9.30 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Lisa (S8B, links), Johanna (S8D, Mitte) und Ben (S8G, rechts) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnung)

Bei den Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe (S10.1A-D, S10.2A-D) erfolgt die falsche Beschriftung vor allem im Bereich der Zellwand, der Zellmembran oder der Mittellamelle. Dies ist im Wesentlichen darauf zurückzuführen, dass eine zeichnerische Differenzierung zwischen den genannten Strukturen nicht oder nur teilweise erfolgt (Abb. 9.31). Dabei wird dieselbe Struktur teilweise mit unterschiedlichen Begriffen beschriftet. Neben den bereits genannten Schülerinnen und Schülern beschrifteten auch Isabelle (S7B), Jonas (S7D), Nora (S8C) und Emma (S8F) einzelne Strukturen falsch. Die individuellen Fehler bei der Beschriftung sind in der jeweiligen Fallbeschreibung dargestellt.

Die Beispiele konnten zeigen, dass die Identifikation falsch beschrifteter Strukturen unmittelbar am Zeichenprodukt erfolgen kann. Auch bestätigen sich in Lisas (S8B) Selbstauskunft die Schwierigkeiten bei der Beschriftung der Strukturen.

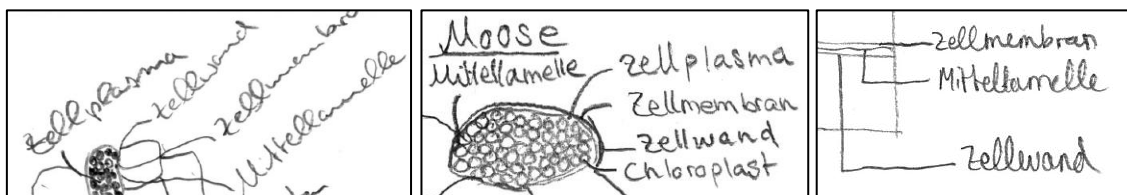


Abbildung 9.31 Ausschnitte aus den Zeichnungen von Paul (S10.1B, links) und Carolin (S10.1C, Mitte) zum Kontext 10.1: Moose – Wasserspeicher des Waldes sowie von Hannah (S10.2A, rechts) zum Kontext 10.2: Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen? (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet

Vier Teilnehmende beachten bei der Anfertigung der Zeichnung einen Teil der Aufgabenstellung nicht (5.2.5, Anhang 2, Anhang 4). Nathalie (S7C) und Mara (S7F) stellen in ihren Zeichnungen zum Kontext 7: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen Zellorganellen dar, obwohl dies in der Aufgabenstellung nicht vorgesehen ist („Zeichne keine Zellorganellen ein.“, Anhang 2.1). Während der mündlichen Reflexionsfragen beschreibt Nathalie (S7C) ihr Vorgehen rückblickend wie folgt:

„Ich habe zuerst eine grobe Struktur [die Zellwand] gemalt, so wie ich es gesehen habe und dann habe ich in die Zelle geschaut, wie es innen drin aussieht mit den Punkten.“
(S7C, a43).

Den Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes* betreffend, missachten auch Carolin (S10.1C) und Leah (S10.1D) einen Teil der Aufgabenstellung. Carolin (S10.1C) stellt initial nur eine einzige Zelle dar. Ihr fällt erst nach einem Hinweis des Versuchsleiters auf, dass sie gemäß der Aufgabenstellung insgesamt sechs aneinandergrenzende Zellen darstellen soll (vgl. *Wesentliche Hilfestellungen wurden gegeben*; 9.3.6). Die Schülerin fügt ihrer Zeichnung daraufhin fünf weitere angrenzende Zellen hinzu. Retrospektiv merkt sie als Verbesserungspotential an:

„Ja, direkt die fünf weiteren Zellen zeichnen. [...] Genauer die Aufgabe lesen.“
(S10.1C, a48, a50).

Leah (S10.1D) zeichnet wiederum in drei der sechs Zellen Chloroplasten ein. Die Aufgabenstellung sieht jedoch vor, dass nur in einer einzigen Zelle Chloroplasten dargestellt werden. Die Beispiele illustrieren, dass die Nichtbeachtung eines Teils der Aufgabenstellung sowohl am Produkt als auch im Prozess sichtbar werden kann.

Vorgabe des Bildausschnitts nicht beachtet

Bei den Aufgabenstellungen der Kontexte 7, 10.1 und 10.2 ist jeweils der zu zeichnende Ausschnitt des Sichtfelds des Mikroskops rechts unterhalb der Aufgabenstellung vorgegeben (Anhang 2). Abbildung 9.32 verdeutlicht am Beispiel von Jonas (S7D) die Abweichung zwischen dargestelltem und vorgegebenem Bildausschnitt. Er stellt ebenso wie Laura (S7A), Isabelle (S7B) und Mara (S7F) mehr dar, als im zu zeichnenden Ausschnitt des Sichtfelds zu sehen ist. Lediglich Nathalie (S7C) zeichnet weniger Strukturen, als im Bildausschnitt zu erkennen sind (Abb. 9.18 in 9.3.3).

Bei allen Teilnehmenden, die Kontext 10.1 bearbeitet haben, weichen die abgebildeten Zellen von dem gemäß der Aufgabenstellung zu zeichnenden Bildausschnitt ab (Abb. 9.33). Klara (S10.1A) merkt retrospektiv an, dass sie sich nicht am vorgegebenen Bildausschnitt orientiert hat:

„Ich habe gar keinen Ausschnitt gewählt, ich habe einfach ungefähr geschaut, wie die aussehen.“ (S10.1A, b20).

Melinda (S10.2B) zeichnet zu Beginn einen deutlich größeren Ausschnitt des mikroskopischen Präparats der Tulpe, als in der Aufgabenstellung vorgegeben ist. Als ihr dies auffällt, korrigiert sie ihre Zeichnung, indem sie Strukturen, die außerhalb des Bildausschnitts liegen, ausradiert. Damit geht eine erhöhte Bearbeitungsdauer der Aufgabenstellung einher. Ihr Vorgehen kommentiert sie retrospektiv wie folgt:

„Ich habe erstmal vergessen, den Ausschnitt genau anzuschauen. [...] Und weil ich gemerkt habe, dass es im Ausschnitt anders ist, habe ich nochmal die andere Hälfte, also die andere Epidermiszelle gezeichnet und die andere Schließzelle wegradiert.“ (S10.2B, b16).

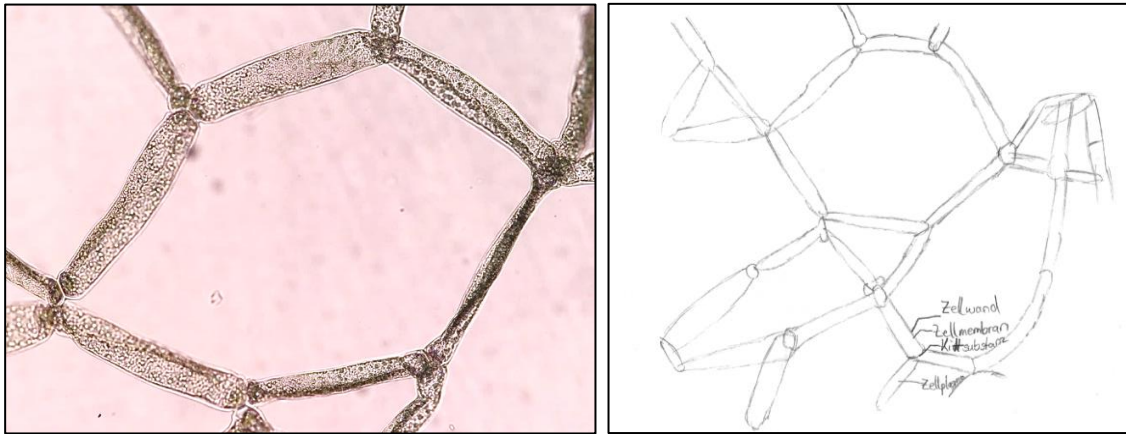


Abbildung 9.32 Zu zeichnender Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung und Zeichnung von Jonas (S7D) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnung)

Auch Pablo (S10.2D) zeichnet mehr Zellstrukturen, als im Bildausschnitt der Aufgabenstellung vorgegeben sind. Seine Zeichnung korrigiert er im Gegensatz zu Melinda (S10.2B) jedoch abschließend nicht, da er, wie am Ende des lauten Denkens deutlich wird (Anhang 7), die Abweichung zum vorgegebenen Bildausschnitt nicht erkennt. Weitere Beispiele für die Nichtbeachtung des vorgegebenen Bildausschnitts finden sich bei Carolin (S10.1C) und Leah (S10.1D). Ausschnitte ihrer Zeichnungen sind in Abb. 9.33 dargestellt. Die fehlende Berücksichtigung des in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitts lässt sich unmittelbar an der Zeichnung – dem Produkt – festmachen, insofern etwaige Abweichungen nicht, wie im Fall von Melinda (S10.2B), während der Bearbeitung korrigiert wurden. Auch die Selbstauskunft kann Hinweise zur Missachtung des Bildausschnitts liefern.

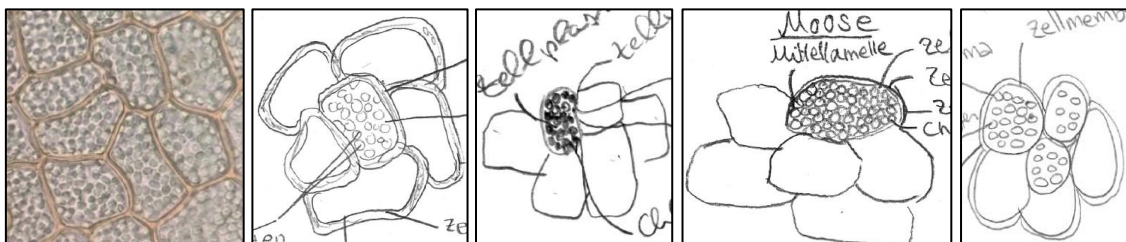


Abbildung 9.33 Zu zeichnender Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung und Zeichnungen der Teilnehmenden S10.1A bis S10.1D von links nach rechts zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnungen)

9.3.5 Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung

Im Gegensatz zu den Ablaufdiagrammen, wird auf der Seite der mikroskopischen Zeichnungen dieser Kategorie nur eine Schwierigkeit untergeordnet: *Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt* ($n = 4$).

Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt

Diese Schwierigkeit lässt sich bei vier Teilnehmenden aus der Abweichung der Selbsteinschätzung zu den objektiven Resultaten (z. B. Gesamtpunkte bei der kriterialen Beurteilung, Bearbeitungsdauer; Anhang 9.5, Anhang 9.7) erkennen. Während die meisten Teilnehmenden zumindest einige der eigenen Fehler oder Schwierigkeiten beim Zeichnen benennen können, erkennt Mara (S7F) diese nicht. Auf die Frage, was ihr schwergefallen ist, entgegnet sie: *„Eigentlich nichts.“* (S7F, a46) und auf die Frage, ob sie beim nächsten Mal etwas anders machen würde: *„Ich glaube nicht.“* (S7F, a51). Mit ihrer Zeichnung erreicht sie innerhalb des Kontexts mit 47.2% der Gesamtpunkte ($M = 58.8$, $SD = 12.8$) das zweitniedrigste Ergebnis. Emma (S8F) beschreibt im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen ihr Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung als strukturiert und ihr Resultat als detailgetreu:

„Sehr vorsichtig, sehr genau und dass vielleicht ein paar Details stimmen, wie es im Mikroskop war. Ich habe es hoffentlich sehr detailgetreu gezeichnet.“ (S8F, a47).

Wie Abbildung 9.28 (9.3.4) zeigt, unterscheidet sich ihre Zeichnung sehr stark von dem mikroskopischen Präparat. Ihre Annahme, dass sie die Strukturen sehr detailgetreu dargestellt hat, weicht somit vom zeichnerischen Resultat ab.

Ebenso erkennt Ben (S8G) die eigenen Fehler weitestgehend nicht. Auf die Frage, was ihm schwergefallen ist, entgegnet er:

„Nichts wirklich. Manchmal hat man nicht ganz erkannt, ob es jetzt nochmal so ein Bein ist oder ob es zusammenhängt. Sonst war es einfach.“ (S8G, b20).

Auch in seinen Antworten auf die Fragen, was ihm hätte besser gelingen können und was er beim nächsten Mal anders machen würde, äußert er kein Verbesserungspotential und verdeutlicht, dass er zufrieden mit der eigenen Leistung ist: *„Nein, ich fand das schon ganz gut.“* (S8G, b23). Tatsächlich weist seine Zeichnung (Abb. 9.16 in 9.3.2), wie zuvor berichtet, mehrere Fehler auf (z. B. uneindeutige Linienführung, Beschriftung trotz Vorlage unvollständig, Strukturen teilweise falsch beschriftet).

Auch Pablo (S10.2D) erkennt an seiner Zeichnung fast kein Verbesserungspotential. Er merkt retrospektiv an, dass ihm *„Beim Zeichnen an sich nicht[s], [...]“* (S10.2D, a49) schwergefallen ist. Auf die Frage, was ihm hätte besser gelingen können, merkt er lediglich an, dass er die Strukturen hätte genauer zeichnen können. Die anderen Schwierigkeiten bzw. Fehler in seiner Zeichnung erkennt er jedoch nicht (z. B. deutlich zu großer Bildausschnitt, keine

angemessene Abstraktion, Zellen grenzen nicht natürlich aneinander, uneindeutige Linienführung, Beschriftung trotz Vorlage unvollständig). Innerhalb des Kontexts 10.2 erzielt Pablo mit 55.6% der Gesamtpunktzahl ($M = 75.7$, $SD = 13.5$) den niedrigsten Wert.

Der Abgleich zwischen der Selbstauskunft der Schülerinnen und Schüler und dem Prozess oder Produkt zeigt, inwieweit diese in der Lage sind, die eigene Schwierigkeiten bzw. Fehler zu erkennen.

9.3.6 Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen

Die Schwierigkeiten bzw. Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen umfassen auf Seiten der mikroskopischen Zeichnungen die Kategorien: *Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung* ($n = 2$), *Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet* ($n = 7$), *Überforderung* ($n = 1$) und *Wesentliche Hilfestellungen wurden gegeben* ($n = 6$). Für diese Schwierigkeiten lassen sich vor allem im Prozess Belege finden.

Fehlen von Hilfestellungen während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)

Klara (S10.1A) und Leah (S10.1D) merken retrospektiv an, dass ihnen eine Hilfestellung während des Zeichnens geholfen hätte, die Strukturen angemessen darzustellen. Klara (S10.1A) verdeutlicht auf die Fragen, was ihr hätte besser gelingen können und was sie beim nächsten Mal anders machen würde, dass ihr eine Vorlage geholfen hätte:

„Ja, wahrscheinlich die Darstellung von der Zellwand und der Membran, damit man dort einen Unterschied sieht. [...] Auf dem Bild sieht man das auch nicht so ganz gut. Vielleicht, wenn ich es vorher gewusst hätte, hätte ich eher darauf geachtet. [...] Wenn ich die beschriftete Abbildung schon vorher hätte, wüsste ich, was es gibt.“
(S10.1A, b23, b25, b27).

Dahingegen bringt Leah (S10.1D) auf die Frage, was ihr schwer fiel, zum Ausdruck, dass ihr konkrete Hinweise zum Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung gefehlt haben:

„Ja eigentlich die ganze Zeichnung, weil wir haben es im Unterricht nie so wirklich gelernt, wie es aussieht. An der Tafel hat es meine Lehrerin dann angezeichnet und gesagt "so in etwa soll es aussehen in eurem Heft". Deswegen wusste ich jetzt gar nicht, ob man von innen nach außen anfangen soll oder von außen nach innen. Deswegen war es schon schwer. [...] Wenn man davor besprochen hätte, was genau man unter dem Mikroskop sieht und wenn dann einfach die Lehrerin nochmal sagt, "ihr könnt so

vorgehen", also zum Beispiel von außen nach innen zeichnen und wie viel von jedem etwa, also den Organellen.“ (S10.1D, a47, a50).

Wie bereits in Unterkapitel 9.2.6 zu den Ablaufdiagrammen deutlich wurde, merkt Leah (S10.1D) am Ende ihrer Teilnahme an, dass sie es nicht sinnvoll findet, von der Lehrkraft erst nach Abschluss der eigenen Zeichnung eine Rückmeldung zu erhalten, anstatt vor oder während des Zeichnens:

„Was ich zum Beispiel manchmal nicht so gut im Unterricht finde, dass es uns überlassen wird, wie wir das zeichnen müssen [zeigt auf das Mikroskop]. Ich habe selbst gemerkt, dass es nicht nur an mir liegt, sondern auch an anderen Mitschülern, die gar keine Ahnung haben, wie man es zeichnen muss. Erst danach wurde uns an der Tafel gezeigt, wie wir es eigentlich sollen und jeder musste dann die Zeichnung nochmal wegmachen und dann nochmal zeichnen. Ich würde es einfach besser finden, wenn es uns am Anfang nochmal erklärt wird, von innen nach außen oder andersherum.“ (S10.1D, b37).

Ausschließlich durch die Selbstauskunft der Lernenden wird das Fehlen von Hilfestellungen während der Aufgabenbearbeitung ersichtlich. Der Prozess und das Produkt selbst liefern keine eindeutigen Indizien zu dieser Schwierigkeit.

Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet

Wie die Protokolle des lauten Denkens zeigen, stellen sieben Schülerinnen und Schüler während der Anfertigung der Zeichnung oder bei deren Beschriftung Fragen zum weiteren Vorgehen. Dies schließt Fragen zum technischen Rahmen des Mikroskopierens und Zeichnens nicht mit ein (z. B.: „Kann ich das [Mikroskop] verstellen?“, Sara, S8A, a28). Die Impulse des Versuchsleiters während des lauten Denkens sind vorgegeben (5.3.3). Die inhaltlichen Rückfragen der Teilnehmenden bleiben daher weitestgehend unbeantwortet oder werden, falls möglich, neutral beantwortet. Das heißt, dass der Versuchsleiter deutlich macht, dass die Darstellung den Teilnehmenden überlassen bleibt. Bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen werden in wenigen Fällen wesentliche Hilfestellungen gegeben (vgl. nächster Abschnitt). Bleiben die inhaltlichen Rückfragen unbeantwortet oder werden neutral beantwortet, zeigt sich, wie die Teilnehmenden selbst vorgehen würden und welche Schwierigkeiten dabei auftreten. Beispielsweise fragt Isabelle (S7B):

„Kann ich auch erstmal das Ganze [das Wassernetz] malen und dann den Ausschnitt einzeichnen?“ (S7B, b3).

Darauf antwortet der Versuchsleiter neutral: „Ja klar, kannst du.“ (S7B, b3), anstatt die Schülerin darauf hinzuweisen, dass ihre Darstellung dann nicht mehr dem in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitt entspricht. Weitere Beispiele für inhaltliche Rückfragen

finden sich bei Florian (S7E), Sara (S8A), Ben (S8G), Klara (S10.1A), Hannah (S10.2A) und Victoria (S10.2C) (Anhang 7). Die inhaltlichen Rückfragen der Teilnehmenden lassen sich im Prozess erkennen.

Überforderung

Bei Nathalie (S7C) zeigt sich im Zuge der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung, dass sie mit der Aufgabe überfordert ist. Trotz wesentlicher Hilfestellungen durch den Versuchsleiter gelingt es ihr nicht, den Bildausschnitt gemäß der Aufgabenstellung angemessen darzustellen (Abb. 9.34).

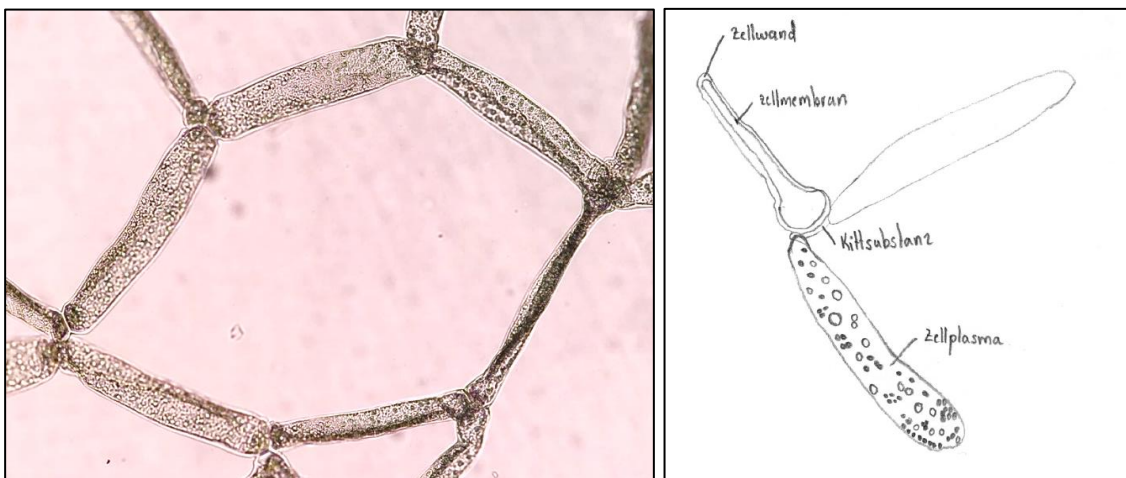


Abbildung 9.34 Zu zeichnender Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung und Zeichnung von Nathalie (S7C) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* (vgl. Anhang 7 für vergrößerte Zeichnung)

Wie im vorherigen Abschnitt beschrieben, versucht sie zweimal die Zeichnung im Bildausschnitt rechts unterhalb der Aufgabenstellung darzustellen. Erst nach dem wiederholten Hinweis durch den Versuchsleiter, ihre Zeichnung unterhalb der Aufgabenstellung anzufertigen, folgt sie dem Hinweis. Sie vollendet die Zeichnung jedoch nicht und gibt mit den Worten „*Ich verstehe es nicht.*“ (S7C, a30) sowie kurze Zeit später „*Ist eh falsch.*“ (S7C, a33) auf. Im Zuge der ersten Aufgabenstellung nimmt sie sich für die Darstellung der mikroskopischen Strukturen innerhalb des Kontexts mit etwa vier Minuten am wenigsten Zeit ($T_{\text{Alle Tatigkeiten bereinigt}_{MZ}} = 230 \text{ s}$, $M = 499.7$, $SD = 251.1$; Anhang 9.7). Auch gibt sie bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie beim Lesen und Zeichnen eher nicht bei der Sache war. Überforderung zeigte sich anhand dieses Fallbeispiels im Zeichenprozess.

Wesentliche Hilfestellungen wurden gegeben

In sechs Fällen gibt der Versuchsleiter, auf einzelne Fragen der Schülerinnen und Schüler hin, während des Zeichnens wesentliche Hilfestellungen. Da in dieser Folge eventuell Schwierigkeiten ausbleiben, werden diese Hilfestellungen nachfolgend vollständig dargestellt: Florian (S7E) und Mara (S7F) fragen den Versuchsleiter, ob sie die Zeichnung in den Bildausschnitt einzeichnen sollen, der rechts unterhalb der Aufgabenstellung dargestellt ist (Abb. 9.35). Nathalie (S7C) beginnt zweimal, die Zeichnung im Bildausschnitt rechts unterhalb der Aufgabenstellung anzulegen. Der Versuchsleiter weist Florian, Mara und Nathalie darauf hin, dass sie ihre Zeichnung nicht in den Bildausschnitt einzeichnen sollen, sondern unterhalb der Aufgabenstellung.

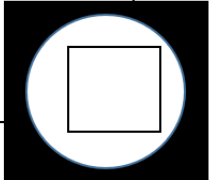
<p>1.) Aufgabe</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. ▪ Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. ▪ Zeichne keine Zellorganellen ein. 	
<p>Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.</p>	

Abbildung 9.35 Oberer Abschnitt des Zeichenblatts, der die Aufgabenstellung und den zu zeichnenden Ausschnitt des mikroskopischen Bildes zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen* zeigt

Für den Kontext 8: *Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum* werden keine wesentlichen Hilfestellungen gegeben. Nachfolgend werden die Hilfestellungen angeführt, die der Versuchsleiter auf Rückfragen von Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe gegeben hat. Carolin (S10.1C) fragt den Versuchsleiter, welche Strukturen Chloroplasten und welche Zellen darstellen:

„Ich habe noch eine Frage. Die Chloroplasten [...] in dem Ausschnitt, ist es dann der größere Teil sozusagen [gemeint sind die einzelnen Zellen] oder das ganz kleine [gemeint sind die Chloroplasten]? [E: In den einzelnen Zellen sind die kleinen Strukturen die Chloroplasten. Aber es reicht, wenn du die Chloroplasten in einer Zelle darstellst. Genauso, wie in der Aufgabenstellung beschrieben.] Ok.“ (S10.1C, a31).

Melinda (S10.2B) fragt, ob sie die angefärbten Zellkerne farbig darstellen soll: *„Jetzt nicht farbig machen, oder?“ (S10.2B, b3).* Darauf antwortet der Versuchsleiter: *„Nein, das wurde nur angefärbt.“ (S10.2B, b3).* Auch Pablo (S10.2D) erkundigt sich danach, ob er Strukturen bunt darstellen soll. Hier verneint der Versuchsleiter ebenso.

Melinda (S10.2B), Victoria (S10.2C) und Pablo (S10.2D) fragen nach einiger Zeit außerdem, ob sie noch mehr als das bislang Gezeichnete darstellen sollen (z. B. „*Soll ich noch mehr angrenzende Zelle zeichnen?*“, Melinda, S10.2B, b3). Dabei verweist der Versuchsleiter auf die Aufgabenstellung bzw. auf den darin angegebenen Bildausschnitt (z. B. „*So, wie es in der Aufgabenstellung drinsteht.*“, Victoria, S10.2C, a34). Während Victoria daraufhin erkennt, dass sie fertig ist, führt die Rückmeldung des Versuchsleiters bei Melinda (S10.2B) und Pablo (S10.2D) dazu, dass sie Strukturen in ihrer Zeichnung ergänzen oder verändern. Ohne diese Art der Rückmeldung hätten sie den Bildausschnitt unter Umständen weniger detailliert dargestellt.

Die Beispiele konnten zeigen, dass die Betrachtung des Prozesses Indizien dazu liefern kann, inwiefern gegebene Hilfestellungen die Teilnehmenden bei ihrem Vorgehen beeinflussen.

9.3.7 Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung

Diese Kategorie umfasst vier Schwierigkeiten, die in Folge fehlender oder geringer Vorerfahrung mit dem mikroskopischen Zeichnen und Mikroskopieren auftreten: *Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts fällt schwer* ($n = 1$), *Fehlende bzw. geringe Vorerfahrungen zum Zellaufbau* ($n = 15$), *Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt* ($n = 21$) und *Übertragung der Lage und Proportionen von Strukturen fällt schwer* ($n = 9$). Indizien für diese Schwierigkeiten lassen sich teilweise im Prozess, am Produkt oder in der Selbstauskunft erkennen.

Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts fällt schwer

Wie in Unterkapitel 9.3.4 beschrieben, stellen zehn Schülerinnen und Schüler entweder mehr oder weniger Strukturen dar, als im Bildausschnitt der Aufgabenstellung vorgegeben sind. Im Gegensatz dazu gelingt es Victoria (S10.2C) weitestgehend, die im Bildausschnitt liegenden Strukturen auch in ihrer Zeichnung vollständig darzustellen. Retrospektiv gibt sie als einzige Schülerin an, dass sie Schwierigkeiten dabei hatte, den zu zeichnenden Bildausschnitt richtig einzuschätzen:

„*Ja, also ich wusste nicht, bis wohin ich zeichnen musste, aber weil ich die Abbildung nicht so gut sehen konnte, die den Ausschnitt zeigt. Aber sonst war es gut.*“
(S10.2C, a49).

Es ist nicht auszuschließen, dass auch andere Schülerinnen und Schüler bei der Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts Schwierigkeiten hatten. Die von Victoria mündlich

zum Ausdruck gebrachte Unsicherheit spiegelt sich auch in ihren Handlungen wider: Zu Beginn des Zeichnens hebt Victoria das Arbeitsblatt vom Tisch auf und führt es bis auf wenige Zentimeter an ihre Augen heran. Diesen Vorgang wiederholt sie zwei weitere Male.

Das Beispiel zeigt, dass die reine Betrachtung des Zeichenprozesses nur bedingt zur Identifikation der beschriebenen Schwierigkeit ausgereicht hätte. Erst Victorias retrospektive Äußerungen bestätigen den Verdacht.

Fehlende bzw. geringe Vorerfahrungen zum Zellaufbau

Fehlende oder geringe Vorerfahrungen zum Aufbau von Zellen können eine Schwierigkeit darstellen und das Erkennen sowie angemessene Abbilden der gesehenen mikroskopischen Strukturen erschweren. Die Vorerfahrung der Schülerinnen und Schüler wurde daher im Vorfeld erfasst (5.5). Insgesamt verfügen 15 Schülerinnen und Schüler über eine geringe Vorerfahrung zum Zellaufbau und treffen auf Schwierigkeiten beim Erkennen oder Darstellen der mikroskopischen Strukturen. Die Abbildung pflanzlicher und tierischer Zellen im Zuge des Zeichnen-Tests bleibt in vielen Fällen unvollständig. Alle Siebtklässlerinnen und -klässler (S7A-F) verfügen über eine sehr geringe Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher Zellen. Keine Siebtklässlerin bzw. kein Siebtklässler kann tierische Zellen darstellen. Beispielsweise wird Nathalie (S7C) auf Grund der fehlenden Vorerfahrung zum Zellaufbau erst im Zuge der zweiten Aufgabenstellung bewusst, dass es sich bei den größeren und nicht etwa bei den kleineren Strukturen im Zellinneren um Zellen handelt. Ebenso zeigt sich bei Jonas (S7D), dass er mit dem Aufbau pflanzlicher Zellen nicht vertraut ist: „*Was sind Zellorganellen? [...] Achso, diese kleinen Pünktchen.*“ (S7D, a23). Florian (S7E) ist trotz der beschrifteten Vorlage, die er während der zweiten Aufgabenstellung erhält, bei der Verwendung von Begriffen und der Darstellung der zugehörigen Strukturen sehr unsicher:

„Das [zeigt auf die Zellwände] sind dann die einzelnen Striche, die in die anderen Netze reingehen, weil die sind ja überall verbunden. Das versuche ich nachzuzeichnen, um sie danach zu verbinden. [...] Und an den X-en [gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen] kommen immer die einzelnen, wie nennt man das, Zellen zusammen und die sind dadurch auch verbunden und deswegen probiere ich das deutlicher zu machen.“ (S7E, b3, b6).

Für Kontext 8: *Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum* zeigt sich, dass insbesondere den Teilnehmerinnen und Teilnehmern mit geringer Vorerfahrung die Unterscheidung zwischen der Amöbe und den anderen sichtbaren Einzellern schwer fällt.

Emma (S8F) lässt während des Zeichnen-Tests beide Zeichenfelder frei: „*Ich müsste es jetzt frei lassen [...], da wir noch gar keine besprochen hatten.*“ (S8F, a27). Innerhalb des Kontexts bringt sie von den Teilnehmenden die geringste Vorerfahrung mit. Die fehlende

Vorerfahrung zum Aufbau und zur Darstellung von Zellen zeigt sich in ihrer Zeichnung (Abb. 9.28 in 9.3.4). Auch bei Sara (S8A) zeigen sich auf Grund der fehlenden Vorerfahrung Unsicherheiten bei der Darstellung der mikroskopischen Strukturen. Dies wird nicht nur beim Zeichnen-Test deutlich, sondern auch im Zuge des lauten Denkens:

„Ok. Ich male jetzt erstmal die Form [gemeint ist die Zellmembran]. Hier male ich so einen Strich hin und verbinde das damit [gemeint ist die Zellmembran] jetzt mache ich die kleinen Pünktchen [gemeint sind nachfolgend die kleinen Einzeller, die die Amöbe an manchen Stellen überlagern, außerdem zeichnet sie den Zellkern ein] und da hinten dran sind so kleine [zeichnet nachfolgend größere Strukturen im Zellplasma] hier ist auch noch so ein kleines dann ist hier noch eine und hier ist noch so ein Punkt hier ist auch noch so ein Punkt und hier sind so kleine Pünktchen, die sind auch nicht so groß hier sind so ein paar [...]“ (S8A, a28).

Bei Ben (S8G) zeigt sich anhand des Zeichnen-Tests und der im Vorfeld gestellten Fragen, dass er lediglich geringe Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen mitbringt. Im Gegensatz zu Sara (S8A) und Emma (S8F) gelingt ihm zumindest die Unterscheidung zwischen der Amöbe und den überlagernden Einzellern:

„Es sind so Punkte oder kleine Tierchen oder so, die an oder auf ihm sind [gemeint sind die die Amöbe überlagernden Einzeller]. Rechts oben etwas ganz großes Bläuliches [Zellkern], das ist das Größte von allen, dann immer nur so Kleine [Nahrungsvakuolen].“ (S8G, b3).

Johanna (S8D) gibt an, dass sie am Tag der Studiendurchführung im Unterricht mikroskopisch gezeichnet hat. Beim Zeichnen-Test kann sie den Aufbau von Zellen jedoch nur in Ansätzen beschreiben.

Die Teilnehmenden der zehnten Jahrgangsstufe bringen durchschnittlich bereits etwas mehr Vorerfahrungen zum Zellaufbau mit. Insbesondere bei Paul (S10.1B) zeigt sich, dass fehlende Vorerfahrung die Differenzierung zwischen relevanten und nicht relevanten Strukturen erschweren kann. Für ihn war die Differenzierung zwischen Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle in seiner Zeichnung nicht bedeutsam (Abb. 9.33):

„Ich habe eigentlich versucht, das aus dem Mikroskop zu zeichnen. Ich habe nicht darauf geachtet, zum Beispiel bei der Mittellamelle, es detailgetreu zu zeichnen, dass es dick ist und nicht nur so ein Strich. Für mich war die Zellwand nicht so wichtig.“ (S10.1B, b9).

Zusätzlich verdeutlicht er retrospektiv, dass er während des Zeichnens nicht erkannt hat, dass sich im Zellinneren neben den Chloroplasten auch andere Strukturen befinden. Die fehlende Vorerfahrung zum Zellaufbau prägt seine Zeichnung:

„Bei den Chloroplasten habe ich relativ viele eingezeichnet. Mir ist auch nicht aufgefallen, dass da zwischendrin noch etwas anderes ist wie Chloroplasten. Das Zellplasma habe ich nicht gesehen.“ (S10.1B, b9).

Für Carolin (S10.1C) klärt sich die Frage, welche Strukturen Zellen und welche Chloroplasten darstellen, erst durch eine Rückfrage an den Versuchsleiter:

„Ich habe noch eine Frage. Die Chloroplasten [...] in dem Ausschnitt, ist es dann der größere Teil sozusagen oder das ganz kleine?“ (S10.1C, a31).

Schwierigkeiten beim Erkennen und Darstellen der mikroskopischen Strukturen in Folge geringer oder fehlender Vorerfahrung zum Zellaufbau zeigen sich ebenso bei Melinda (S10.2B), Victoria (S10.2C) und Pablo (S10.2D). Die hier vorgestellte Schwierigkeit lässt sich sowohl im Prozess, am Produkt und in der Selbstauskunft der Lernenden erkennen.

Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt

Die Angaben aller 21 Schülerinnen und Schüler zu den Fragen zur Vorerfahrung (Vor_MZ_1-5, 8, 9, Anhang 4) sowie die Ergebnisse des Zeichnen-Tests zeigen, dass die jeweiligen Teilnehmenden in unterschiedlichem Maße mit zeichnerischen Konventionen (z. B. Verzicht auf das Einzeichnen von Punkten in Strukturen, geschlossene Zellen, gerade anstatt gestrichelter Linien) vertraut sind. Während die Teilnehmenden der siebten und achten Klassenstufe keine oder nur wenige Vorerfahrungen mitbringen, sind die der zehnten Klassenstufe durchschnittlich mit mehr zeichnerischen Konventionen vertraut. Doch selbst bei Teilnehmenden der zehnten Klassenstufe beschränkt sich die Kenntnis und Anwendung dieser auf ein Minimum. Beispielsweise kann Paul (S10.1B) nur die folgenden Regeln benennen:

„[...] Regeln beim Zeichnen, da weiß ich nichts mehr. Ich denke mal, dass es einigermaßen detailgetreu sein soll, aber auch kein Kunstwerk oder so. [...] Mit Bleistift zeichnen, dass man es auch wieder wegradieren kann und neu zeichnen kann.“ (S10.1B, a15, a17).

Die von ihm anschließend während des Zeichnen-Tests dargestellten Zellen (Abb. 9.36) lassen darüber hinaus nur eine geringe Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher und tierischer Zellen erkennen (vgl. letzter Abschnitt) und weichen von mehreren Konventionen ab.

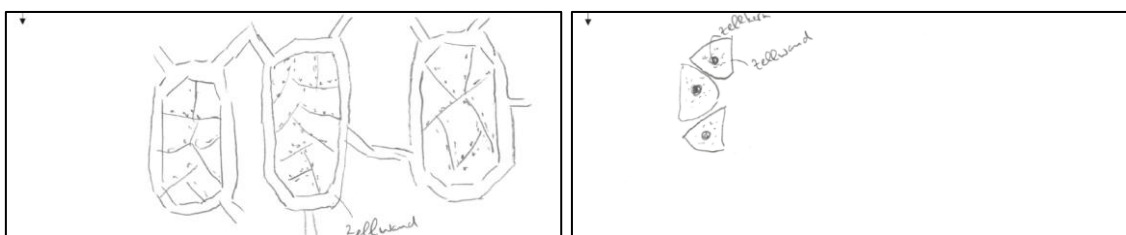


Abbildung 9.36 Pauls (S10.1B) Zeichnung dreier pflanzlicher (links) und tierischer (rechts) Zellen (vgl. Anhang 7)

Beim Zeichnen-Test erzielen die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler der siebten Klassenstufe durchschnittlich weniger als die Hälfte ($M = 45.5\%$, $SD = 11.8$) und die der achten und zehnten Klassenstufe durchschnittlich weniger als zwei Drittel (Klasse 8: $M = 62.5\%$, $SD = 11.0$, Klasse 10: $M = 60.8\%$, $SD = 8.8$) der Gesamtpunkte bei der kriterialen Beurteilung. Dies beruht auf individuellen Defiziten in den neun Bewertungsdimensionen: Abstraktionsgrad, Beschriftung und Beschriftungslinien, Blatteinteilung und Größe der Zeichnung, keine Schraffur, kein Punkten oder kein Ausmalen, Linienführung, objektive Darstellung, Sauberkeit, Verwendung von Bleistift und Vollständigkeit der Strukturen (7.4.2, 7.5.2). Die Auswertungen der Schülerinnen und Schüler hinsichtlich des Zeichnen-Tests sind in Anhang 9.4 dargestellt. Vor dem Hintergrund der vorausgegangenen Beispiele wird ersichtlich, dass die fehlende Vertrautheit mit oder die Berücksichtigung von zeichnerischen Konventionen zu einer Vielfalt an Folgeschwierigkeiten bzw. Folgefehlern führen kann. Aus diesem Grund wurden die Hauptkategorie *Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen* (9.3.3) inklusive weiterer (Unter-)Kategorien eingeführt.

Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen fällt schwer

In neun Fällen finden sich Belege für Schwierigkeiten bei der Übertragung der im Mikroskop gesehenen Lage von Strukturen und deren Proportionen. Laura (S7A) verdeutlicht im Vorfeld, dass es wichtig ist, die Größenverhältnisse der gezeichneten Objekte zu beachten und nichts darzustellen, was man nicht sieht. Während des Zeichnens hat sie jedoch wiederholt Schwierigkeiten damit, die im Mikroskop gesehenen Proportionen in ihre Zeichnung zu übertragen. Dies merkt sie abschließend während den mündlichen Reflexionsfragen an:

„Mir ist auch aufgefallen, dass ich nach außen hin immer größer gezeichnet habe, dann habe ich versucht, das in der Mitte nochmal etwas anzupassen. Das hat nicht so geklappt. Ich habe nicht immer den Maßstab eingehalten [...]. Den Maßstab immer beizubehalten und dieses Dick und Dünn. Ich glaube, das habe ich auch nicht so wirklich geschafft. [...] Es war auch schwer, die verschiedenen darzustellen und zu schauen, wie die zusammenhängen, wie die Enden bzw. Anfänge aufeinandertreffen.“ (S7A, b15, b17).

Besonders viele Belege für Schwierigkeiten bei der Darstellung der Lage von Strukturen und deren Proportionen finden sich innerhalb des Kontexts der achten Jahrgangsstufe wieder. Hier waren die Teilnehmenden angehalten, eine Amöbe inklusive deren Zellorganellen zu zeichnen. Florian (S7E) bringt seine Schwierigkeiten bei der Übertragung der gesehenen Proportionen des Wassernetzes unmittelbar im Zuge des lauten Denkens zum Ausdruck: *„Scheiße. [...] Das kommt dahin.“* (S7E, b3). Die eigene Zeichnung korrigiert er daraufhin an zwei Stellen.

Auch Sophia (S8E) bezieht sich retrospektiv auf die Schwierigkeiten, die sie bei der Darstellung der Strukturen wahrgenommen hat:

„Was mir schwer fiel, die Amöbe halt genau so zu zeichnen, wie sie unter dem Mikroskop aussieht. [...] Diese Vakuolen waren bei mir eher so rund, aber irgendwie sieht es unter dem Mikroskop etwas fleckiger aus.“ (S8E, b18, b23).

Weitere Beispiele für Schwierigkeiten bei der Darstellung der Lage von Strukturen und deren Proportionen finden sich in den Fallbeschreibungen von Sara (S8A), Lisa (S8B), Nora (S8C), Johanna (S8D), Emma (S8F) und Hannah (S10.2A). Die hier beschriebene Schwierigkeit zeigt sich einerseits im Prozess und bestätigt sich andererseits im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen.

9.4 Fallvergleich und Typenbildung

Bezogen auf Forschungsfrage 3 konnten in methodischer Anlehnung an Kelle & Kluge (2010; 7.14.1) aus den Einzelfällen heraus jeweils für beide Repräsentationsformen drei Schülertypen charakterisiert werden, die eine eigenständige Typologie bilden. Unterkapitel 9.4.1 bezieht sich auf die Schülertypen in Verbindung mit der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und Unterkapitel 9.4.2 auf Schülertypen in Verbindung mit der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen.

9.4.1 Typen zur Konstruktion von Ablaufdiagrammen

Wie zuvor beschrieben (7.14), basiert die Typisierung, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betrifft, auf dem Unterscheidungsmerkmal des Anteils der depiktional oder deskriptional dargestellten Textinformationen. Anhand dieses konnten bezogen auf die 21 Fallbeispiele drei unterschiedliche Typen herausgearbeitet werden: Typ I: realistisch abbildend, Typ II: alternierend abbildend, Typ III: schriftorientiert abbildend. Abbildung 9.37 zeigt die Verteilung der Fälle (z. B. S7E, Typ II). Die Position dieser in der Vertikalen (Y-Achse) ergibt sich jeweils durch den in der Zeichnung dargestellten prozentualen Anteil an relevanten Textinformationen (Anhang 9.5, Tab. A9.8).¹ Die Position der Fälle in der Horizontalen (X-Achse) ergibt sich wiederum, wie nachfolgend näher erläutert, aus dem Anteil der in der Zeichnung depiktional und deskriptional dargestellten Elemente (Anhang 9.12).² Am linken Pol der X-Achse (Abb. 9.37) sind die depiktionalen Eigenschaften einer Zeichnung maximal und die deskriptionalen Eigenschaften minimal, d. h. alle Elemente wurden depiktional dargestellt. Am gegenüberliegenden rechten Pol sind die Verhältnisse entgegengesetzt. Zwischen beiden Polen ergibt sich ein fließender Übergang. In Abbildung 9.37 sind die Fälle der siebten Klassenstufe grün, die der achten gelb und die der zehnten blau hinterlegt.

¹ Der prozentuale Anteil an relevanten Textinformationen geht unmittelbar aus der in Unterkapitel 7.6 beschriebenen inhaltlichen Beurteilung der Ablaufdiagramme hervor. Die Tabelle A9.8 in Anhang 9.5 zeigt eine Gesamtübersicht zu den Ergebnissen dieser Beurteilung. Die Referenz für die Beurteilung der Schülerzeichnungen stellten die Erwartungshorizonte in Anhang 1 dar. Als Maßnahme der Qualitätssicherung berichtet Tabelle 8.2 in Unterkapitel 8.2 die Übereinstimmungen und Abweichungen zwischen beiden Beurteilenden. Es sei darauf hingewiesen, dass Angaben zum prozentualen Anteil der in einer Schülerzeichnung abgebildeten relevanten Textinformationen keine Aussagen über die Qualität des Gezeichneten (z. B. Verständlichkeit depiktional dargestellter Elemente) erlauben (vgl. 9.2.3, Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer).

² Im Zuge der inhaltlichen Beurteilung der Ablaufdiagramme (vgl. Fußnote 1) wurde von den Beurteilenden zugleich erfasst, welche Elemente von den Schülerinnen und Schülern depiktional, deskriptional oder hybrid, d. h. sowohl depiktional als auch deskriptional dargestellt wurden. Die Darstellungsweise der Relationen wurde nicht einbezogen, da diese – bei Vorhandensein – per se in depiktionaler Form vorliegen (z. B. Pfeile, Verbindungslinien, 2.3, 2.4).

Der Merkmalsraum von **Typ I: realistisch abbildend** ($n = 7$) umfasst diejenigen Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler, in denen relevante Informationen der Textgrundlage ausschließlich oder zum überwiegenden Teil mithilfe gezeichneter Bilder, d. h. depiktional (2.4), dargestellt sind (Tab. 9.21, Abb. 9.38). Dies entspricht dem Ansatz des drawings (3.4.2). Schrift wird nicht oder nur in sehr geringem Anteil verwendet. Tabelle 9.21 zeigt im Überblick, dass Teilnehmende, die Typ I zuzuordnen sind, relevante Elemente der Textgrundlage überwiegend ausschließlich depiktional darstellen. Einige wenige Elemente werden auch hybrid, d. h. sowohl depiktional als auch deskriptional, dargestellt. Beispielsweise repräsentiert Laura (S7A) die Textinformation „Verbrennung fossiler Brennstoffe“ (Anhang 1.1) in ihrer Zeichnung hybrid, indem sie eine realistische Teilzeichnung anfertigt (depiktional) als auch den Begriff der Kohleverbrennung notiert (deskriptional). Um beim Fall von Laura zu bleiben, bedeuten sieben ausschließlich depiktional dargestellte Elemente und zwei hybrid dargestellte Elemente, dass die Schülerin insgesamt neun Elemente depiktional darstellt und zwei deskriptional. Aus den sich hieraus ergebenden prozentualen Anteilen lässt sich die Position der Schülerin innerhalb der Abbildung 9.37 bezogen auf die X-Achse bestimmen (Anhang 9.12). Tabelle 9.21 zeigt zugleich, dass die Schülerinnen und Schüler des Typs I Textinformationen in keinem Fall ausschließlich deskriptional repräsentieren. Oftmals stellt die hybride Darstellungsweise lediglich eine Abhilfe dar, wenn die Teilnehmenden erkennen, dass ihre zuerst angefertigte depiktionale Zeichnung für einen externen Betrachter (vgl. dritter Teil der Aufgabenstellung, 5.1.4) nicht verständlich ist (9.2.3, 9.5, Anhang 10). Im Gegensatz zu Typ I stellen Teilnehmende, die dem **Typ II: alternierend abbildend** ($n = 3$) zuzuordnen sind, einzelne Elemente sowohl ausschließlich realistisch als auch ausschließlich depiktional dar; zum Teil werden Textinformationen auch hybrid dargestellt (Tab. 9.21). Typ II stellt Elemente nicht vereinzelt, sondern in einem ähnlichen Verhältnis depiktional und deskriptional dar (Abb. 9.38). Dahingegen nutzt **Typ III: schriftorientiert abbildend** ($n = 11$) nahezu ausschließlich die deskriptionale Darstellungsweise zur Abbildung der relevanten Textinformationen (Tab. 9.21). Diese Darstellungsform entspricht dem Ansatz des mappings (3.4.4). Paul (S10.1B), Carolin (S10.1C) und Leah (S10.1D) fertigen im Gegensatz zu den übrigen acht Fällen, die sich Typ III zuordnen lassen, jeweils lediglich eine lineare Zusammenfassung des Texts an. Dabei stellt Carolin (S10.1C), einen Sonderfall dar, da sie nach Abschluss der linearen Zusammenfassung unterhalb dieser zusätzlich drei weitere depiktionale Teilzeichnungen anfertigt, die inhaltlich redundant mit den Abbildungen auf dem Arbeitsblatt sind (Anhang 10.16). Dies erklärt die Anzahl hybrid dargestellter Elemente (Tab. 9.21). Neben Abbildung 9.38, die für jeden Typ eine Zeichnung anführt, lassen sich in den Fallbeschreibungen (9.5.1 bis 9.5.3, Anhang 10) weitere Beispiele für alle Typen finden.

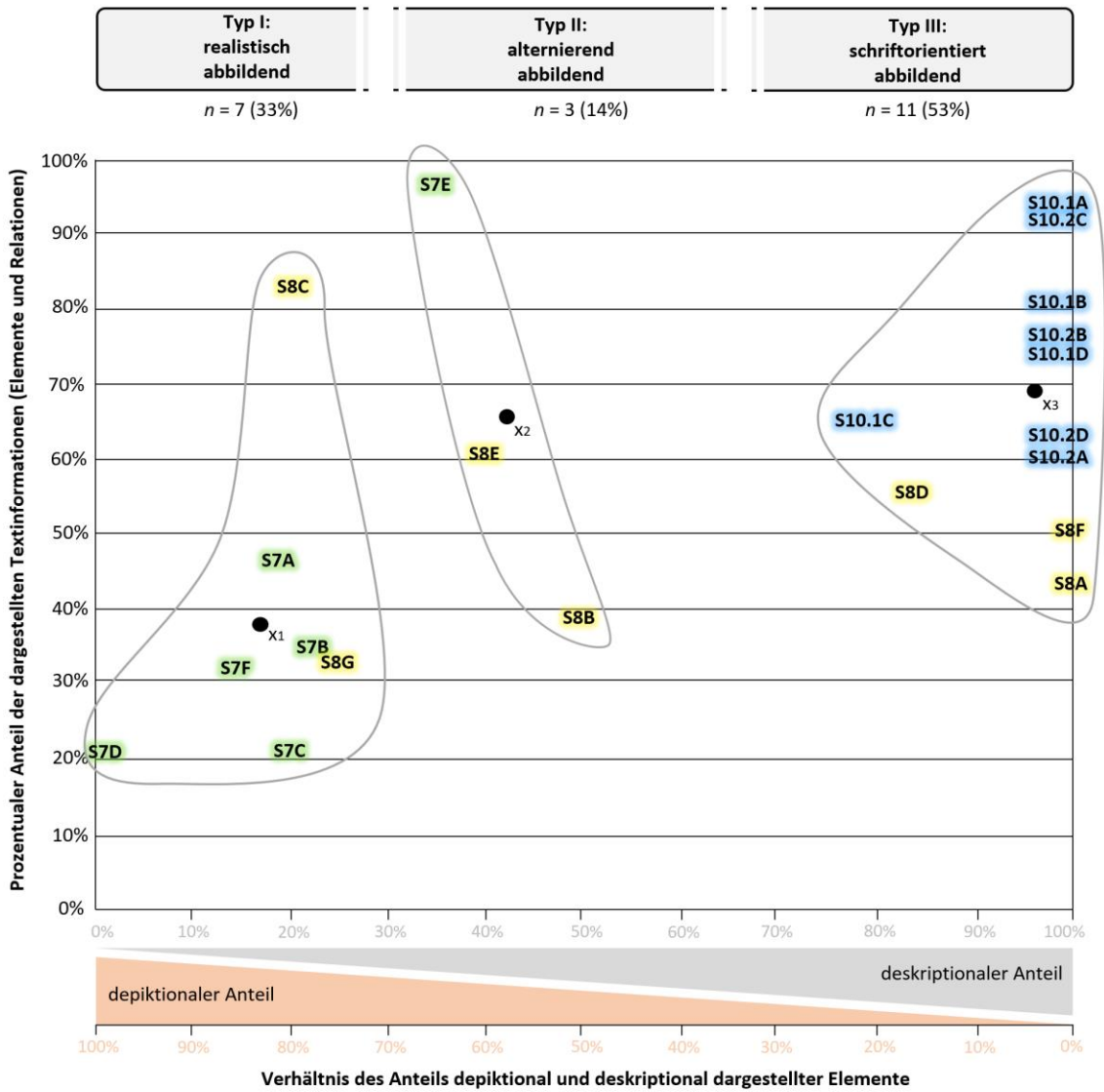


Abbildung 9.37 Verteilung der Fälle auf die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betreffenden Schülertypen I-III

Anmerkung: Einem Typ zugehörige Fälle sind gemeinsam umrandet dargestellt. Dies impliziert nicht, dass typische Fälle eines Typs nur innerhalb der umrandeten Bereiche liegen können. Erläuterungen zu den Koordinatenpunkten x_1 , x_2 und x_3 erfolgen im Text.

Tabelle 9.21 Auswertung der Anzahl deskriptional, depiktional oder hybrid dargestellter Elemente

Merkmal	Typ I							Typ II			Typ III											
	S7A	S7B	S7C	S7D	S7F	S8C	S8G	S7E	S8B	S8E	S8A	S8D	S8F	S10.1A	S10.1B	S10.1C	S10.1D	S10.2A	S10.2B	S10.2C	S10.2D	
Anzahl der ausschließlich depiktional dargestellten Elemente	7	5	3	4	5	6	2	8	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anzahl der hybrid dargestellten Elemente	2	2	1	0	1	2	1	5	2	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Anzahl der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente	0	0	0	0	0	0	0	2	1	2	4	4	5	15	13	8	12	9	11	14	9	

Anmerkung. Eine differenziertere Auswertung ist in Anhang 9.12 dargestellt.

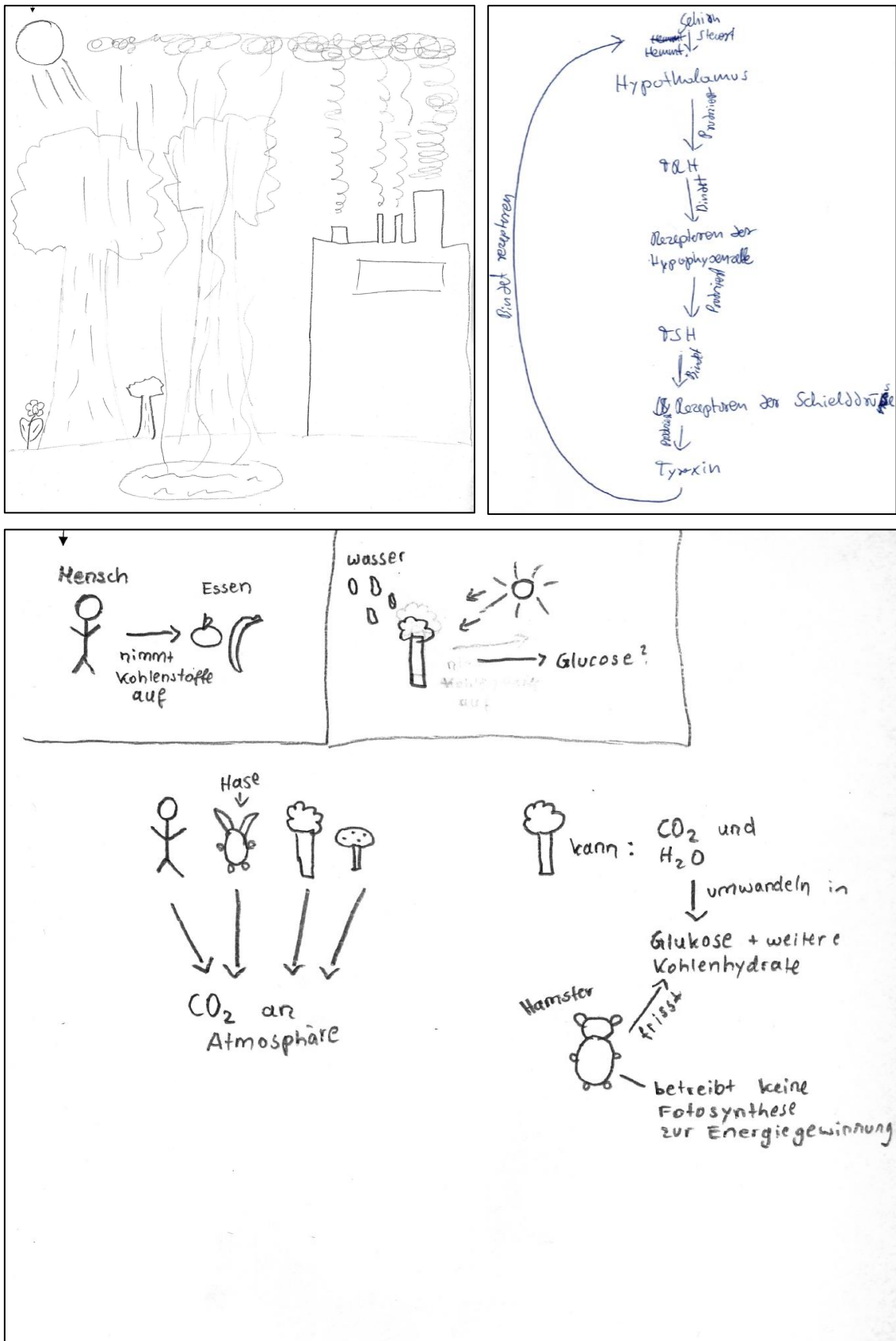


Abbildung 9.38 Zeichnung von Jonas (S7D, links oben, Typ I) zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder, Zeichnung von Pablo (S10.2D, rechts oben, Typ III) zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation sowie Zeichnung von Lisa (S8B, unten, Typ II) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Im Zusammenhang mit Typ II wurde zuvor darauf hingewiesen, dass in Zeichnungen, die ihm zugeordnet sind, die enthaltenen Elemente in einem ähnlichen Verhältnis depiktional und deskriptional dargestellt sind. Während Anhang 9.12 dies fallbezogen bestätigt, fasst die nachfolgende Tabelle 9.22 das durchschnittliche Verhältnis des Anteils depiktional und deskriptional dargestellter Elemente typbezogen zusammen. So zeigen die Werte für Koordinatenpunkt x_2 (Tab. 9.22, Abb. 9.37), dass Teilnehmende, die Typ II zugeordnet sind, durchschnittlich 58.3% der Elemente depiktional und 41.7% deskriptional abbilden. Typ I (Koordinatenpunkt x_1) stellt demgegenüber durchschnittlich 82.9% der Elemente depiktional und 17.1% deskriptional dar. Bei Typ III (Koordinatenpunkt x_3) liegt der durchschnittliche Anteil depiktional dargestellter Textinformationen bei 3.5% und der durchschnittliche Anteil deskriptional dargestellter Textinformationen bei 96.5%.

Tabelle 9.22 Typbezogene Mittelwerte und Standardabweichungen zum prozentualen Anteil der dargestellten Textinformationen sowie zum Verhältnis des Anteils der depiktional und deskriptional dargestellten Elemente

Koordinatenpunkt Bezug: Abb. 9.37	Typ	Prozentualer Anteil der dargestellten Textinformationen		Verhältnis des Anteils depiktional und deskriptional dargestellter Elemente			
		Bezug: Y-Achse in Abb. 9.37 Referenz: Tab. A9.8 in Anhang 9.5, sowie Fußnote 1 von zuvor		Bezug: X-Achse in Abb. 9.37 Referenz: Anhang 9.12 sowie Fußnote 2 von zuvor			
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M_{depiktional}</i>	<i>SD_{depiktional}</i>	<i>M_{deskriptional}</i>	<i>SD_{deskriptional}</i>
x_1	I	38.9	20.0	82.9	7.6	17.1	7.6
x_2	II	65.7	24.0	58.3	6.2	41.7	6.2
x_3	III	68.6	15.4	3.5	7.4	96.5	7.4

Abbildung 9.37 und Tabelle 9.22 lassen weiterhin erkennen, dass die Teilnehmenden, die Typ III zugeordnet sind, durchschnittlich prozentual deutlich mehr Textinformationen darstellen (Koordinatenpunkt x_3 : $M = 68.6\%$) als diejenigen, die Typ I zugeordnet sind (Koordinatenpunkt x_1 : $M = 38.9\%$), und etwas mehr als diejenigen, die Typ II (Koordinatenpunkt x_2 : $M = 65.7\%$) zugeordnet sind. Zugleich gelingt es Typ III ebenfalls schneller die Textinformationen darzustellen als den Typen I und II. So stellt Typ III durchschnittlich 1.3 ($SD = 0.4$) Elemente und Relationen pro Minute, Typ II 1.0 ($SD = 0.4$) und Typ I 0.8 ($SD = 0.3$) dar.¹

Weitere Unterschiede zwischen den Typen zeigen sich für die Anzahl der aufgetretenen Schwierigkeiten bzw. Fehler. Zur Darstellung dieser transformiert Tabelle 9.23 die in Unterkapitel 9.2 einleitend dargestellte Tabelle 9.3 zu den Schwierigkeiten bzw. Fehlern während der Konstruktion der Ablaufdiagramme, indem sie die Fälle gemäß Abbildung 9.37 den Typen zuordnet. Es zeigt sich, dass bei den Lernenden, die dem realistisch abbildenden Typ I ($n = 7$) zugehörig sind, durchschnittlich 10.7 ($SD = 3.5$) Schwierigkeiten bzw. Fehler

¹ Berechnungsgrundlage ist die Variable *Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}* in Anhang 9.11, Tab. A9.25, vgl. auch Unterkapitel 7.10 für weiterführende Erläuterungen.

während der Konstruktion ihrer Zeichnungen auftreten. Bei Fällen, die sich dem alternierend abbildenden Typ II ($n = 3$) zuordnen lassen, kommen durchschnittlich 8.0 ($SD = 2.9$) Schwierigkeiten bzw. Fehler vor. Für den schriftorientiert abbildenden Typ III ($n = 11$) liegt dieser Wert sogar nur bei 5.8 ($SD = 2.2$). Hierbei sei darauf hingewiesen, dass dem Typ III alle acht Teilnehmenden der zehnten Klassenstufe zugeordnet sind. Bereits in Tabelle 9.3 (9.2) wurde deutlich, dass die Lernenden der zehnten Klassenstufe auf weniger Schwierigkeiten treffen bzw. weniger Fehler verursachen als die der siebten und achten Klassenstufe. Tabelle 9.23 umfasst zudem für jeden Typ eine Auswertung der durchschnittlich aufgetretenen Schwierigkeiten pro Hauptkategorie. Bezogen auf die Stichprobe zeigen die Teilnehmenden, die dem realistisch abbildenden Typ I zugeordnet sind, im Gegensatz zum schriftorientiert abbildenden Typ III, für sechs von sieben Hauptkategorien durchschnittlich mehr attentive Schwierigkeiten (9.2.1), planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.2.2), Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.2.3), Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.2.5), Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.2.6) und Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage (9.2.7). Lediglich für die Hauptkategorie der Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.2.4) zeigen die Teilnehmenden, die Typ III zugeordnet sind, durchschnittlich mehr Schwierigkeiten als die Typen I und II. Bezogen auf fünf von sieben Hauptkategorien zeigen ebenfalls die Fälle, die Typ II zugeordnet sind, durchschnittlich weniger Schwierigkeiten als Typ I. Allerdings zeigt Typ II in Verbindung mit der Textgrundlage (9.2.7) durchschnittlich etwas mehr Schwierigkeiten als Typ I.

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die Tabellen 9.3 (9.2) und 9.23 lediglich solche Schwierigkeiten zeigen, für die eindeutige Belege ($N = 163$) gefunden werden konnten. Die in den Unterkapiteln 9.5.1 bis 9.5.3 ausgewählten Fallbeschreibungen sowie die in Anhang 10 beigefügten übrigen Fallbeschreibungen zeigen für alle untersuchten Fälle, welche Schwierigkeiten die Darstellung von Elementen und Relationen in Quantität und Qualität (z. B. realistische Darstellung abstrakter Konzepte, 2.4, 7.12.3) potenziell limitieren können.

Tabelle 9.23 Verteilung der Schwierigkeiten bzw. Fehler auf die drei Typen, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betreffen

	Typ I realistisch abbildend n = 7 (93%)						Typ II alternierend abbildend n = 3 (4%)						Typ III schriftorientiert abbildend n = 11 (53%)																					
	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	M	S7E	S7B	S7E	n	M	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	n	M						
Schwierigkeiten (Kapitelreferenz)																																		
Attentive Schwierigkeiten (9.2.1)																																		
Ablenkung	10	3	0	0	0	0.33	1	0	0	0	0.33	8	2	0	0	0	0.33	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	S7A	S7B	S7C	S7D	S7E	8	0.72
Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung)*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																2	0.18	
Bedeutsamkeitsmangel	----- potenzielle Schwierigkeit -----																																	
Fehlendes Bemühen/Interesse	1	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																2	0.18	
Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung	3	0	0	0	0	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																3	0.27	
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung	3	0	0	0	0	0.43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																1	0.09	
Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.2.2)																																		
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung	8	1	0	0	0	1.14	2	0	0	0	0.67	4	0	0	0	0															4	0.36		
Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung	1	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																1	0.09	
Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung	7	0	0	0	0	1.00	2	0	0	0	0.67	3	0	0	0	0																3	0.27	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.2.3)																																		
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen	18	4	0	0	0	2.57	5	2	0	0	1.67	5	2	0	0	0															5	0.45		
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen	4	0	0	0	0	0.57	2	0	0	0	0.67	2	0	0	0	0																2	0.18	
Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)	3	0	0	0	0	0.43	1	0	0	0	0.33	1	0	0	0	0																1	0.09	
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0															0	0		
Uneindeutige Linienführung	4	0	0	0	0	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																0	0	
Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer	7	0	0	0	0	1.00	2	0	0	0	0.67	2	0	0	0	0																2	0.18	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.2.4)																																		
Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.33	10	0	0	0	0																10	0.9	
Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet	----- potenzielle Schwierigkeit -----																																	
Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (ohne Lesestrategie)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0																3	0.27	
Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (trotz Lesestrategie)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0.33	4	0	0	0	0																	4	0.36
Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.2.5)																																		
Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen	7	3	0	0	0	1.00	1	0	0	0	0.33	9	0	0	0	0																9	0.81	
Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt	3	0	0	0	0	0.43	1	0	0	0	0.33	5	0	0	0	0																5	0.45	
Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt	4	0	0	0	0	0.57	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0																	4	0.36
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.2.6)																																		
Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)	7	2	0	0	0	1.00	2	0	0	0	0.67	7	0	0	0	0																	7	0.64
Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet	2	0	0	0	0	0.29	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																	1	0.09
Überforderung	4	0	0	0	0	0.57	2	0	0	0	0.67	6	0	0	0	0																	6	0.55
Überforderung	1	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	0	0
Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage (9.2.7)																																		
Auswahl relevanter Textinformationen fällt schwer	25	5	0	0	0	3.56	12	2	0	0	4.01	21	4	0	0	0																	21	1.89
Einzelne Textabschnitte werden nicht gelesen	5	0	0	0	0	0.71	2	0	0	0	0.67	4	0	0	0	0																	4	0.36
Fachliche Verständnisschwierigkeiten	1	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	0	0.00
Fehlender Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses	4	0	0	0	0	0.57	3	0	0	0	1.00	2	0	0	0	0																	2	0.18
Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n)	1	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0																	0	0.00
Niedrige Lesegeschwindigkeit (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung)	7	0	0	0	0	1.00	2	0	0	0	0.67	4	0	0	0	0																	4	0.36
Niedriges Leseverständnis (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung)	3	0	0	0	0	0.43	1	0	0	0	0.33	3	0	0	0	0																	3	0.27
Sprachliche Verständnisschwierigkeiten	3	0	0	0	0	0.43	2	0	0	0	0.67	5	0	0	0	0																	5	0.45
Wiederholtes Orientierungsverhalten im Text durch fehlende visuelle Ankerpunkte (z. B. Markierungen)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0																	1	0.09
Wiederholtes Orientierungsverhalten im Text durch fehlende visuelle Ankerpunkte (z. B. Markierungen)	1	0	0	0	0	0.14	2	0	0	0	0.67	2	0	0	0	0																	2	0.18
Durchschnittliche Schwierigkeiten der Teilnehmenden, die einem Typ angehören	10.7						8.0						5.8																					
SD	3.5						2.9						2.2																					

* deduktive Kategorie ohne Kodierung

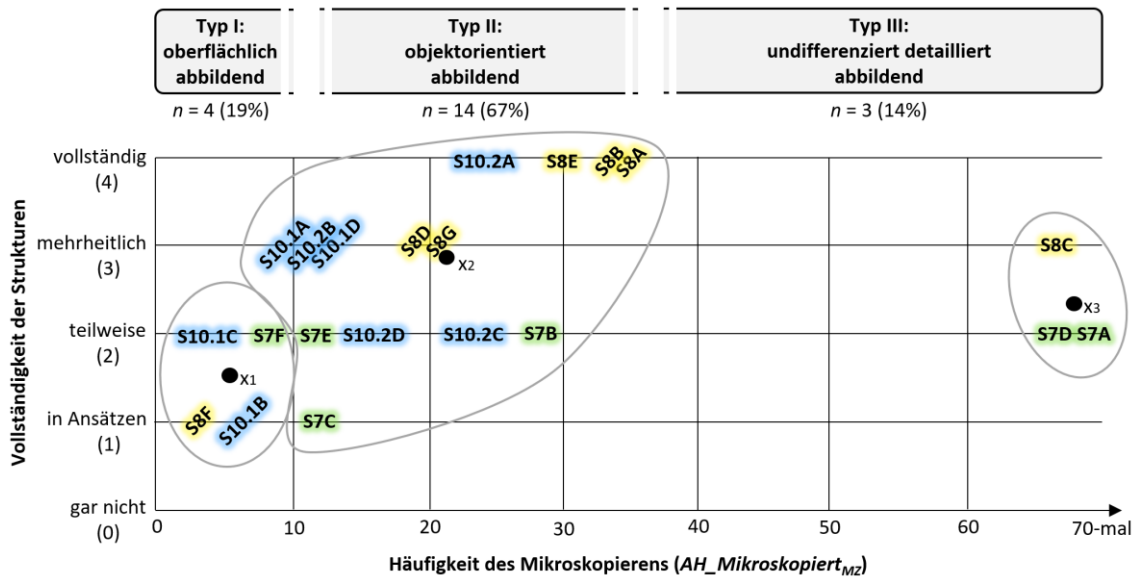
Anmerkung. Die Mittelwerte berechnen sich pro Typ jeweils zeilenweise (z. B. Ablenkung). Fett dargestellte Mittelwerte beziehen sich dahingegen pro Typ auf die gesamte Hauptkategorie (z. B. Attentive Schwierigkeiten).

9.4.2 Typen zur Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen

Wie im Vorfeld dargestellt (7.14.1), basiert die Typisierung, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betrifft, auf dem Unterscheidungsmerkmal der Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop. Anhand dieses konnten bezogen auf die 21 Fallbeispiele – ebenso wie für die Konstruktion der Ablaufdiagramme – drei unterschiedliche Typen herausgearbeitet werden. So kann zwischen dem oberflächlich abbildenden Typ I, dem objektorientiert abbildenden Typ II und dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III unterschieden werden. In Abbildung 9.39 wird die Verteilung der Fälle dargestellt. Die Position des jeweiligen Falls in der Vertikalen (Y-Achse) ergibt sich durch die Vollständigkeit der in der Zeichnung dargestellten Strukturen (Anhang 9.5, Tab. A9.10). Die Position in der Horizontalen (X-Achse) ergibt sich wiederum vor dem Hintergrund der Häufigkeit des Mikroskopierens (*AH_Mikroskopiert_{MZ}*; Anhang 9.7, Tab. A9.18). In Abbildung 9.39 sind die Fälle der siebten Klassenstufe grün, die der achten gelb und die der zehnten blau hinterlegt.

Zum Merkmalsraum von **Typ I: oberflächlich abbildend** ($n = 4$) zählen Zeichnungen, deren Konstruktion auf einen sehr geringen Abgleich mit dem Mikroskop zurückgeht. Beispielsweise hat Emma (S8F; Abb. 9.40) die Amöbe nur dreimal für insgesamt 36 Sekunden betrachtet und Paul (S10.1B) die Zellen des Laubmooses sechsmal für insgesamt 40 Sekunden (Anhang 7, Anhang 9.7, Anhang 10). Emma merkt retrospektiv an, dass sie *„besser hinsehen, also häufiger hinsehen [müsse], sodass man es auch eher zeichnen kann.“* (S8F, a54). Auch Paul kommt retrospektiv zu einem ähnlichen Schluss: *„Ich würde genauer zeichnen und mir nochmal länger die Sachen angucken und aufmerksamer sein.“* (S10.1B, b23). Bezogen auf die Fälle der Stichprobe, die sich Typ I zuordnen lassen (S7F, S8F, S10.1B, S10.1C), zeigt sich, dass Zeichnungen, deren Anfertigung lediglich mit einem seltenen Abgleich des mikroskopischen Präparats einhergehen, zugleich eine geringere strukturelle Übereinstimmung mit dem mikroskopischen Original besitzen (Abb. 9.39, 9.5.4, Anhang 7, Anhang 10). **Typ III: undifferenziert detailliert abbildend** ($n = 3$) steht dem bereits vorgestellten Typ I als Extrem gegenüber. Drei Teilnehmende (S7A, S7D, S8C) blicken zwischen der Ausführung anderer Tätigkeiten mehr als 60-mal durch das Mikroskop und damit deutlich häufiger als die übrigen Teilnehmenden (Abb. 9.39). Die Zeichnung von Nora (S8C), die sich Typ III zuordnen lässt, ist in Abbildung 9.40 dargestellt. Für alle drei zuvor genannten Fälle zeigt sich, dass das Vorgehen bei der Konstruktion sehr kleinschrittig ist. Mehrfach wird das Präparat nur für wenige Sekunden betrachtet (9.5.6, Anhang 7, Anhang 10)¹.

¹ Wie im Methodenteil (7.13.4) dargestellt, repräsentieren die im Hintergrund der Tätigkeitsabfolge zu sehenden vertikalen Linien in gleichmäßigen Abständen jeweils Zeitintervalle im Umfang von zwei Sekunden (vgl. Abb. 9.41a). Hieran lässt sich auf einen Blick erkennen, dass viele Phasen des Mikroskopierens weniger als zwei Sekunden lang andauern.



	S8F	S10.1C	S10.1B	S7F	S10.1A	S10.2B	S7E	S7C	S10.1D	S10.2D	S8D	S8G	S10.2C	S10.2A	S7B	S8E	S8B	S8A	S8C	S7D	S7A
AH_Mikroskopiert _{MZ}	3	4	6	8	10	12	12	12	13	16	19	21	23	24	28	30	34	35	67	67	69

Abbildung 9.39 Verteilung der Fälle auf die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffenden Schülertypen I-III

Anmerkung. Einem Typ zugehörige Fälle sind gemeinsam umrandet dargestellt. Dies impliziert nicht, dass typische Fälle eines Typs nur innerhalb der umrandeten Bereiche liegen können. Erläuterungen zu den Koordinatenpunkten x₁, x₂ und x₃ erfolgen im Text.

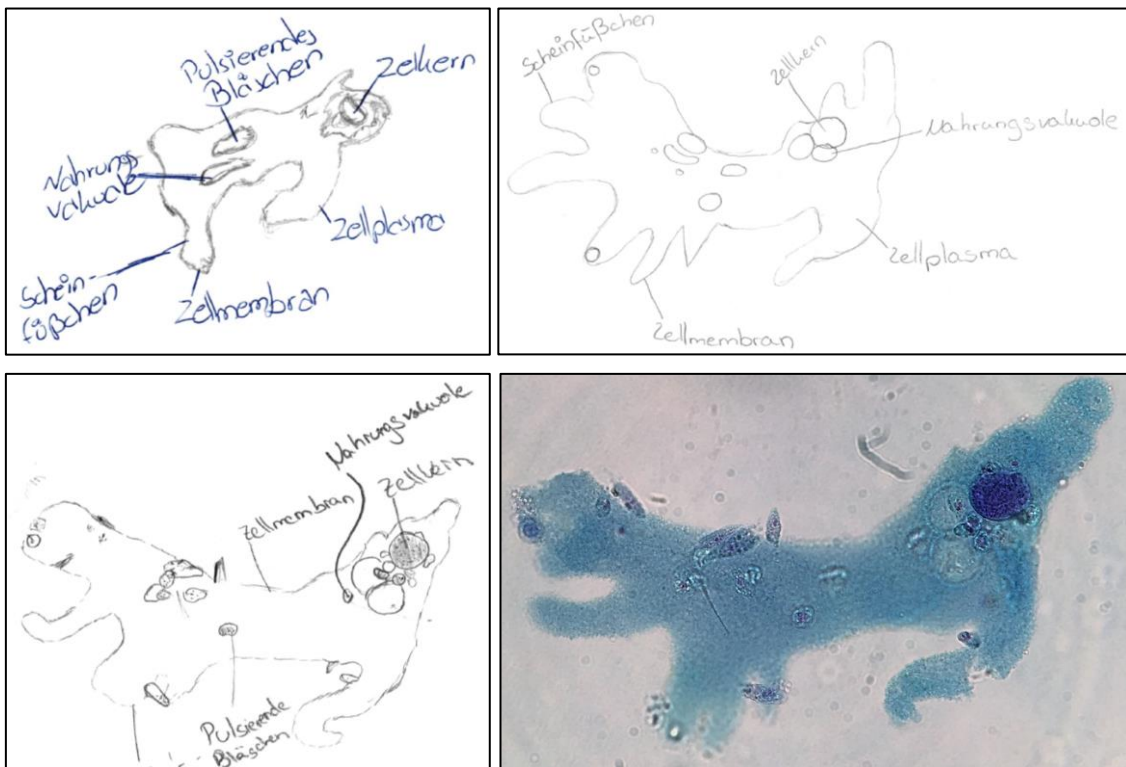


Abbildung 9.40 Zeichnung von Emma (S8F, links oben, AH_Mikroskopiert_{MZ} = 3, Typ I), Johanna (S8D, rechts oben, AH_Mikroskopiert_{MZ} = 19, Typ II), Nora (S8C, links unten, AH_Mikroskopiert_{MZ} = 67, Typ III) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum und Ausschnitt des Sichtfelds des Mikroskops (rechts unten, Anhang 2.2)

Hinsichtlich der Vollständigkeit der dargestellten Strukturen (Abb. 9.40) ergibt sich zwischen dem Fall Nora (S8C, Typ III) und dem Fall Johanna (S8D), der sich dem **Typ II: objektorientiert abbildend** ($n = 14$) zuordnen lässt, kein Unterschied (Abb. 9.39). Johanna blickt mit 19-mal jedoch weniger als ein Drittel so häufig durch das Mikroskop wie Nora (S8C, Typ III, 67-mal), orientiert sich aber zugleich deutlich näher als Emma (S8F, Typ I, 3-mal) an den Strukturen des Präparats. Regelmäßiges, aber nicht extrem häufiges Betrachten des mikroskopischen Präparats und das zeichnerische Generalisieren des Gesehenen (z. B. Glättung des Verlaufs von Strukturen) sind charakteristisch für Fälle, die sich dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen lassen. In diesem Zusammenhang ist es notwendig hervorzuheben, dass sich durch die reine Betrachtung des Beurteilungskriteriums des Abstraktionsgrads noch keine Aussage über die (angemessene) Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop treffen lässt. So kann zwar beispielsweise bereits bei der Betrachtung der Zeichnung von Laura (S7A, Anhang 10.1) vermutet werden, dass sie auf Grund der uneindeutigen Linienführung wahrscheinlich kleinschrittig bei der Konstruktion ihrer Zeichnung vorgegangen ist, allerdings zeigt erst die Betrachtung des Prozesses, dass die Schülerin undifferenziert detailliert abbildet (Typ III), d. h. einzelne Strukturen minutiös wiedergibt, ohne diese in geeigneter Form zu generalisieren. Vor diesem Hintergrund benötigen die Teilnehmenden, die sich Typ III zuordnen lassen, durchschnittlich mehr als doppelt so lange ($M = 849.7$ s bzw. 14 min 9.7 s, $SD = 38.0$ s), um die Zeichnung anzufertigen (exklusive der Beschriftung der gezeichneten Strukturen im Zuge der zweiten Aufgabenstellung; 5.2.5, Anhang 7 sowie Tab. A9.20 in Anhang 9.7), als die Fälle, die sich Typ II ($M = 329.7$ s bzw. 5 min 29.6 s, $SD = 61.1$ s) zuordnen lassen, und mehr als dreifach so lange als die Fälle, die sich Typ I ($M = 262.5$ s bzw. 4 min 22.5 s, $SD = 55.3$ s) zuordnen lassen.¹

Zur Abgrenzung zwischen Typ I und II sei ergänzend auf folgende Befunde hingewiesen: Teilnehmende, die sich Typ II zuordnen lassen und hinsichtlich der Häufigkeit des Mikroskopierens in Abbildung 9.39 nahe an den Vertreterinnen und Vertretern des Typs I liegen, wie z. B. Nathalie (S7C) und Florian (S7E), mikroskopieren mit 12-mal mehr als doppelt so häufig wie die vier Teilnehmenden (S7F, S8F, S10.1B, S10.1C), die sich Typ I zuordnen lassen, durchschnittlich gesehen ($M = 5.3$, $SD = 1.9$, Tab. 9.24). Die nachfolgende Tabelle 9.24 spezifiziert die in Abbildung 9.39 dargestellten Koordinatenpunkte (x_1 , x_2 , x_3) für die drei Schülertypen. Bezogen auf die Stichprobe zeigt sich, dass Schülerinnen und Schüler, die sich dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen lassen ($M = 2.9$) mehr Strukturen in ihren Zeichnungen darstellen als diejenigen Lernenden, die sich dem oberflächlich abbildenden Typ I ($M = 1.5$) oder dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III ($M = 2.3$)

¹ Berechnungsgrundlage ist die Variable $T_alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ in Tab. A9.17 in Anhang 9.7.

zuordnen lassen. Außerdem ergeben sich für die Typen durchschnittlich betrachtet erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Häufigkeit des Mikroskopierens. Teilnehmende, die Typ I zugehörig sind, mikroskopieren durchschnittlich etwa fünfmal ($M = 5.3$), wohingegen Typ II durchschnittlich etwa vierfach ($M = 20.6$) und Typ III durchschnittlich etwa dreizehnfach so häufig durch das Mikroskop schaut ($M = 67.7$, Tab. 9.24). Die Abbildungen 9.41 und 9.42 stellen die beiden extremen Fälle von Emma (S8F, Typ I) und Nora (S8C, Typ III) vergleichend gegenüber.

Tabelle 9.24 Typbezogene Mittelwerte und Standardabweichungen zur Vollständigkeit gezeichneter Strukturen und zur Häufigkeit des Mikroskopierens

Koordinatenpunkt Bezug: Abb. 9.39	Typ	Vollständigkeit der Strukturen		Häufigkeit des Mikroskopierens	
		Bezug: Y-Achse in Abb. 9.39 Referenz: Anhang 9.5, Tab. A9.10		Bezug: X-Achse in Abb. 9.39 Referenz: Variable <i>AH_Mikroskopiert_{Mz}</i> , Tab. A9.18 in Anhang 9.7, 7.13.5	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
x_1	I	1.5	0.5	5.3	1.9
x_2	II	2.9	0.9	20.6	8.3
x_3	III	2.3	0.5	67.7	0.9

Darüber hinaus zeigt Tabelle 9.25 die während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen aufgetretenen Schwierigkeiten bzw. Fehler im Zusammenhang mit den Typen. Die Darstellung basiert auf der Kategorisierung, die in Unterkapitel 9.3 einleitend dargestellt wurde (Tab. 9.14). Bezogen auf die Stichprobe zeigt sich, dass bei Fällen, die sich dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen lassen, durchschnittlich mehr Schwierigkeiten bzw. Fehler auftreten ($M = 12.8$, $SD = 1.8$) als bei solchen, die sich dem objektorientiert abbildenden Typ II ($M = 9.5$, $SD = 2.6$) oder dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III ($M = 9.7$, $SD = 1.2$) zuordnen lassen. Insbesondere bezogen auf die beiden Hauptkategorien der Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.3.3) sowie der Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.3.4) entfallen auf Typ II durchschnittlich deutlich weniger Belege als auf den Typ I. Hinsichtlich der planungsbezogenen Schwierigkeiten/Fehler (9.3.2) und der Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung (9.3.7) zeigen alle Typen wiederum durchschnittlich eine ähnliche Anzahl an Schwierigkeiten (Tab. 9.25). Bezogen auf Tabelle 9.25 sei darauf hingewiesen, dass diese nur diejenigen Schwierigkeiten bzw. Fehler der Lernenden umfasst, zu denen die Kodierenden im empirischen Ausgangsmaterial eindeutige manifeste Belege finden konnten. Im Rahmen der nachfolgend dargestellten ausgewählten Fallbeschreibungen (9.5.4 bis 9.5.6) sowie den in Anhang 10 beigefügten übrigen Fallbeschreibungen erfolgt eine vertiefende Betrachtung der Schwierigkeiten, die im Einzelfall einen Einfluss auf die Vollständigkeit der dargestellten Strukturen in den Zeichnungen haben können.

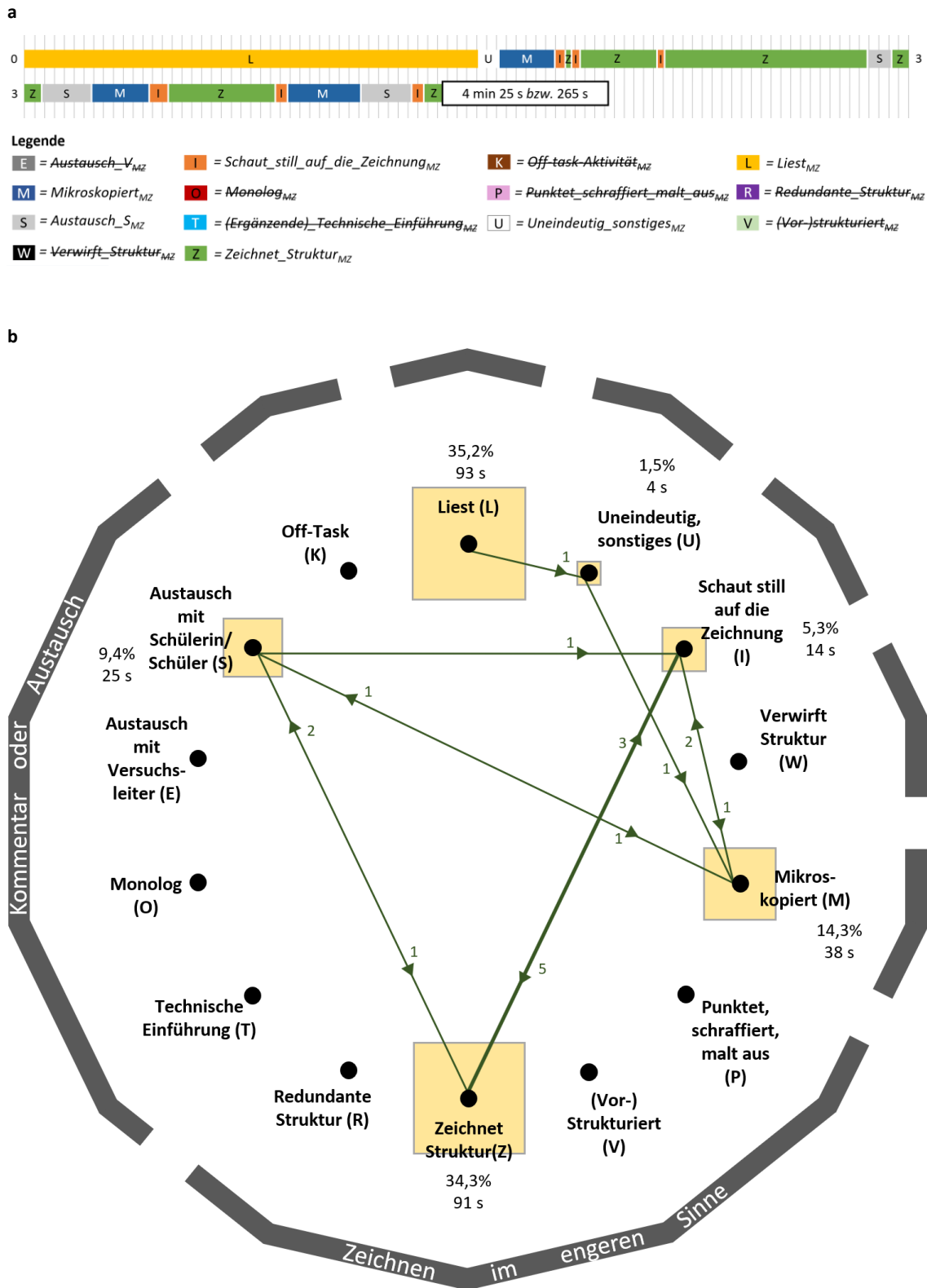


Abbildung 9.41 Tätigkeiten von Emma (S8F, Typ I) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe, **a**) Tätigkeitsabfolge und **b**) Tätigkeitswechsel, -dauer- und -anteil

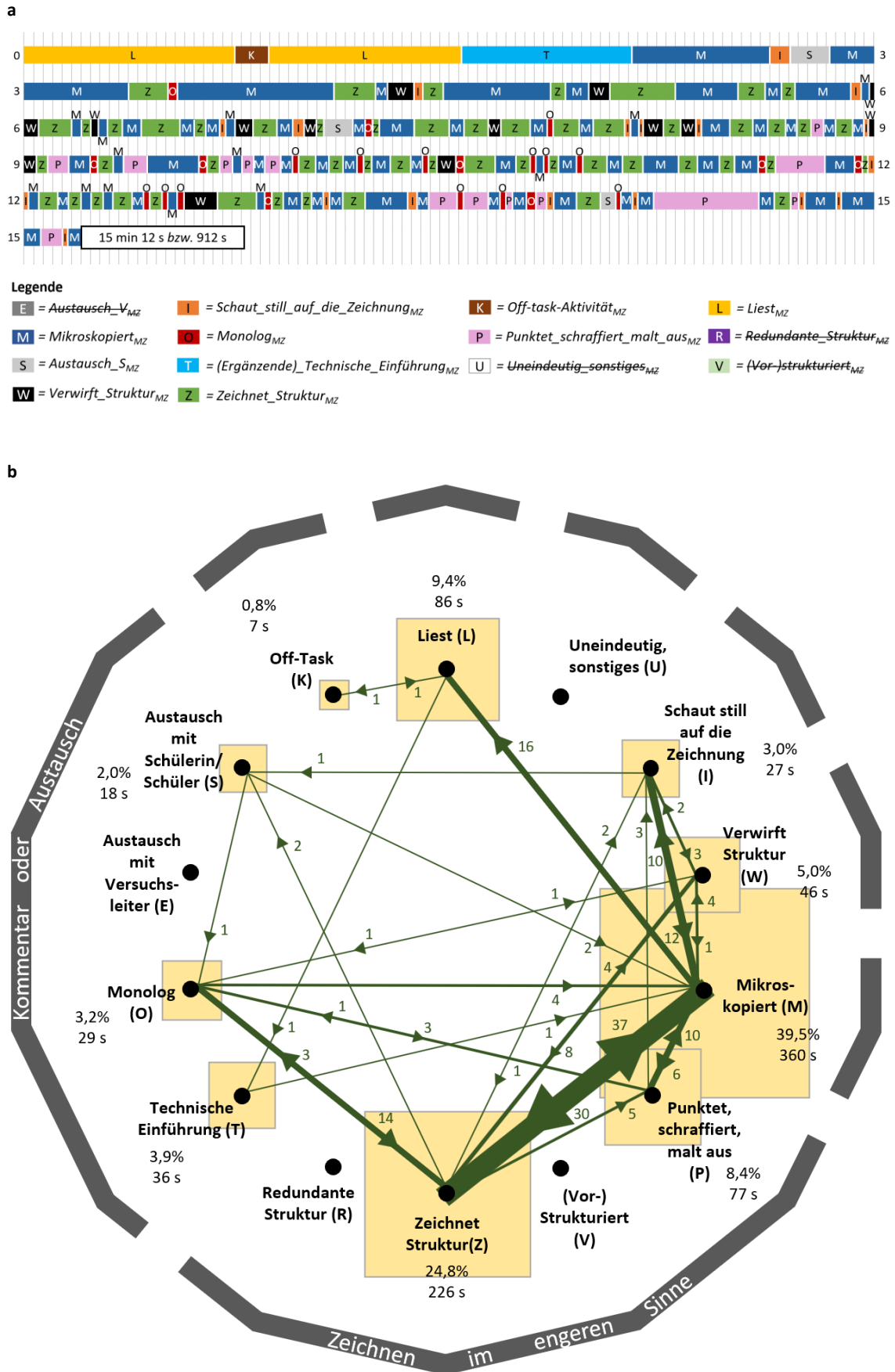


Abbildung 9.42 Tätigkeiten von Nora (S8C, Typ III) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe, **a**) Tätigkeitsabfolge und **b**) Tätigkeitswechsel, -dauer- und -anteil

Tabelle 9.25 Verteilung der Schwierigkeiten bzw. Fehler auf die drei Typen, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffen

	Typ I oberflächlich abbildend n = 4 (19%)			Typ II objektorientiert abbildend n = 14 (67%)											Typ III undifferenziert detailliert abbildend n = 3 (14%)							
	S7F	S8F	M	S7B	S7C	S7E	S8A	S8B	S8E	S8G	S10_1A	S10_1D	S10_1E	S10_2A	S10_2B	S10_2C	S10_2D	S7D	S8D	M		
Schwierigkeiten (Kapitelreferenz)	2	0	0.5															7	0.49	5	1.66	
Attentive Schwierigkeiten (9.3.1)	0	0	0															1	0.07	3	1.00	
Ablenkung																						
Abwehrlage durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung)*																						
Bedeutsamkeitsmangel																						
Fehlendes Bemühen/Interesse																						
Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung																						
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung																						
Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.3.2)	4	0	1.00															9	0.64	2	0.67	
Fehlende (Vor-)Strukturierung																						
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung																						
Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.3.3)	16	3	4.0															40	2.85	7	2.33	
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Strukturen																		3	0.21	0	0	
Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten)																		8	0.57	1	0.33	
Kein angemessenes Abstraktionsmaß																		9	0.64	1	0.33	
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen*																		0	0	0	0	
Uneindeutige Linienführung																		12	0.86	3	1.00	
Verwendung von Farbe																		0	0	0	0	
Zellen grenzen nicht natürlich aneinander (Dachziegelstruktur, ...)																		3	0.21	0	0	
Zellen nicht geschlossen dargestellt																		4	0.29	2	0.67	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.3.4)	16	1	4.00															31	2.21	8	2.67	
Beschriftung trotz Vorlage unvollständig																		5	0.36	1	0.33	
Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur																		7	0.50	2	0.67	
Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien																		1	0.07	1	0.33	
Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt																		0	0	0	0	
Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung																						
Struktur(en) teilweise falsch beschriftet																		10	0.71	2	0.67	
Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet																		2	0.14	0	0	
Vorgabe des Bildausschnittes nicht beachtet																		6	0.43	2	0.67	
Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.3.5)	2	0	0.50															2	0.14	0	0	
Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt																		2	0.14	0	0	
Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.3.6)	2	0	0.50															14	1.00	0	0	
Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden)																		2	0.14	0	0	
Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet																		7	0.50	0	0	
Überforderung																		1	0.07	0	0	
Wesentliche Hilfestellung wurde gegeben																		4	0.29	0	0	
Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung (9.3.7)	9	0	2.25															30	2.14	7	2.34	
Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts fällt schwer																		1	0.07	0	0	
Fehlende bzw. geringe Vorerfahrung zum Zellaufbau																		9	0.64	2	0.67	
Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt (vgl. 9.3.3 für Folgen)																		14	1.00	3	1.00	
Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen fällt schwer																		6	0.43	2	0.67	
Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen*																		0	0	0	0	
Durchschnittliche Schwierigkeiten der Teilnehmenden, die einem Typ angehören																						
			12.8																9.5	2.6	9.7	1.2
			1.8																2.6	1.2	1.2	1.2
			SD																2.6	1.2	1.2	1.2

* deduktive Kategorie ohne Kodierung

Anmerkung. Die Mittelwerte berechnen sich pro Typ jeweils zeilenweise (z. B. Ablenkung). Fett dargestellte Mittelwerte beziehen sich dahingegen pro Typ auf die gesamte Hauptkategorie (z. B. Attentive Schwierigkeiten).

9.5 Fallbeschreibungen

In diesem Unterkapitel wird für jeden der drei repräsentationsspezifischen Typen jeweils eine Fallbeschreibung vorgestellt. Die übrigen Fallbeschreibungen befinden sich in Anhang 10. Tabelle 9.26 gibt hierzu eine Übersicht.

Die in den Fallbeschreibungen genannten Mittelwerte und Standardabweichungen beziehen sich, wenn nicht anders angegeben, auf den Kontext, den die Schülerinnen und Schüler bearbeitet haben. Innerhalb der Fallbeschreibungen werden lediglich die Schwierigkeiten dargestellt, für die es eindeutige Belege gibt. Die tabellarischen Übersichten zu allen Schwierigkeiten bzw. Fehlern am Beginn der Unterkapitel 9.2 (Tab. 9.3) und 9.3 (Tab. 9.14) können die Suche nach ausgewählten Schwierigkeiten bzw. Fehlern in den Fallbeschreibungen erleichtern¹. Die in den Fallbeschreibungen angeführten Werte beziehen sich vor allem auf die in Anhang 7 und Anhang 9 hinterlegten Daten.

Tabelle 9.26 Verortung der Fallbeschreibungen und Bezug zu den repräsentationsspezifischen Schülertypen

Schülerin/ Schüler, Pseudonym	Ablaufdia- gramm: Schülertyp	Kapitel- referenz	Mikroskopische Zeichnung: Schülertyp	Kapitel- referenz
S7A, Laura	Typ I	9.5.1	Typ III	Anhang 10.1
S7B, Isabelle	Typ I	Anhang 10.2	Typ II	Anhang 10.2
S7C, Nathalie	Typ I	Anhang 10.3	Typ II	Anhang 10.3
S7D, Jonas	Typ I	Anhang 10.4	Typ III	9.5.6
S7E, Florian	Typ II	Anhang 10.5	Typ II	Anhang 10.5
S7F, Mara	Typ I	Anhang 10.6	Typ I	Anhang 10.6
S8A, Sara	Typ III	Anhang 10.7	Typ II	Anhang 10.7
S8B, Lisa	Typ II	9.5.2	Typ II	Anhang 10.8
S8C, Nora	Typ I	Anhang 10.9	Typ III	Anhang 10.9
S8D, Johanna	Typ III	Anhang 10.10	Typ II	Anhang 10.10
S8E, Sofia	Typ II	Anhang 10.11	Typ II	Anhang 10.11
S8F, Emma	Typ III	Anhang 10.12	Typ I	Anhang 10.12
S8G, Ben	Typ I	Anhang 10.13	Typ II	Anhang 10.13
S10.1A, Klara	Typ III	9.5.3	Typ II	Anhang 10.14
S10.1B, Paul	Typ III	Anhang 10.15	Typ I	Anhang 10.15
S10.1C, Carolin	Typ III	Anhang 10.16	Typ I	9.5.4
S10.1D, Leah	Typ III	Anhang 10.17	Typ II	Anhang 10.17
S10.2A, Hannah	Typ III	Anhang 10.18	Typ II	9.5.5
S10.2B, Melinda	Typ III	Anhang 10.19	Typ II	Anhang 10.19
S10.2C, Victoria	Typ III	Anhang 10.20	Typ II	Anhang 10.20
S10.2D, Pablo	Typ III	Anhang 10.21	Typ II	Anhang 10.21

¹ Auf die potenziellen Schwierigkeiten wird ausschließlich in den Kapiteln 9.2 und 9.3 eingegangen. Gleiches gilt für die Schwierigkeiten *Inhaltliche Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet* (Ablaufdiagramm und mikroskopische Zeichnung) und *wesentliche Hilfestellungen wurden gegeben* (mikroskopische Zeichnung).

9.5.1 Laura – S7A (Typ I, Ablaufdiagramm)

Basisinformationen | Laura (S7A) hatte im letzten Zeugnis in Biologie die Note Zwei und in Kunst die Note Eins. Beim LGVT schneidet sie bezogen auf die Lesegeschwindigkeit von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb der Altersgruppe dieser Studie mit einem PR-Wert von 90 ($M = 50.8$, $SD = 34.6$) am besten ab. Dies bedeutet, dass nur 10% aller Lernenden innerhalb der Normierungsstichprobe ($N = 2390$) schneller gelesen haben (Schneider et al., 2007, S. 12). Ihre Leistung kann nach Schneider et al. (2007) als überdurchschnittliche Leistung (Wertebereich: 76-95) eingestuft werden. Mit ihrem Leseverständnis erzielt sie dahingegen einen PR-Wert von 38 ($M = 31.2$, $SD = 22.6$). Dies stellt den unteren Durchschnitt der durchschnittlichen Leistungen (Wertebereich: 26-50) dar (Schneider et al., 2007). Laura zeichnet sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Laura nennt im Vorfeld (Vor_AD_1, 2; Anhang 4; Anhang 9.3) drei Begriffe, die Relevanz für das zu konstruierende Ablaufdiagramm besitzen, und verfügt damit über eine geringe fachliche Vorerfahrung.

Tätigkeitsanalyse | Lauras Vorgehen während der Anfertigung ihres Schaubilds setzt sich aus einer Abfolge von 64 Tätigkeiten zusammen (Abb. 9.43). Bezogen auf die Altersgruppe liegt sie damit unter dem durchschnittlichen Wert ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 73.7$, $SD = 48.4$). Sie benötigt insgesamt 739 Sekunden ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD}$), um das Ablaufdiagramm anzufertigen. Damit ist sie etwas schneller als ihre Altersgruppe im Durchschnitt ($M = 972.0$, $SD = 611.4$). Beim initialen Lesen der Textgrundlage des Ablaufdiagramms, d. h. vor dem Beginn des Zeichnens, ist sie von allen Schülerinnen bzw. Schülern innerhalb der Altersgruppe am schnellsten ($T_Liest_vorab_{AD} = 108$ s, $M = 238.7$, $SD = 94.3$). Während der Anfertigung der Zeichnung benötigt sie danach nochmals etwas weniger als drei Minuten, um einzelne Abschnitte des Texts sowie die Aufgabenstellung erneut zu lesen ($T_Liest_während_{AD} = 162$ s, $M = 343.5$, $SD = 480.0$). Innerhalb der Altersgruppe geht sie am längsten der Tätigkeit des Zeichnens nach ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 380$ s, $M = 252.5$, $SD = 91.9$), wohingegen sie mit der Häufigkeit der Ausübung dieser Tätigkeit nahe am Altersdurchschnitt liegt ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} = 23$, $M = 23.7$, $SD = 17.2$). Im Gegensatz zu den anderen Schülerinnen und Schülern schaut sie eher selten still auf die Zeichnung, um diese zu überblicken oder zu kontrollieren ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 11$ s, $M = 47.5$, $SD = 36.2$). Sie nimmt außerdem keine Korrekturen an bereits gezeichneten Strukturen vor ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 0$, $M = 1.2$, $SD = 1.5$). Laura lässt sich zweimal ($AH_Off-task-Aktivität_{AD} = 2$,

$M = 0.8, SD = 0.7$) für wenige Sekunden von der Zeichenaufgabe ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{AD}} = 7\text{ s}, M = 3.2, SD = 2.9$). Sie verzichtet auf die Verwendung von Pfeilen, die der Darstellung von Zusammenhängen zwischen einzelnen abgebildeten Textinformationen dienen könnten ($AH_{Explizite_Relationen_{AD}} = 0, M = 3.2, SD = 5.5$). Der Zusammenhang zwischen den von ihr dargestellten Teilzeichnungen (Abb. 9.44) ist ohne Vorkenntnisse zu den Inhalten der Textgrundlage nicht oder nur schwer nachvollziehbar. Abbildung 9.45 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

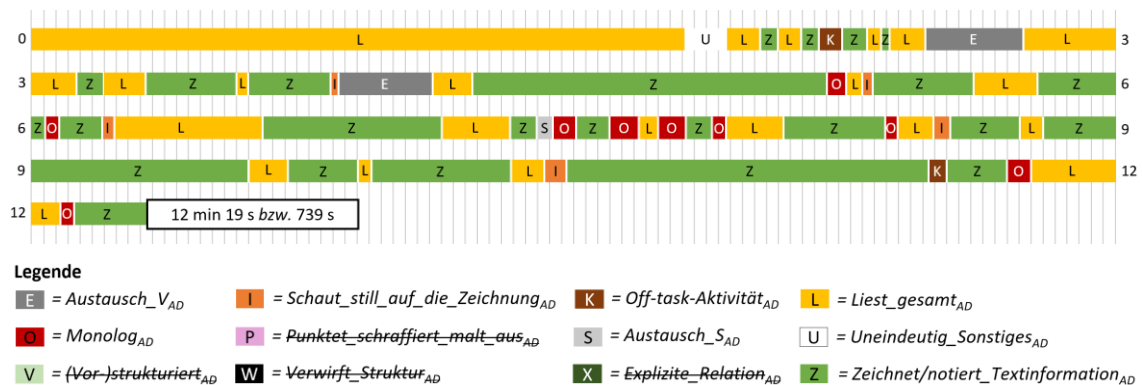


Abbildung 9.43 Abfolge der Tätigkeiten von Laura (S7A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Bei der kriterialen Beurteilung der Zeichnung erreicht Laura 10 von 24 Punkten (41.7%, $M = 39.6, SD = 11.5$, Anhang 9.5) und liegt damit sehr nahe am durchschnittlichen Wert ihrer Altersgruppe. Sie stellt 9 von 15 der in der Textgrundlage enthaltenen Elemente (60%) und 7 von 19 Relationen (36.8%) dar. Im Vergleich dazu werden innerhalb der Altersgruppe durchschnittlich die Hälfte der Elemente ($M = 50.0\%, SD = 25.2$) und etwas mehr als ein Drittel der Relationen zwischen den Elementen ($M = 36.0\%, SD = 27.2$) in der Zeichnung dargestellt. Bezogen auf die dargestellten Elemente und Relationen schneidet Laura also geringfügig besser ab als ihre Altersgruppe durchschnittlich. Dies gilt auch, wenn der Bezug zur dafür benötigten Zeit hergestellt wird: Sie stellt 1.3 Elemente/Relationen pro Minute dar ($M = 1.0, SD = 0.4$) und erreicht bezogen auf die kriteriale Beurteilung 0.8 Punkte pro Minute ($M = 0.7, SD = 0.2$) (Anhang 9.11). Auf Grund der überwiegend depiktional dargestellten Elemente lässt sich ihre Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Im Zuge der nach der Anfertigung des Ablaufdiagramms gestellten Verständnisfragen erinnert sie sieben der neun gezeichneten relevanten Textinformationen. Sie kann keine der sechs weiteren im Text vorhandenen, aber nicht gezeichneten, Textinformationen benennen. Die Schülerin geht davon aus, dass ihr die Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick über den Kontext zu erlangen und diesen zu verstehen. Sie schätzt jedoch ein, dass sie beim Lesen der Textgrundlage und beim Zeichnen eher nicht bei der Sache war. Die Schülerin sagt auch, dass ihr die Auswahl von relevanten Textinformationen ihrer Meinung nach eher nicht schwer fiel. Jedoch konnte Laura, wie zuvor berichtet, nur etwas mehr als die Hälfte der für das Schaubild relevanten Elemente und Relationen entnehmen. Sie gelangt damit zu keiner realistischen Selbsteinschätzung.

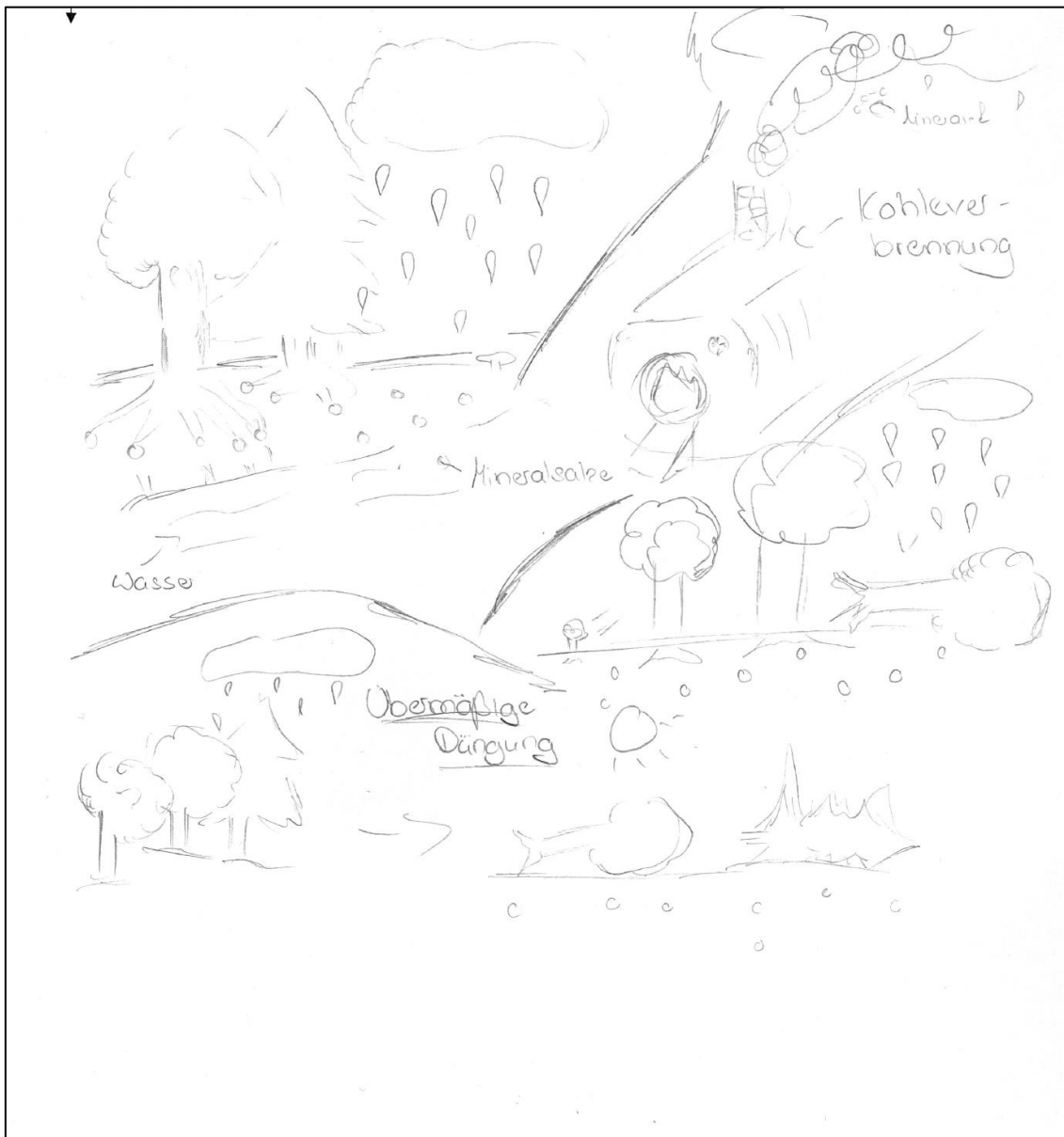


Abbildung 9.44 Zeichnung von Laura (S7A) zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Wie zuvor festgestellt, stellt die Schülerin nur sieben von 15 Textinformationen dar, benennt bei den retrospektiv gestellten kontextbezogenen Verständnisfragen keine der sechs anderen im Text vorhandenen Textinformationen, gibt aber zugleich an, dass ihr die Auswahl von relevanten Textinformationen nicht schwer fiel. Eine Aussage der Schülerin im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen lässt darauf schließen, dass die fehlende Nutzung geeigneter Lesestrategien die Entnahme der relevanten Textinformationen erschwerte:

„Ich habe gelesen und dann habe ich mir die Unterabschnitte zwar nicht markiert, aber ein bisschen im Kopf gemerkt. [...] Den Text markieren hat mir auch noch nie geholfen, weil ich fange immer wieder an, den Text zu lesen, egal was markiert ist. Ich hätte mit dem Bleistift vielleicht die Abschnitte markieren sollen, jetzt ohne Farben.“ (S7A, a45, a57).

Bei den Selbsteinschätzungsaussagen merkt Laura an, dass sie sowohl beim Zeichnen als auch beim Lesen eher weniger aufmerksam war. Im Zuge der Verständnisfragen wird zudem deutlich, dass Laura einzelne Textabschnitte nicht oder nicht hinreichend gelesen hat, wodurch Schwierigkeiten beim Verständnis und der Wiedergabe der Textinformationen entstehen. Die flüchtig gelesenen Abschnitte werden letztendlich auch in der Zeichnung unvollständig dargestellt:

„Oh, ok, ich sollte keine Zeile mehr überspringen, nein. Die Wasserversorgung wird reduziert und Instabilität, das gilt ja für alle Baumarten. Durch den Nebel zum Beispiel weiß ich nicht, ob das Holz schneller angefressen wird. Was habe ich da gelesen? Nein. Durch den Nebel gehen die Zapfen viel schneller kaputt. Nein, ich weiß es nicht mehr so genau.“ (S7A, a36).

Laura hat Schwierigkeiten damit, die Textinformationen verständlich realistisch zu repräsentieren. Sie deutet einzelne Linien teilweise nur zaghaft an. Die Formen lassen sich nicht immer eindeutig voneinander unterscheiden. Sie zieht es nicht in Erwägung, die eigene Limitation bei der realistischen Darstellung zu umgehen, indem sie Strukturen, die sie nicht angemessen darstellen kann, gegen Begriffe ersetzt. Einige Aspekte werden in der Zeichnung redundant repräsentiert. Beispielsweise wird die Kohleverbrennung sowohl zeichnerisch dargestellt als auch als solche beschriftet:

„Ich habe keine Ahnung, wie die aufgebaut sind [sie zeichnet einen Ofen, in dem ein Feuer brennt] auf jeden Fall Kohleverbrennung und eine Wolke. Das heißt Kohleverbrennung und der Regen ist [unverständl.] Regen dann brauchen wir noch Nadelbäume und ein Nadelbaum ok. So und was habe ich dann noch nicht? [...] Das sind Mineralsalze, diese Kügelchen [zeichnet kleine Kreise an die Wurzelspitzen der Bäume und im Boden], die nehmen die Bäume durch die Wurzeln auf. Und die [Mineralsalze]

sind halt durch das hier, durch die Verbrennung, oder? Kommen die in die Luft.“ (S7A, a31).

Zuvor Genanntes wird auch anhand der Schilderungen Lauras im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen deutlich:

„Die Schadstoffe in der Luft wusste ich nicht genau, wie ich die zeichnen sollte. Da habe ich jetzt einfach Rauch gemalt [...].“ (S7A, a47).

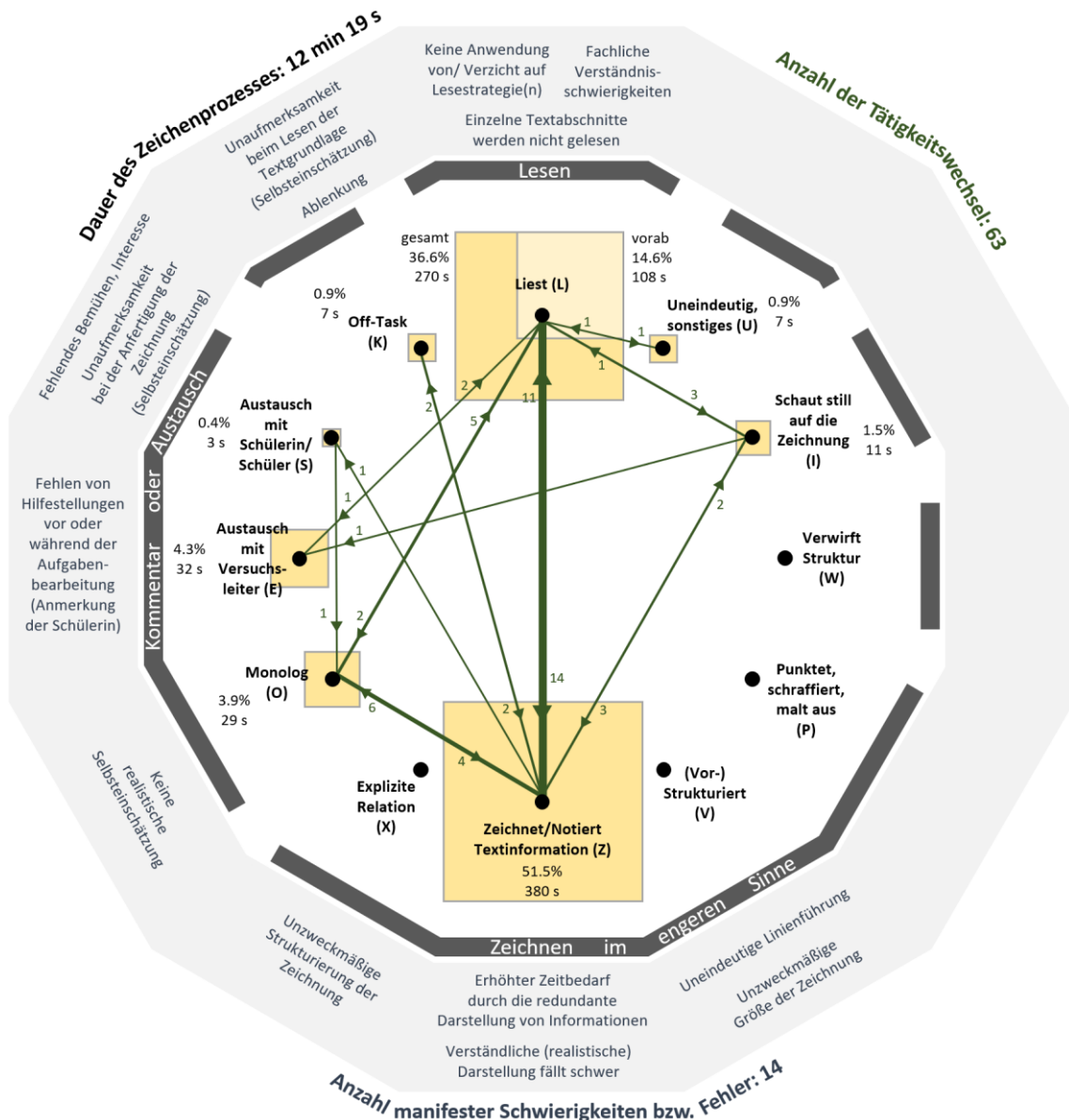


Abbildung 9.45 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Laura (S7A)

Überwiegend sind zum Verständnis des Schaubilds die transkribierten Erläuterungen der Schülerin notwendig. In nachfolgender Aussage zeigt sich, dass Laura bewusst ist, dass sie das Schaubild so anfertigen soll, dass es eine andere Person verstehen kann:

„Ich habe jetzt nichts falsch gemacht, aber ich muss die Aufgabe drei ja auch in das selbe Schaubild mit reinbringen.“ (S7A, a31).

Bei der Frage, was ihr schwergefallen ist, verdeutlichen sich die Schwierigkeiten bei der verständlichen realistischen Darstellung der Textinformationen:

„Den Schadstoff in der Luft darzustellen. Ich kann jetzt nicht ganz viele Moleküle dort hinmalen.“ (S7A, a51).

Laura erkennt die eigene Limitation bei der Darstellung der Textinformationen. Sie zeigt offen fehlendes Bemühen, indem sie die unzureichende Darstellung entweder amüsiert zur Kenntnis nimmt oder gleichgültig akzeptiert, obwohl die Strukturen nicht ihren Erwartungen entsprechen. Sie erkennt ebenfalls, dass einzelne Aspekte aus dem Text nicht dargestellt wurden und ihre Zeichnung damit unvollständig ist. Sie sieht dies aber nicht als problematisch an:

„[...] und die Wurzeln breiten sich dann nicht so groß aus [...], so, was weiß ich. [...] Hier so eine Wolke mit dem vergifteten Regen sage ich jetzt [unverständlich]. Und hier ein kleiner Baum, der eigentlich gar nicht so aussieht wie ein kleiner Baum, aber egal. [...] Oh jetzt habe ich die Kohleverbrennung nicht drin [unverständlich]. Naja, ob man es versteht, ist eine andere Sache und ob es nur ein Schaubild ist, ist auch eine andere Sache. Auf jeden Fall hängt es irgendwie alles zusammen. So ich bin fertig.“ (S7A, a31).

Von der Möglichkeit, die eigene Zeichnung zu korrigieren, beispielsweise durch das Ausradieren einzelner Strukturen, macht sie keinen Gebrauch ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 0$, $M = 1.2$, $SD = 1.5$).

Die Schülerin zeigt zudem fachliche Verständnisschwierigkeiten, die die zeichnerische Darstellung beeinflussen. Vor diesem Hintergrund hat Laura auch teilweise Schwierigkeiten, die Textinformation in eigene Worte zu fassen:

„Das sind Mineralsalze, diese Kügelchen [zeichnet kleine Kreise an die Wurzelspitzen der Bäume und im Boden], die nehmen die Bäume durch die Wurzeln auf. Und die [Mineralsalze] sind halt durch das hier, durch die Verbrennung, oder? Kommen die in die Luft. Naja, ob die dann schon Mineralsalze sind, ist eine andere Frage. Dann machen wir es einfach mal als Beispiel, irgendwie so. [...] Hier so eine Wolke mit dem vergifteten Regen sage ich jetzt [unverständlich].“ (S7A, a31).

Laura hat auch Schwierigkeiten bei der Blatteinteilung. Sie füllt das Arbeitsblatt im oberen und den seitlichen Abschnitten vollständig aus. Auf Grund von Platzmangel grenzt sie die Teilzeichnungen nachträglich mit Trennstrichen voneinander ab. Es erfolgt keine zweckmäßige Strukturierung der Teilprozesse, beispielsweise in der Vertikalen oder in der Horizontalen. Die im Text beschriebenen Teilprozesse werden von Laura additiv aneinandergereiht:

„Hier unten läuft Grundwasser rum, auch wenn es nicht gerade aussieht, als wäre es unter dem Grund. Das nehmen die Bäume dann nicht mehr auf, das hätte ich vielleicht bei gesunden Bäumen machen sollen. Dann mache ich das hier unten nochmal hin, weil ich hier oben so wenig Platz habe.“ (S7A, a31).

Die Schülerin erkennt den potenziellen Mehrwert der Überführung der linearen Textinformation in ein kompaktes Schaubild, verdeutlicht aber, dass das Fehlen von Hilfestellungen problematisch sein kann:

„Ich weiß nicht, ob es für mich hilfreich war. [...] Ich finde, wenn man es malt, bleibt es einem länger im Kopf, aber, wenn ich vorher nicht korrigiert werde und es mir falsch merke, dann glaube ich, wäre es nicht gut für mich. Es wäre für mich nicht hilfreich, wenn es falsch aufgezeichnet ist, was es wahrscheinlich auch ist.“ (S7A, a49).

Laura ist überrascht, dass sie über die Zeit viel vergessen hat. In ihrer Darstellung erkennt sie retrospektiv großes Verbesserungspotential. Auf die Frage, was ihr hätte besser gelingen können, resümiert sie:

*„Alles *lacht*. Von den Fragen jetzt bin ich etwas überrascht, wie viel ich vergesse über die Zeit, wenn ich es nicht wiederhole. Das war ziemlich alles in der fünften Klasse. Ok, irgendwie kann ich mich verstehen, dass ich es vergesse, weil wir haben jetzt ganz viel anderen Unterrichtsstoff jetzt noch, aber wenn ich überlege, ich hatte in den ganzen Arbeiten in Bio immer eine Eins und jetzt weiß ich halt nichts mehr. Das hat mich etwas erschrocken. Das Schaubild hat für mich nicht wie ein Schaubild gewirkt, sondern eher wie eine Kinderkritzelei. Das hätte ich auf jeden Fall besser machen können.“ (S7A, a55).*

9.5.2 Lisa – S8B (Typ II, Ablaufdiagramm)

Basisinformationen | Lisa hatte in Biologie im letzten Zeugnis die Note Zwei. Für das Fach Kunst ist sie sich nicht mehr sicher, entweder hatte sie darin die Note Eins oder Zwei. Beim LGVT erreicht sie für ihre Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 58. Diese Leistung entspricht nach Schneider et al. (2007) dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) und stellt innerhalb des Kontexts die zweitbeste gezeigte Lesegeschwindigkeit dar ($M = 38.1, SD = 21.7$). Das gezeigte Leseverständnis resultiert in einem PR-Wert von 26. Diese Leistung entspricht dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) und liegt nahe am durchschnittlichen Wert der im Rahmen dieser Studie untersuchten Altersgruppe ($M = 20.3, SD = 17.4$). Sie zeichnet im Biologieunterricht eher gerne, wohingegen sie außerhalb des Biologieunterrichts eher nicht gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Lisa kann vor der Anfertigung der Zeichnung bereits sechs relevante kontextbezogene Informationen benennen ($M = 2.3, SD = 2.4$). Sie hat den Zusammenhang zwischen Primär-, Sekundär- und Endkonsumenten bereits im Unterricht kennengelernt. Auch hat sie mit Ablaufdiagrammen oder Pfeildiagrammen in unterschiedlichen Unterrichtsfächern wiederholt Erfahrungen sammeln können:

„In Biologie eigentlich schon sehr häufig. Eigentlich machen wir sowas fast jede Stunde, also irgendwelche Bilder zeichnen mit Pfeilen. Wir machen das aber auch in anderen Fächern mit irgendwelchen komischen Bildern zeichnen. [E: Also verknüpft ihr dann eher die Begriffe mit Pfeilen oder eher Teilzeichnungen?] Das auch. Aber auch das Gezeichnete. Beides eigentlich.“ (S8B, b31-33).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen der Schülerin bei der Konstruktion der Zeichnung setzt sich aus der Ausübung von 136 Tätigkeiten zusammen (Abb. 9.46). Dies stellt innerhalb des Kontexts in Summe die höchste Anzahl an Tätigkeiten dar und liegt deutlich über dem durchschnittlichen Wert der Altersgruppe ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 89.3, SD = 26.4$). Für die gesamte Zeichenaufgabe benötigt sie mit fast 20 Minuten am zweitlängsten innerhalb des Kontexts ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 1187$ s, $M = 840.6, SD = 258.8$). Davon liest sie mit mehr als sieben Minuten von allen Schülerinnen und Schülern, die den Kontext bearbeitet haben, die Textgrundlage und die Aufgabenstellung im Vorfeld am längsten ($T_Liest_vorab_{AD} = 451$ s, $M = 286.0, SD = 83.6$). Parallel zum Zeichnen beschäftigt sie sich weitere 39-mal abschnittsweise mit dem Text ($AH_Liest_während_{AD} M = 21.3, SD = 9.1$). Dafür benötigt sie in

Summe etwa viereinhalb Minuten ($T_{Liest_während_{AD}} = 276\text{ s}$, $M = 203.9$, $SD = 71.4$). Auf Tätigkeiten, die dem Zeichnen zugeordnet sind, entfallen im Gegensatz dazu etwas weniger als vier Minuten ($T_{Zeichnet_gesamt_{AD}} = 224\text{ s}$, $M = 203.0$, $SD = 116.9$). So geht sie der Darstellung von Textinformationen 193 Sekunden ($M = 171.6$, $SD = 107.1$), dem Einzeichnen von Pfeilen 27 Sekunden und der Strukturierung von Informationen durch Umrandungen weitere vier Sekunden nach. Insgesamt geht sie während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe 37-mal zeichnenden Tätigkeiten nach ($AH_{Zeichnet_gesamt_{AD}} M = 29.0$, $SD = 9.7$). Lisa nimmt sich innerhalb der Altersgruppe am meisten Zeit, um die eigene Zeichnung (Abb. 9.47) still zu überblicken ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}} = 95\text{ s}$, $M = 62.6$, $SD = 19.7$). Sie tut dies mit 35-mal ebenso am häufigsten ($AH_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}} M = 21.0$, $SD = 6.6$). Nur an einer Stelle verwirft die Schülerin gezeichnete Strukturen durch Ausradieren dieser ($AH_{Verwirft_Struktur_{AD}} M = 1.6$, $SD = 1.9$). Während der gesamten Bearbeitung der Zeichenaufgabe lässt sich Lisa nicht ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{AD}} = 0\text{ s}$). Innerhalb des Kontexts verbalisiert Lisa am zweithäufigsten ihre Gedanken ($T_{Monolog_{AD}} = 98\text{ s}$, $M = 54.1$, $SD = 42.7$). Abbildung 9.48 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.



Abbildung 9.46 Abfolge der Tätigkeiten von Lisa (S8B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Lisa erreicht bei der kriterialen Beurteilung 10 von 24 Punkten (41.7%, $M = 61.3$, $SD = 13.7$). In ihrem Schaubild stellt sie 4 von 8 Elementen (50%, $M = 60.7$, $SD = 18.2$) und 3 von 10 Relationen (30%, $M = 45.7$, $SD = 14.0$) aus dem Text dar. Lisas gezeigte Leistung fällt innerhalb der Altersgruppe am geringsten aus. Sie erreicht 0.4

Elemente/Relationen pro Minute ($M = 0.7, SD = 0.2$) sowie 0.5 Punkte pro Minute ($M = 1.2, SD = 0.5$) im Zusammenhang mit der kriterialen Beurteilung der Zeichnung. Auf Grund des ähnlichen Verhältnisses depiktional und deskriptional dargestellter Elemente lässt sich Lisas Zeichnung dem alternierend abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

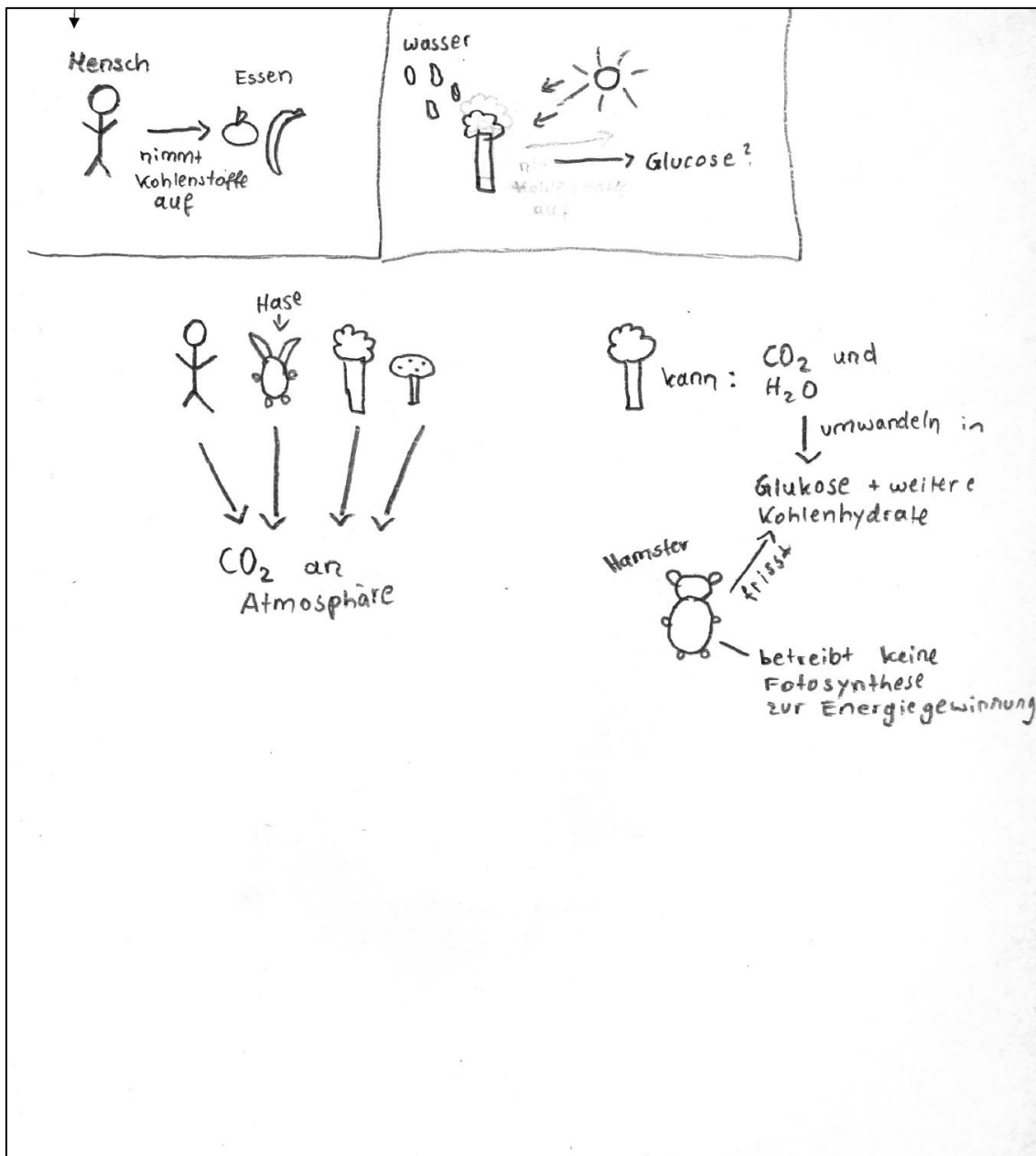


Abbildung 9.47 Zeichnung von Lisa (S8B) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Retrospektion | Im Verlauf der Verständnisfragen erinnert sich Lisa an alle vier gezeichneten Elemente. Von den vier weiteren im Text genannten, aber in ihrer Zeichnung nicht dargestellten, Elementen, erwähnt sie kein weiteres. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen verdeutlicht sie, dass ihr das Schaubild eher nicht geholfen hat, einen Überblick zu erlangen

und die Zusammenhänge zu verstehen. Diese Einschätzung bestätigt sie auch während der mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich empfand es eher schwer, das zu zeichnen. Ich glaube, es hätte eher was gebracht, den Text zu lesen.“ (S8B, b21).

Sie geht davon aus, dass sie beim Lesen bei der Sache und beim Zeichnen eher aufmerksam war. Sie gibt an, dass ihr die Auswahl der relevanten Textinformationen schwer fiel. Dies begründet sie mündlich ausführlicher:

„Ich wusste nicht so genau, was ich umsetzen soll oder was ich so zeichnen sollte. Ich konnte nicht so richtig in einem großen Bild darstellen, was mit was zu tun hat. Die Zusammenhänge zu finden, fand ich etwas schwer.“ (S8B, b23).

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Während die Schülerin den Text zum ersten Mal liest, unterstreicht sie viele Textstellen. Dabei hebt sie einige Wörter durch Umkreisen hervor. Parallel zum Zeichnen muss sie nur in wenigen Fällen länger nach einer bestimmten Textstelle suchen. Ihre Gedanken dazu verdeutlicht sie bei den mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich habe mir meiner Meinung nach die wichtigsten Informationen aus dem Text unterstrichen. Ich habe unterstrichen, was ich glaube, was mir dabei hilft, so ein Schaubild anzufertigen. Ich habe die wichtigen Sachen unterstrichen, die unwichtigen nicht.“ (S8B, b15).

Tatsächlich vergisst die Schülerin, mehrere der im Text markierten relevanten Textinformationen in das Schaubild zu übernehmen. Wie zuvor dargestellt bildet sie nur 50% der Elemente und 30% der Relationen ab. Einen Abgleich zwischen gezeichneten und unterstrichenen Textinformationen nimmt sie abschließend nicht vor.

Den Umgang mit der Textgrundlage beschreibt sie retrospektiv als verbesserungswürdig. Insbesondere hebt sie hervor, dass Notizen am Rand des Texts hilfreich sein könnten:

„Wenn ich den Text noch viel öfter gelesen hätte, dann hätte ich es vielleicht einfacher hinbekommen ein großes Bild zu zeichnen. [...] und vielleicht auch Notizen an den Rand [des Texts] machen.“ (S8B, b27, b29).

Die Hälfte der dargestellten Textinformationen stellt die Schülerin realistisch dar und greift bei der anderen Hälfte auf Textbausteine zurück. Sie hat Schwierigkeiten damit, die Textinformationen verständlich realistisch im eigenen Schaubild zu repräsentieren. Diese Limitation erkennt sie an mehreren Stellen:

„Oh je, wie soll ich Essen zeichnen? Ich male einen Apfel. Pflanzen, wie male ich Pflanzen? [...] Ich versuche jetzt Fotosynthese zu malen, wenn das funktioniert.“ | *„Wie soll ich die Zellatmung darstellen? [...] Ohje, ein Hamster. Sieht irgendwie mehr aus wie ein*

Teddybär, aber es soll ein Hamster sein. Ok. Ich glaube das war es. Mehr kann ich dazu nicht zeichnen.“ (S8B, b3).

Die Schülerin verdeutlicht retrospektiv, dass sie gemäß der Aufgabenstellung bestrebt war, die Darstellung so vorzunehmen, dass sie eine andere Person verstehen kann. Auf die Frage, warum sie die realistische Darstellung trotz selbst erkannter zeichnerischer Limitation gegenüber der Verwendung von Textbausteinen bevorzugt hat, entgegnet sie, dass diese einfacher zu verstehen seien:

„Ich habe halt probiert, das, was ich unterstrichen habe, in ein Bild umzuwandeln. Ich habe versucht, es so darzustellen, dass es andere, die es nicht kennen, verstehen. Ich glaube nicht, dass ich es verstehen würde, weil es etwas schlecht geworden ist. [E: Warum hast du dich dazu entschieden, das Ganze in Form gemalter Bilder darzustellen und nicht mit Hilfe von Text?] Ich glaube, es ist einfacher, Bilder zu verstehen.“ (S8B, b17-19).

Zugleich fällt in Lisas Schaubild auf, dass sie einige Textinformationen redundant darstellt, indem sie einzelne Aspekte sowohl realistisch als auch durch Wörter repräsentiert (z. B. „Mensch“ oder „Essen“).

Ebenso zeigt sich, dass die Schülerin fachliche Verständnisschwierigkeiten bei mehreren Teilprozessen des Kohlenstoffkreislaufs hat. Diese führen dazu, dass sie die Integration der Teilprozesse in den Gesamtkreislauf nicht leisten kann. Bereits am Anfang fragt sie:

„Muss das so ein großes [Schaubild] sein, oder können es mehrere sein? [...] Ich fange erstmal in der Mitte an [gemeint ist der Zusammenhang zwischen den Konsumenten], weil das ist das, was ich verstehe.“ (S8B, b3).

Im späteren Verlauf der Bearbeitung der Zeichnung bestätigt sich die Annahme, dass fachliche Verständnisschwierigkeiten die zeichnerische Darstellung beeinflussen:

„Ich habe keine Ahnung, wie ich einen Kohlenstoffkreislauf zeichnen soll. Ich habe ein bisschen was gezeichnet, aber das hat, glaube ich, nichts mit dem Kohlenstoffkreislauf zu tun. Ich glaube, das ist ein Teilprozess, weil da steht etwas von Teilprozessen. Ich glaube, dass das ein Teilprozess des Kohlenstoffkreislaufs ist. [Sie zeigt auf den unteren linken Teil der Zeichnung mit Produzenten und Konsumenten unterschiedlicher Ordnung.]“ (S8B, b3).

Auch wenn sich im Zeichenprozess keine Überforderung zeigt, resümiert sie abschließend:

„Jetzt war ich etwas hilflos. Ich wusste nicht genau, was ich zeichnen sollte.“ (S8B, b36).

Lisas Verständnisschwierigkeiten haben zugleich zur Folge, dass ihre Zeichnung keine zweckmäßige Strukturierung erlangt, da die Teilprozesse des Kohlenstoffkreislaufs unvollständig und entkoppelt nebeneinander dargestellt sind.

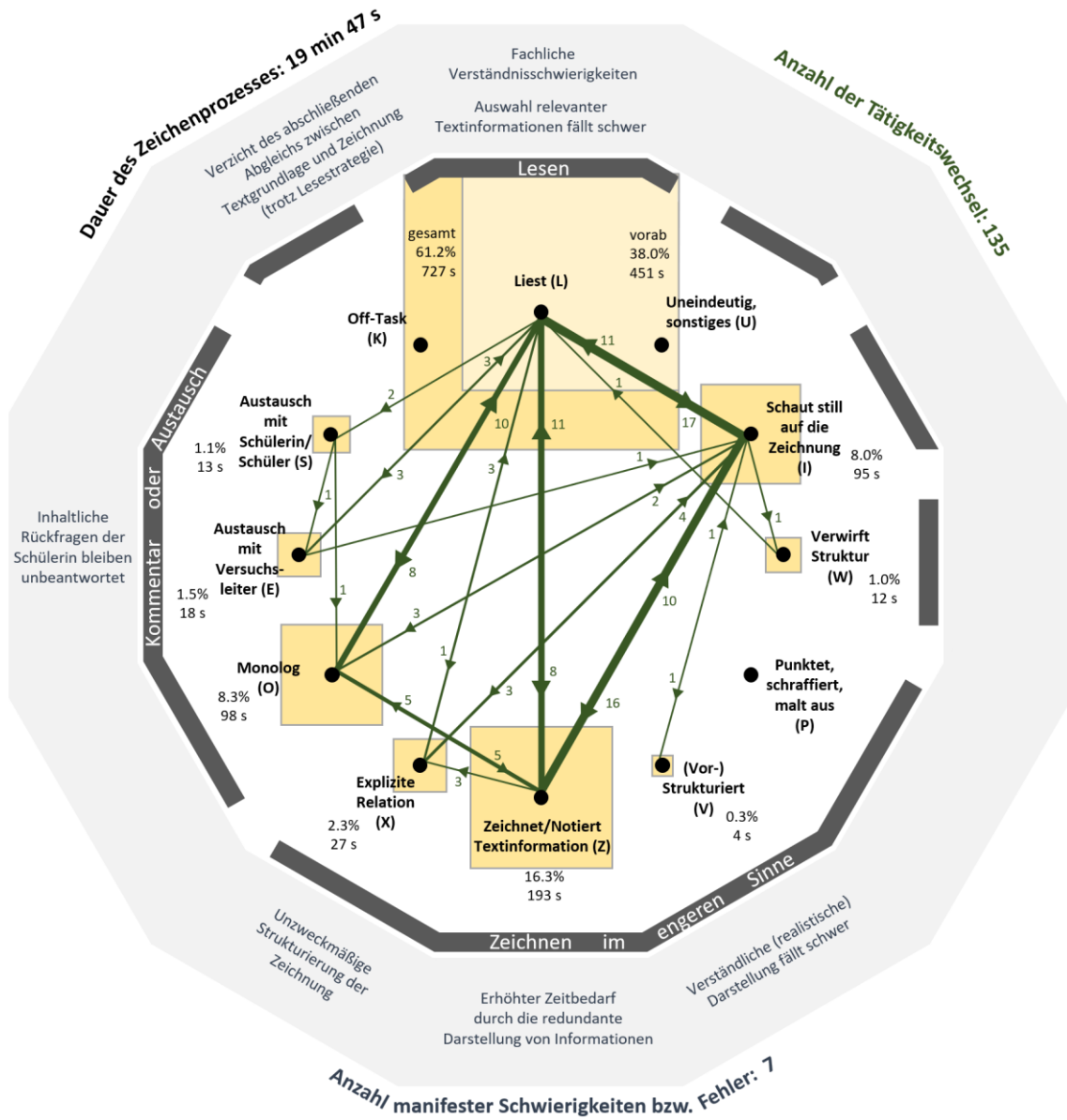


Abbildung 9.48 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Lisa (S8B)

9.5.3 Klara – S10.1A (Typ III, Ablaufdiagramm)

Basisinformationen | Im letzten Zeugnis hatte Klara in Kunst die Note Eins. Sie ist sich nicht sicher, ob sie in Biologie die Note Eins oder Zwei hatte. Ihre beim LGVT gezeigte Lesegeschwindigkeit resultiert in einem PR-Wert von 15 ($M = 37.0$, $SD = 17.3$). Dies entspricht nach Schneider et al. (2007) einer unterdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 11-25). Mit ihrem Leseverständnis erzielt sie einen PR-Wert von 34 ($M = 32.5$, $SD = 21.1$). Ihre Leistung entspricht damit dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) (Schneider et al., 2007). Die Schülerin zeichnet sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Klara kann vor dem Beginn der Zeichenaufgabe zwei relevante kontextbezogene Informationen nennen ($M = 1.8$, $SD = 0.4$). Hinsichtlich des Kontexts ist ihre Vorerfahrung als gering einzustufen. Im Unterricht hatte sie bereits zahlreiche Berührungspunkte mit ähnlichen Repräsentationsformen:

„Pfeildiagramm, Fließdiagramm, ja. Ich mache das eigentlich ziemlich oft. Wenn man Stichpunkte schreiben darf, mache ich das eigentlich so gut wie immer.“ [...] „Ja, da hatten wir die Bestandteile des Bluts [...] und beim Wundverschluss haben wir das auch benutzt.“ (S10.1A, a62, a64).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen der Schülerin setzt sich aus einer Abfolge von 206 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 160.0$, $SD = 38.5$) zusammen (Abb. 9.49). Von allen Schülerinnen und Schülern geht sie in Summe den meisten Tätigkeiten nach. Auch benötigt sie mit knapp 21 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 1251$ s, $M = 1014.3$, $SD = 218.2$) innerhalb des Kontexts am längsten, um die Textinformationen im Schaubild darzustellen (Abb. 9.50). Davon liest sie den Text acht Minuten lang ($T_Liest_gesamt_{AD} = 483$ s, $M = 446.5$, $SD = 66.8$), wovon vier Minuten auf das Lesen des Texts im Vorfeld des Zeichnens entfallen ($T_Liest_vorab_{AD} = 235$ s, $M = 273.5$, $SD = 56.3$) und vier Minuten auf das Lesen parallel zum Zeichnen ($T_Liest_während_{AD} = 248$ s, $M = 173.0$, $SD = 61.4$). Insgesamt blickt Klara 70-mal ($AH_Liest_gesamt_{AD} = 70$, $M = 48.0$, $SD = 17.4$) auf die Textgrundlage und damit so oft wie keine andere Schülerin bzw. kein anderer Schüler. Ebenso geht Klara mit etwas mehr als acht Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 489$ s, $M = 396.0$, $SD = 83.7$) innerhalb des Kontexts am längsten zeichnenden Tätigkeiten nach. Davon entfallen rund sieben Minuten auf das Notieren von Textinformationen ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD} = 422$ s, $M = 363.5$, $SD = 76.0$) und etwas mehr als eine Minute ($T_Explizite_Relation_{AD} = 67$ s, $M = 32.5$, $SD =$

20.9) auf die Darstellung der Relationen zwischen diesen mittels Pfeilen. Die eigene Zeichnung überblickt die Schülerin insgesamt 24-mal still und nimmt sich dafür in Summe etwas mehr als eine Minute Zeit ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}} = 67\text{ s}$, $M = 56.3$, $SD = 30.3$). Klara verwirft fünfmal einzelne Inhalte ihrer Zeichnung ($AH_{Verwirft_Struktur_{AD}} M = 5.0$, $SD = 2.5$) und benötigt dafür nicht länger als 18 Sekunden. Sie lässt sich nur an einer Stelle kurz ablenken, indem sie zum Versuchsleiter blickt ($T_{Off-task-Aktivität_{AD}} = 1\text{ s}$). Die Dauer der Ablenkung ist vor dem Hintergrund der Dauer der Aufgabenbearbeitung als vernachlässigbar gering einzustufen. Von allen teilnehmenden Schülerinnen und Schülern verbalisiert Klara am ausführlichsten ihre Gedanken ($T_{Monolog_{AD}} = 173\text{ s}$, $M = 85.3$, $SD = 52.7$), ohne dabei parallel anderen Tätigkeiten nachzugehen. Abbildung 9.51 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

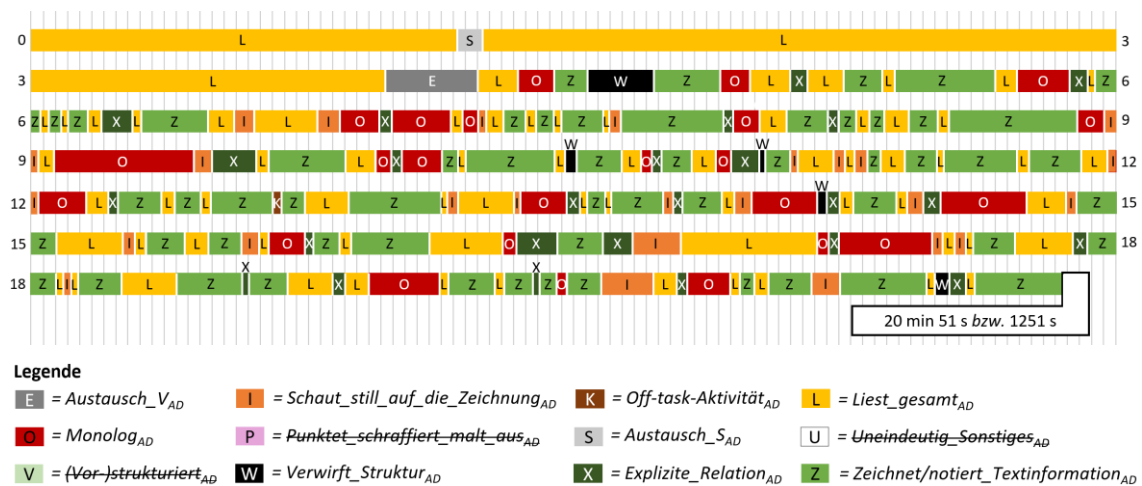


Abbildung 9.49 Abfolge der Tätigkeiten von Klara (S10.1A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Im Zuge der kriterialen Beurteilung erreicht Klara 21 von 24 Punkten (87.5%, $M = 81.3$, $SD = 8.6$). In ihrem Schaubild bildet die Schülerin 15 von 16 Elementen (93.8%, $M = 79.7$, $SD = 9.3$) und 14 von 15 Relationen (93.3%, $M = 76.7$, $SD = 12.0$) ab. Innerhalb des Kontexts stellen diese Werte das beste Ergebnis dar. Setzt man ihre Resultate in Relation zu der dazu benötigten Zeit, ergeben sich eher durchschnittliche Leistungen, nämlich 1.4 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.5$, $SD = 0.3$) sowie 1.0 Punkte pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.4$). Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Klaras Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

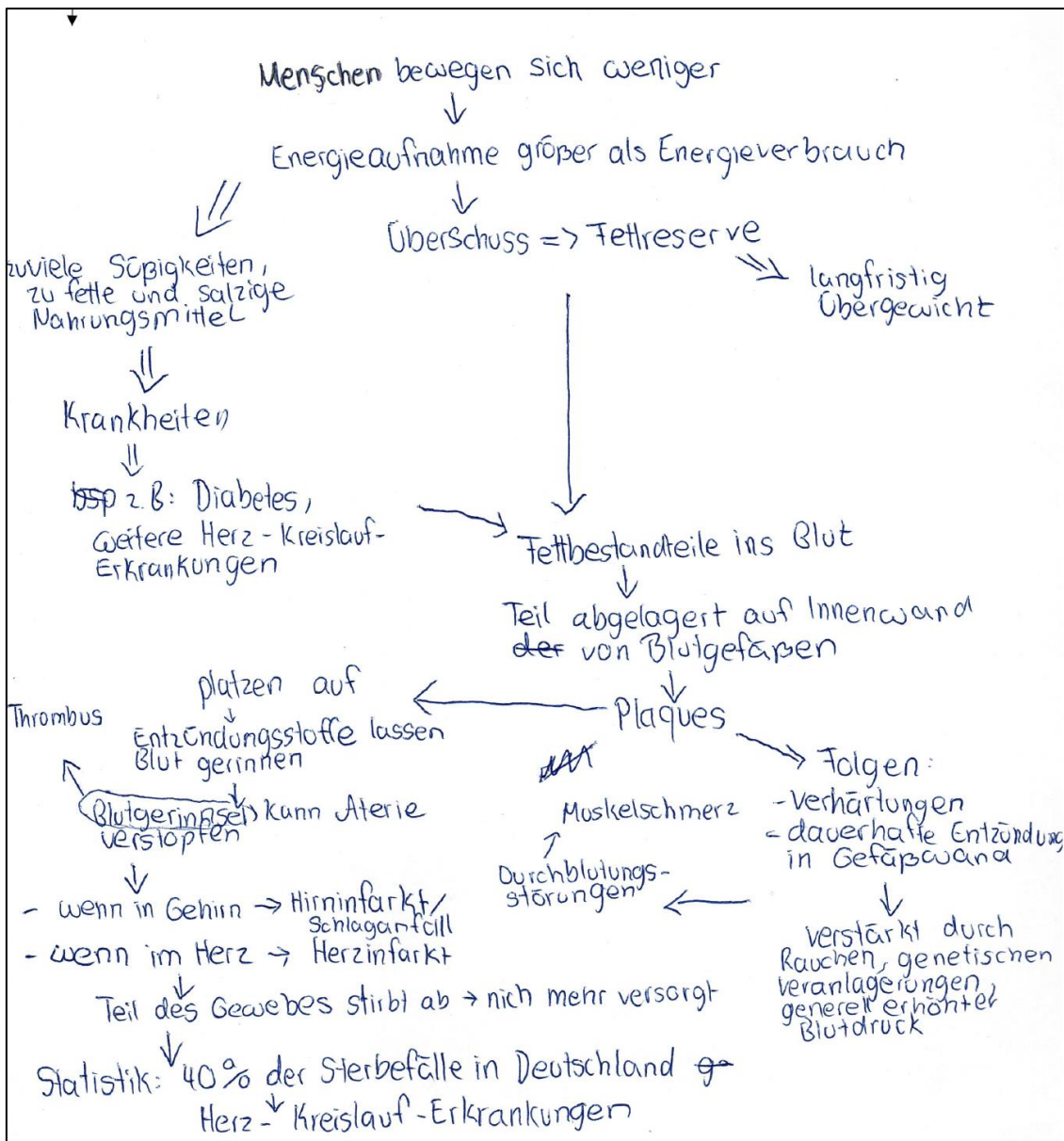


Abbildung 9.50 Zeichnung von Klara (S10.1A) zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Retrospektion | Bei den nach dem Zeichnen gestellten Verständnisfragen erinnert Klara elf der 15 gezeichneten Elemente. Die einzige nicht im Schaubild dargestellte Textinformation kann sie ebenso nicht erinnern. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen verdeutlicht sie, dass ihr das Schaubild einerseits geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und andererseits den Kontext zu verstehen. Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen erläutert sie aus ihrer Perspektive den Mehrwert des Schaubilds:

„Es ist schon sinnvoll, wenn man die Stichpunkte aufschreibt und sich dadurch nochmal Gedanken darüber macht. So bleibt es mehr im Kopf, weil man sich damit mehr beschäftigt hat, wo was hin muss und was zusammenhängt. Das ist nochmal anders, als wenn ich nur den Text gelesen hätte. Für das Kurzzeitgedächtnis hätte der Text

wahrscheinlich auch gereicht, aber für das Langzeitgedächtnis ist das Schaubild schon besser.“ (S10.1A, a53).

Ebenso schätzt die Schülerin ein, dass sie sowohl beim Lesen als auch bei der Aufgabenbearbeitung eher bei der Sache war. Die Auswahl der relevanten Textinformationen für die Übernahme in das Schaubild fiel ihr, laut eigener Einschätzung, eher nicht schwer.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Klara erläutert während der Aufgabenbearbeitung mehrmals das jeweils geplante Vorgehen:

„Ok, ich würde jetzt wahrscheinlich mit Pfeilen arbeiten und Stichpunkte sozusagen miteinander verbinden. [...] deshalb würde ich das zusammenfassen und dann hinschreiben, dass [...]. Und dann noch ein Pfeil von Blutgerinnsel, einmal eingekreist, zu Thrombus.“ (S10.1A, a40).

Dabei gelingt ihr die Differenzierung zwischen den für die Aufgabestellung relevanten und nicht relevanten Textinformationen:

„Ok, dann würde ich am Anfang hinschreiben, dass sich viele Menschen weniger bewegen. Ich denke mal, dass die Gründe dafür nicht relevant sind.“ (S10.1A, a40).

Vor dem Hintergrund der weitestgehend vollständigen Darstellung der relevanten Textinformationen (15 von 16 Elementen, 14 von 15 Relationen) und den zahlreichen Äußerungen der Schülerin zu ihrem Vorgehen kann davon ausgegangen werden, dass sie sich hinreichend Gedanken über die Struktur des Ablaufdiagramms gemacht hat. Auf die Frage, was sie beim nächsten Mal anders machen würde, entgegnet sie abschließend:

„Eher nichts, weil es für mich wahrscheinlich die beste Variante ist.“ (S10.1A, a60).

Im Gegensatz zur Selektion relevanter Textinformationen hat Klara teilweise Schwierigkeiten bei der Einteilung des Zeichenblatts. Klara bezeichnet ihr Vorgehen rückblickend als *„eher chaotisch“* (S10.1A, a51). An späterer Stelle urteilt sie über ihre Darstellung:

„[...] jetzt sieht alles etwas kreuz und quer aus“ (S10.1A, a58).

Der Platzmangel macht sich insbesondere im unteren Abschnitt ihrer Zeichnung bemerkbar. Darauf geht sie im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen ein:

„Ja, Platzprobleme. Ich fang entweder zu groß oder zu klein an.“ (S10.1A, a55).

Wie zuvor berichtet, verbalisiert Klara von allen Schülerinnen und Schülern am ausführlichsten ihre eigenen Gedanken in Form von Monologen, ohne dabei parallel anderen Tätigkeiten nachzugehen. Knapp 14% der Bearbeitungsdauer entfallen auf die Tätigkeit des Monologs. Obwohl dieser durch das laute Denken ausgelöst ist, verlängert er die Gesamtdauer der Bearbeitung.

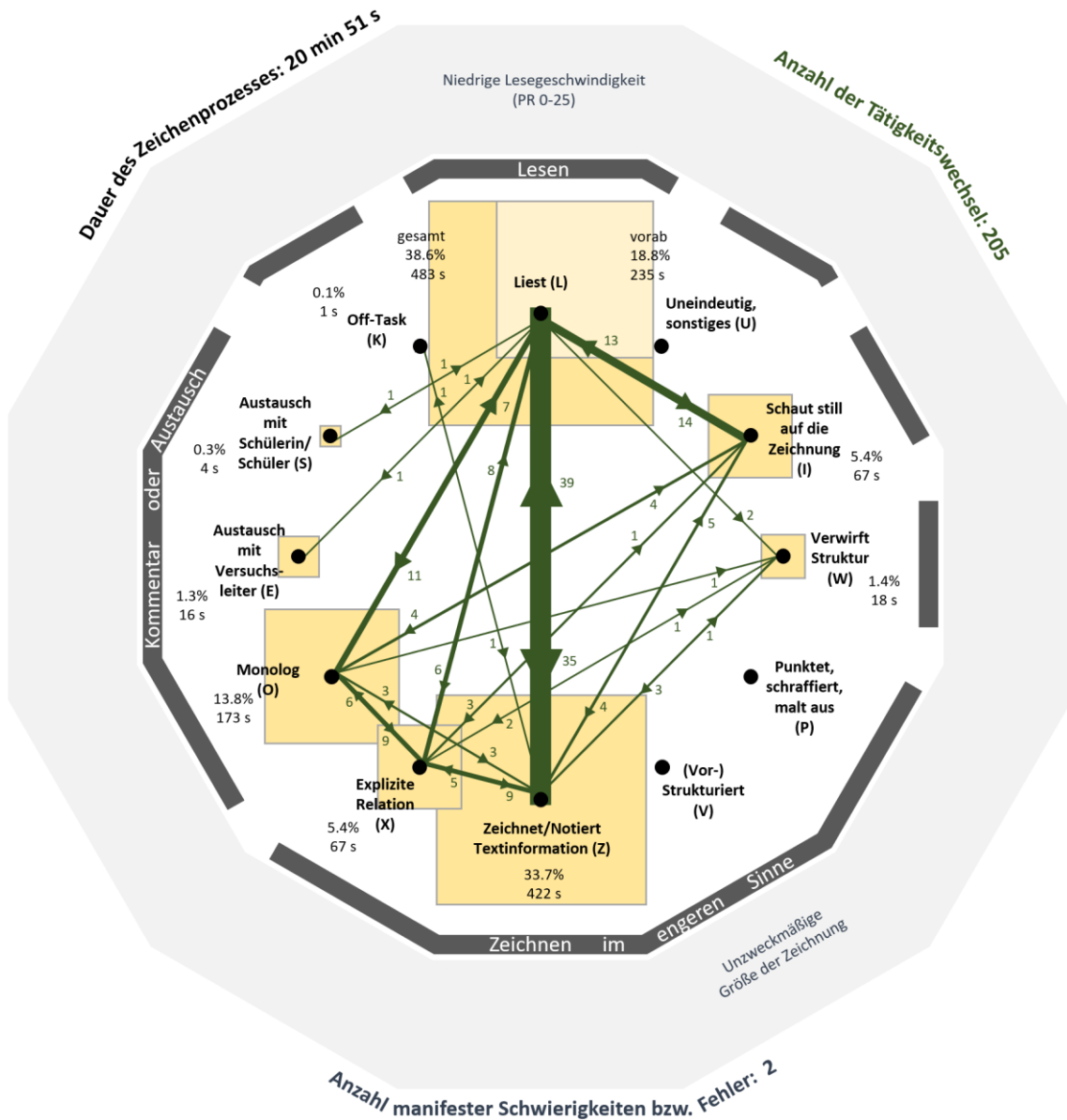


Abbildung 9.51 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Klara (S10.1A)

9.5.4 Carolin – S10.1C (Typ I, Mikroskopische Zeichnung)

Basisinformationen | Carolin hatte in Kunst zuletzt die Note Zwei im Zeugnis. Sie ist sich unsicher, ob sie in Biologie die Note Eins oder Zwei hatte. Beim LGVT erzielt die von ihr gezeigte Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 47 ($M = 37.0, SD = 17.3$). Mit ihrem Leseverständnis erreicht sie einen PR-Wert von 34 ($M = 32.5, SD = 21.1$). Beide Werte entsprechen nach Schneider et al. (2007) dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50). Carolin gibt an, dass sie im Biologieunterricht gerne zeichnet, wohingegen sie außerhalb des Biologieunterrichts eher nicht gerne zeichnet.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Carolin gibt an, dass sie bereits zwei- oder dreimal mikroskopische Strukturen gezeichnet hat. An die Objekte kann sie sich nicht mehr erinnern. Die Zeichnungen wurden dabei nicht bewertet. Sie führt außerdem an, dass sie bereits einmal Wasserlinsen unter dem Mikroskop betrachtet aber nicht gezeichnet hat. Hinsichtlich der Regeln des biologischen Zeichnens erinnert sie sich daran, dass nicht jedes Detail in der Zeichnung dargestellt werden muss und eine anschließende Beschriftung erfolgen sollte:

„Ja, ich glaube wir haben über die Maßstäbe gesprochen und dass man es zusammenfassen und nicht jedes Detail, sondern eine Übersicht. [...] Beschriften, das wars.“
(S10.1C, a13, a15).

Den Aufbau pflanzlicher Zellen beschreibt sie wie folgt: *„Zellmembran, Zellplasma und dann meistens ein Zellkern.“* (S10.1C, a20). Den Unterschied zwischen den Zelltypen kann sie nicht benennen. Gemäß der Aufgabenstellung des Zeichnen-Tests stellt sie drei aneinandergrenzende pflanzliche Zellen dar. Die Beschriftung der gezeichneten Strukturen umfasst alle drei zuvor genannten Begriffe. Carolins Zellen sind stark generalisiert. Die äußere Begrenzung einer pflanzlichen Zelle ist mit dem Begriff Zellmembran anstatt dem Begriff Zellwand beschriftet. Insgesamt fällt ihre Zeichnung zudem sehr klein aus. Mit ihrer Zeichnung erzielt sie 19 von 36 Punkten (52.8%, $M = 60.8, SD = 8.8$). Das Zeichenfeld für tierische Zellen lässt sie frei.

Tätigkeitsanalyse | Carolins Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 32 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 32.8, SD = 11.6$) charakterisieren (Abb. 9.52). Für die Erstellung ihrer Zeichnung (Abb. 9.53) benötigt sie etwas mehr als vier Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 255$ s, $M = 266.5, SD = 73.9$). Innerhalb des Kontexts beschäftigt sie sich mit 68 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 81.8, SD = 11.2$) im geringsten Umfang mit

dem Einführungstext und der Aufgabenstellung. Sie schaut nur viermal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 8.3, SD = 3.5$) durch das Mikroskop und betrachtet das mikroskopische Präparat dabei in Summe für 35 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 50.3, SD = 21.9$). Von den Teilnehmenden setzt sie sich damit im geringsten Umfang mit dem mikroskopischen Präparat auseinander. Auf Grund des seltenen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Carolins Zeichnung dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Mit dem Zeichnen beschäftigt sich Carolin für 81 Sekunden ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 81$ s, $M = 89.0, SD = 39.2$). Davon entfallen 58 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 57.0, SD = 17.6$) auf das Zeichnen von Strukturen und 23 Sekunden ($T_Redundante_Struktur_{MZ}$ $M = 23.3, SD = 17.6$) auf das Darstellen redundanter Strukturen. Ihre Zeichnung überblickt die Schülerin für 12 Sekunden still ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 10.8, SD = 7.8$), ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Sie verwirft an keiner Stelle gezeichnete Strukturen. Auch lässt sie sich von der Aufgabenbearbeitung nicht ablenken. Abbildung 9.54 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Während der zweiten Aufgabe benötigt Carolin zur Korrektur und Beschriftung der eigenen Zeichnung innerhalb des Kontexts am wenigsten Zeit ($T_Beschriftung_Korrektur_{MZ} = 78$ s, $M = 119.3, SD = 28.1$). Die von ihr vorgenommenen Änderungen sind geringfügig. Ihre Beschriftung umfasst alle in der Vorlage genannten Begriffe und ist insofern vollständig. Die Beschriftungslinien der Begriffe Mittellamelle und Zellmembran grenzen indessen nicht an die zu bezeichnenden Strukturen.

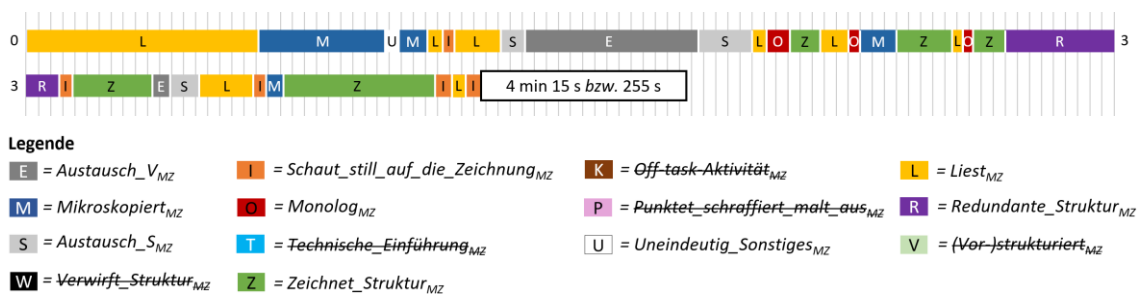


Abbildung 9.52 Abfolge der Tätigkeiten von Carolin (S10.1C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.



Abbildung 9.53 Zeichnung von Carolin (S10.1C) zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes*

Beurteilung | Die mikroskopische Zeichnung der Schülerin erreicht bei der kriterialen Beurteilung 18 von 36 Punkten (50.0%, $M = 57.0$, $SD = 18.7$). In Relation zur Bearbeitungsdauer ergeben sich 4.2 Punkte pro Minute ($M = 4.7$, $SD = 1.5$).

Retrospektion | Carolin gibt an, dass ihr die Zeichnung geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und eher dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Ihrer Einschätzung nach war sie beim Zeichnen bei der Sache und beim Lesen eher bei der Sache.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Die Schülerin stellt zunächst nur eine einzige Zelle dar, in die sie zahlreiche Chloroplasten redundant einzeichnet. Die Anzahl der Chloroplasten geht über das zur Veranschaulichung notwendige Maß hinaus. Da Carolin einen Teil der Aufgabenstellung übersieht, signalisiert sie, dass sie bereits fertig ist. Erst nach einem Hinweis des Versuchsleiters erkennt sie, dass sie sechs aneinandergrenzende Zellen darstellen soll. Daraufhin ergänzt sie um ihre zuerst gezeichnete Zelle herum fünf weitere daran angrenzende Zellen. Auf die Fragen, was ihr hätte besser gelingen können und was sie beim nächsten Mal anders machen würde, antwortet sie:

„Ja, direkt die fünf weiteren Zellen zeichnen. [...] Genauer die Aufgabe lesen.“
(S10.1C, a48, a50).

Die nachträglich hinzugefügten fünf Zellen grenzen jedoch nicht auf eine natürliche Weise an die bereits dargestellte Zelle an. Das gewählte Maß an Abstraktion ist ungeeignet. Dies geht auch damit einher, dass die Schülerin initial nicht zwischen Zellwand und Zellmembran differenziert, sondern lediglich die Umrisse der Zellen mit einfachen Linien andeutet. Das fehlende Wissen zum Zellaufbau prägt die von ihr dargestellten Strukturen. Sie stellt zudem mehrere Zellen nicht geschlossen dar und einzelne Linien überschneiden sich. Wie im Vorfeld deutlich wurde, beschränken sich die ihr bekannten zeichnerischen Konventionen auf ein Minimum. Die dargestellten Zellen entsprechen weiterhin nicht dem in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitt.

Während der zweiten Aufgabenstellung ist Carolin trotz der Vorlage nicht in der Lage, ihre Zeichnung zu korrigieren und fehlerfrei zu beschriften. Parallel zur Beschriftung äußert die Schülerin nachfolgende Gedanken und bestätigt damit noch einmal ihre geringen fachlichen Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen:

„Oh, die Zellmembran, nach neueren Erkenntnissen heißt das Mittellamelle und zwischen den Chloroplasten befindet sich das Zellplasma und außer der Zellmembran gibt es noch die Zellwand.“ (S10.1C, a34).

Weiterhin lässt sich festhalten, dass die gezeichneten Strukturen insgesamt sehr klein dargestellt sind. Hierdurch ist das Differenzieren zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran sowie zwischen Chloroplasten und Zellplasma nur bedingt möglich. Letztendlich bezeichnet Carolin die gleiche Struktur sowohl mit dem Begriff Zellmembran als auch mit dem Begriff Zellwand, wodurch sich für mindestens eine Struktur eine falsche Beschriftung ergibt. Wie zuvor berichtet, grenzt auch die Beschriftungslinie zweier Begriffe nicht an die jeweils zu bezeichnende Struktur.

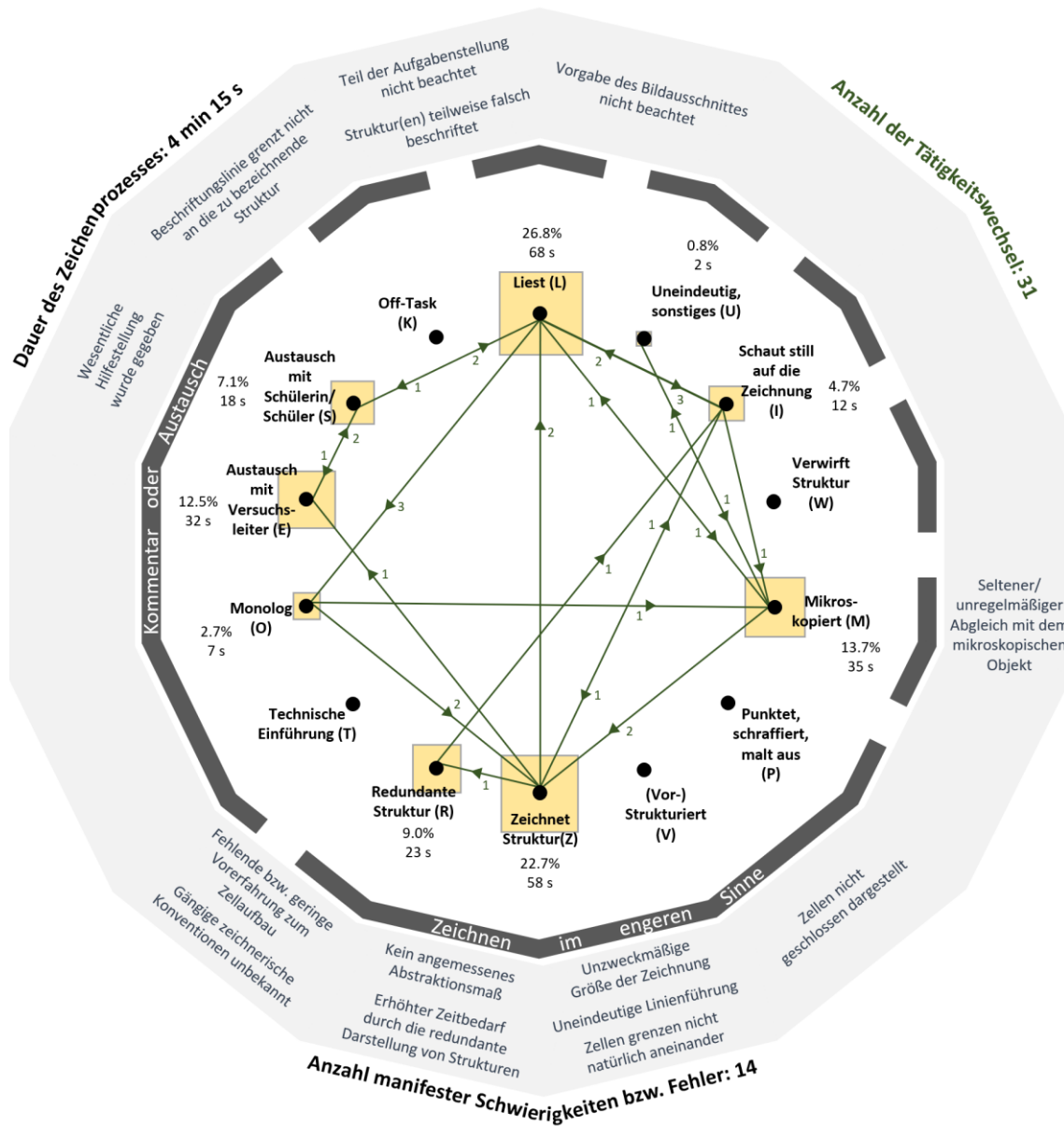


Abbildung 9.54 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Carolin (S10.1C)

9.5.5 Hannah – S10.2A (Typ II, Mikroskopische Zeichnung)

Basisinformationen | Hannah hatte im letzten Zeugnis in Biologie die Note Eins und in Kunst die Note Zwei. Mit ihrer gezeigten Lesegeschwindigkeit erreicht sie beim LGVT einen PR-Wert von 47 ($M = 37.0$, $SD = 17.3$). Nach Schneider et al. (2007) stellt dies den unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen dar (Wertebereich: 26-50). Das gezeigte Leseverständnis ergibt einen PR-Wert von 79 ($M = 32.5$, $SD = 21.1$). Dieser Wert entspricht einer überdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 76-95) (Schneider et al., 2007) und stellt innerhalb des Kontexts den höchsten Wert dar. Die Schülerin gibt an, dass sie weder im Biologieunterricht noch außerhalb des Biologieunterrichts gerne zeichnet.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Hannah verdeutlicht, dass sie bislang erst wenig Erfahrung im Umgang mit dem Mikroskop sammeln konnte. Sie hat bisher „vielleicht ein- oder zweimal in der siebten oder achten Klasse“ (S10.2A, a11) mikroskopische Präparate gezeichnet. Die Zeichnungen wurden dabei nicht bewertet. Die Schülerin gibt an, dass sie zum Mikroskopieren meist eine Vorlage erhalten hat, die das mikroskopische Präparat zeigt:

„Zwiebelzellen mussten wir nicht zeichnen, wir hatten die Abbildung parallel dazu bekommen, wir mussten uns die Zwiebelzelle nur unter dem Mikroskop anschauen. Ansonsten haben wir eigentlich immer, wenn wir mikroskopiert haben, die Abbildungen dazu bekommen.“ (S10.2A, a13).

Zum Aufbau pflanzlicher Zellen besitzt Hannah umfangreiche Vorkenntnisse. Als Zellbestandteile benennt sie: Zellwand, Zellmembran, Cytoplasma bzw. Zellplasma, Vakuolen, Chloroplasten und den Zellkern mit Kernkörperchen. Sie kann einen Unterschied zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen benennen, nämlich das ausschließliche Vorhandensein einer Zellwand bei pflanzlichen Zellen.

Beim Zeichnen-Test stellt die Schülerin drei aneinandergrenzende pflanzliche Zellen dar. Eine ihrer Zellen zeigt Zellorganellen, obwohl dies nicht von der Aufgabenstellung gefordert wird. Sie beschriftet die im Vorfeld beim Zellaufbau pflanzlicher Zellen genannten Begriffe. In ihrer Zeichnung ist nicht klar ersichtlich, an welcher Stelle die Beschriftungslinien der Begriffe Zellwand und Zellmembran enden. Mit ihrer Darstellung pflanzlicher Zellen erzielt sie mit 27 von 36 Punkten (75.0%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$) innerhalb der Altersgruppe die höchste Punkteanzahl. Im zweiten Zeichenfeld stellt Hannah drei aneinandergrenzende tierische Zellen dar. Hier beschriftet sie die Zellmembran, das Cytoplasma und den Zellkern. Mit ihrer Zeichnung tierischer Zellen erreicht sie 24 von 36 Punkten (66.7%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$).

Tätigkeitsanalyse | Hannahs Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 63 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 55.5$, $SD = 10.7$) veranschaulichen (Abb. 9.55). Innerhalb des Kontexts geht sie in Summe am häufigsten unterschiedlichen Tätigkeiten nach. Mit einem zeitlichen Umfang von fünf Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 300$ s, $M = 319.0$, $SD = 11.6$) wendet sie dazu jedoch die geringste Zeit auf. Zu Beginn liest die Schülerin für eine Minute ($T_Liest_{MZ} = 58$ s, $M = 71.5$, $SD = 12.5$) den Einführungstext und die Aufgabenstellung. Für das Mikroskopieren benötigt sie dahingegen mit 105 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 102.8$, $SD = 6.3$) fast doppelt so lange. Dabei schaut sie innerhalb des Kontexts mit 24-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 18.8$, $SD = 5.0$) am häufigsten durch das Mikroskop. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen, Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Hannahs Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Sie nimmt als einzige Schülerin ihrer Altersgruppe eine Vorstrukturierung der Zeichnung (Abb. 9.56) vor, indem sie ein Rechteck einzeichnet, das den zentralen Ausschnitt des Sichtfelds markiert. Dafür benötigt Hannah zwölf Sekunden. Mit dem Darstellen der Strukturen innerhalb des Rechtecks ist sie wiederum 79 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 76.0$, $SD = 7.4$) lang beschäftigt.

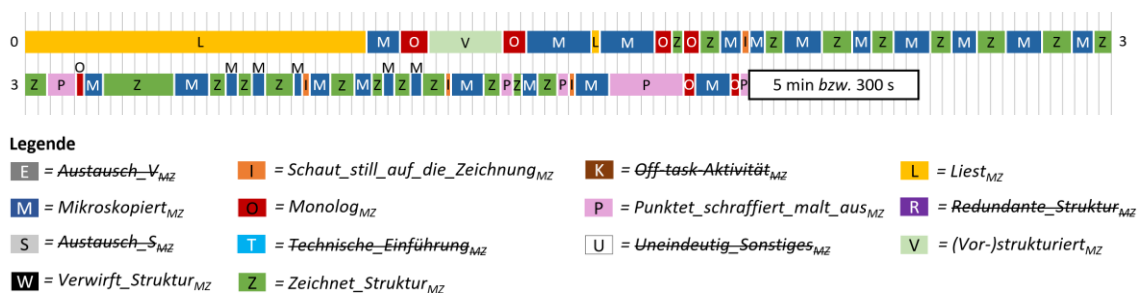


Abbildung 9.55 Abfolge der Tätigkeiten von Hannah (S10.2A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Für das Punkten und Schraffieren einzelner Strukturen wendet sie weitere 23 Sekunden auf. In Summe benötigt sie daher für die Ausführung aller zeichnenden Tätigkeiten etwa zwei Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 114$ s, $M = 92.8$, $SD = 15.1$). Innerhalb des Kontexts geht keine Schülerin bzw. kein Schüler zeichnenden Aktivitäten länger nach als Hannah. Allerdings überblickt sie die eigene Zeichnung mit vier Sekunden von allen Teilnehmenden am kürzesten ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 21.3$, $SD = 14.1$). Ergänzend ist anzumerken, dass die Schülerin an keiner Stelle Strukturen verwirft und sich während der Aufgabenbearbeitung auch nicht von anderen Tätigkeiten ablenken lässt. Abbildung 9.57 stellt

abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

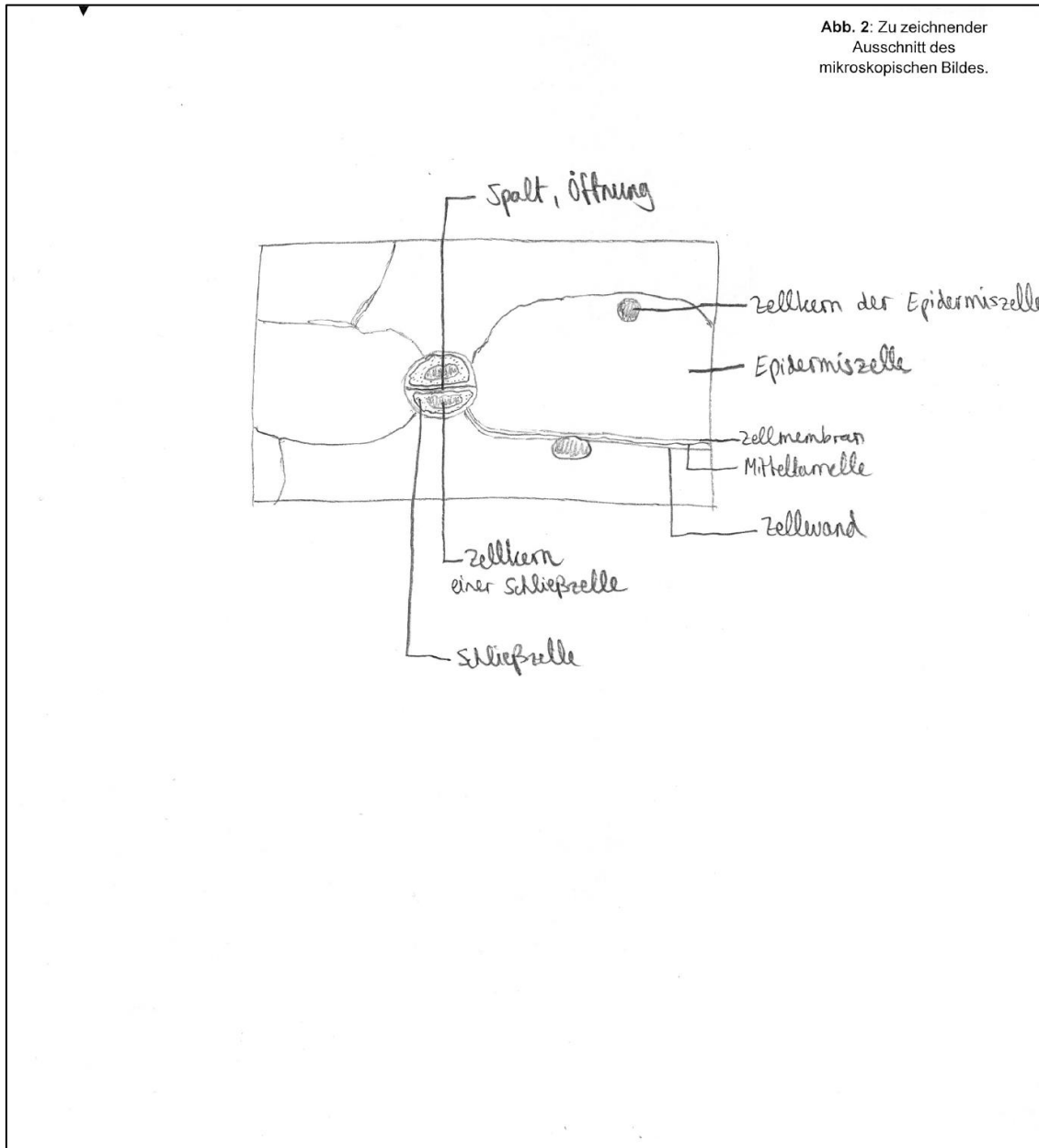


Abbildung 9.56 Zeichnung von Hannah (S10.2A) zum Kontext 10.2: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?*

Hannah benötigt für die zweite Aufgabenstellung, also die Beschriftung und Korrektur der Zeichnung, knapp vier Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 235 \text{ s}$, $M = 221.3$, $SD = 57.3$). Die von ihr an der Zeichnung vorgenommenen Änderungen sind geringfügig. Sie ergänzt oberhalb und unterhalb der Zellwand, die während der ersten Aufgabenstellung nur als eine einzige Linie dargestellt ist, jeweils eine weitere Linie, sodass sie bei der Beschriftung

zwischen Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle differenzieren kann. Die Beschriftung der Zeichnung nimmt die Schülerin daraufhin gemäß der Vorlage vollständig vor. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellwand zeigt jedoch auf die Zellmembran.

Beurteilung | Von allen Schülerinnen und Schülern erreicht sie mit 33 von 36 Punkten (91.7%, $M = 75.7$, $SD = 13.5$) die höchste Gesamtpunktzahl bei der kriterialen Beurteilung. In Beziehung zur Bearbeitungsdauer ergibt sich mit 6.6 Punkten pro Minute ($M = 5.2$, $SD = 1.1$) ebenso der höchste Wert innerhalb des Kontexts.

Retrospektion | Hannah gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr das Zeichnen dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und eher dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Auch schätzt sie ein, dass sie beim Zeichnen bei der Sache war und beim Lesen eher bei der Sache war.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Nachdem Hannah den Ausschnitt des Sichtfelds durch ein die Zeichnung begrenzendes Rechteck dargestellt hat, ergänzt sie innerhalb dessen die Zellstrukturen. Sie erweitert die eigene Zeichnung dabei nach dem wiederholten Abgleich mit dem Mikroskop. Dabei wechselt sie zwischen durchgehend und gestrichelt gezeichneten Linien. Dieses Vorgehen steht im Zusammenhang mit der fehlenden Vertrautheit mit gängigen zeichnerischen Konventionen. Auch merkt Hannah trotz der umfangreichen Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen an, dass sie sich teilweise unsicher ist, welche Strukturen sie zeichnet:

„Also ich fange an, den Ausschnitt vergrößert darzustellen, indem ich auch so ein Rechteck zeichne. Dann schaue ich nochmal in das Mikroskop, welche Stelle es genau ist und fange dann mit den kleinen Linien an. Ich weiß jetzt nicht genau, was das alles ist. [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her]. Ich arbeite mich dann immer weiter, dass es möglichst ähnlich aussieht. [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her.] Ich zeichne das jetzt einfach mal als Kreis [gemeint sind die Zellwände des Schließzellenpaars], der irgendwie so halbiert ist. Also das stelle ich jetzt einfach mal so schraffiert dar, was unter dem Mikroskop pink aussieht.“ (S10.2A, b3).

Die von ihr vorgenommene Schraffierung und das Punkten von Strukturen widerspricht ebenso gängigen zeichnerischen Konventionen. Hannahs Zeichnung fällt zudem klein aus. Einzelne Strukturen lassen sich dadurch teilweise nicht gut voneinander unterscheiden. Im Abgleich mit dem Original wird deutlich, dass die Schülerin geringfügig mehr Strukturen

einzeichnet, als im gekennzeichneten Ausschnitt unterhalb der Aufgabenstellung zu erkennen sind (Anhang 2.4).

Wie zuvor bereits beschrieben, erweitert Hannah während der zweiten Aufgabenstellung die eigene Zeichnung um zwei weitere Linien, sodass sie die Zellwand, die Zellmembran und die Mittellamelle beschriften kann. Dabei grenzt die Beschriftungslinie des Begriffs Zellwand nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Auf die Frage, was der Schülerin schwer fiel, macht sie deutlich, dass insbesondere das Abschätzen von Proportionen und das angemessene Darstellen der gesehenen Strukturen herausfordernd waren:

„Es ist halt nicht ganz so einfach, es genauso abzuschätzen, dass es ähnlich aussieht. Und dann klar ist sehr vergrößert, aber unter dem Mikroskop kann man auch nicht alles so genau erkennen, deswegen finde ich immer etwas schwierig, dass man alles sieht und an alles denkt und dann auch alles wirklich zeichnet.“ (S10.2A, b18).

Auch führt Hannah im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen Verbesserungsbedarf im Hinblick auf die Genauigkeit der Darstellung an. Sie geht davon aus, dass es hilfreich sein könnte, häufiger durch das Mikroskop zu blicken:

„Vielleicht etwas schöner und genauer noch. [...] Also, dass man bei der Schließzelle die einzelnen Bestandteile etwas genauer erkennen kann. [...] Ich würde schauen, dass ich es genauer mache und vielleicht etwas öfters durch das Mikroskop schauen, dass alles etwas besser aussieht.“ (S10.2A, b21, b23).

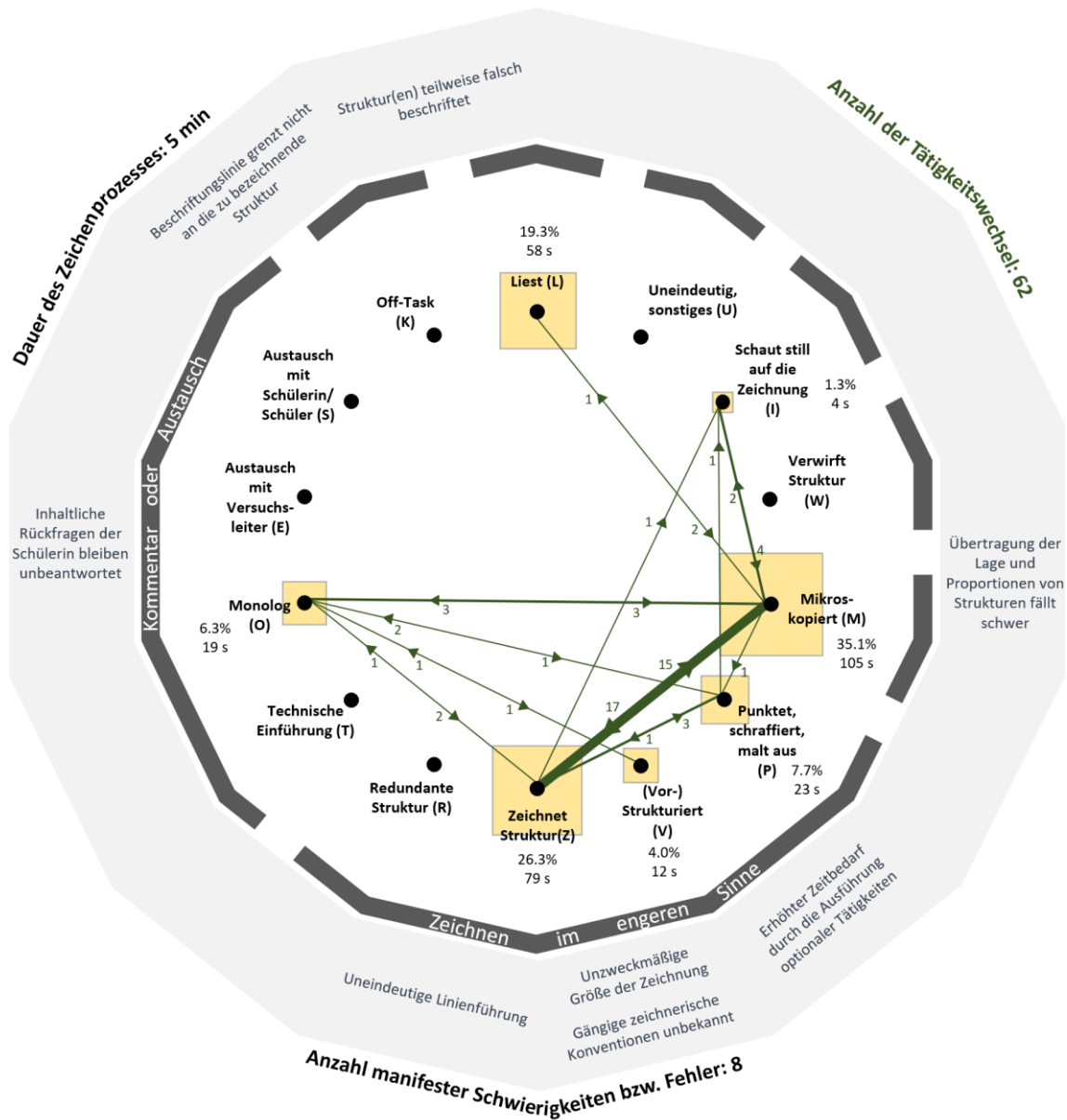


Abbildung 9.57 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Hannah (S10.2A)

9.5.6 Jonas – S7D (Typ III, Mikroskopische Zeichnung)

Basisinformationen | In Biologie hatte Jonas zuletzt die Note Drei und in Kunst die Note Zwei im Zeugnis. Hinsichtlich seiner Lesegeschwindigkeit erreichte er beim LGVT einen PR-Wert von 66 ($M = 50.8$, $SD = 34.6$) und für das gezeigte Leseverständnis einen PR-Wert von 30 ($M = 31.2$, $SD = 22.6$). Gemäß der Einteilung nach Schneider et al. (2007) entspricht der Wert für die Lesegeschwindigkeit dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) und der Wert für das Leseverständnis dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50). Jonas zeichnet sowohl im Biologieunterricht als auch außerhalb gerne.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Jonas gibt im Vorfeld an, dass er bislang nur mikroskopiert, jedoch kein mikroskopisches Präparat gezeichnet hat. Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher und tierischer Zellen bringt er keine mit. Auch kann er den Aufbau der pflanzlichen Zelle und den Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle nicht benennen. Beim Zeichnen-Test setzt der Schüler die Zeichenaufgabe auf Grund der geringen Vorerfahrungen zum Zellaufbau nicht um. Das Zeichenfeld für die Darstellung tierischer Zellen lässt er frei. Sein Ergebnis beim Zeichnen-Test kommentiert er abschließend mit:

„Mehr weiß ich jetzt nicht. [...] Ich weiß nicht, was tierische Zellen sind.“ (S7D, a18).

Tätigkeitsanalyse | Jonas Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 145 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 86.2$, $SD = 60.9$) beschreiben (Abb. 9.58). Bis zur Fertigstellung seiner Zeichnung (Abb. 9.59) benötigt er mit mehr als 13 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 796$ s, $M = 499.7$, $SD = 251.1$) am zweitlängsten innerhalb des Kontexts. Mit der Aufgabenstellung und dem Einführungstext beschäftigt er sich zu Beginn der Aufgabenbearbeitung etwas mehr als eine Minute ($T_Liest_{MZ} = 64$ s, $M = 54.7$, $SD = 37.8$). Innerhalb des Kontexts mikroskopiert er von allen Schülerinnen und Schülern mit mehr als fünf Minuten am längsten ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 312$ s, $M = 143.7$, $SD = 108.3$). Diese Tätigkeit verfolgt er 67-mal. Auf Grund des extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Jonas Zeichnung dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Zwischen den Phasen des Mikroskopierens verteilen sich 58 Phasen, in denen er zeichnet. Diese umfassen in der Summe etwa sechs Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 351$ s, $M = 221.7$, $SD = 134.4$). Jonas verwirft einmalig für 15 Sekunden ($T_Verwirft_Struktur_{MZ}$ $M = 30.7$, $SD = 26.7$) bereits gezeichnete Strukturen. Ähnlich lange bringt er mit dem

mehrmaligen stillen Überblicken der eigenen Zeichnung zu ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{MZ}} = 14 \text{ s}$, $M = 18.3$, $SD = 12.1$). Während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe lässt er sich einmalig für 4 Sekunden ($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{MZ}} M = 2.5$, $SD = 2.6$) ablenken.

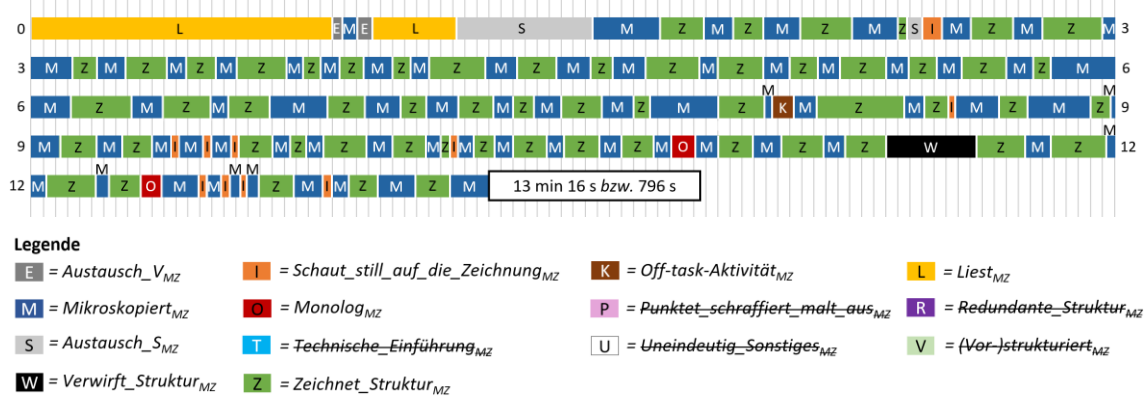


Abbildung 9.58 Abfolge der Tätigkeiten von Jonas (S7D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Über einen Zeitraum von zwei Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 121 \text{ s}$, $M = 200.0$, $SD = 93.8$) nimmt Jonas im Zuge der zweiten Aufgabe neben der Beschriftung der Zeichnung geringfügige Änderungen vor. Die von ihm vorgenommene Beschriftung ist vollständig. Er differenziert zeichnerisch nicht zwischen Zellwand und Zellmembran, wodurch die gleiche Struktur mit beiden Begriffen beschriftet ist. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellmembran grenzt zudem nicht an die zu bezeichnende Struktur. Die genaue Lage der Kittsubstanz wird nicht deutlich.

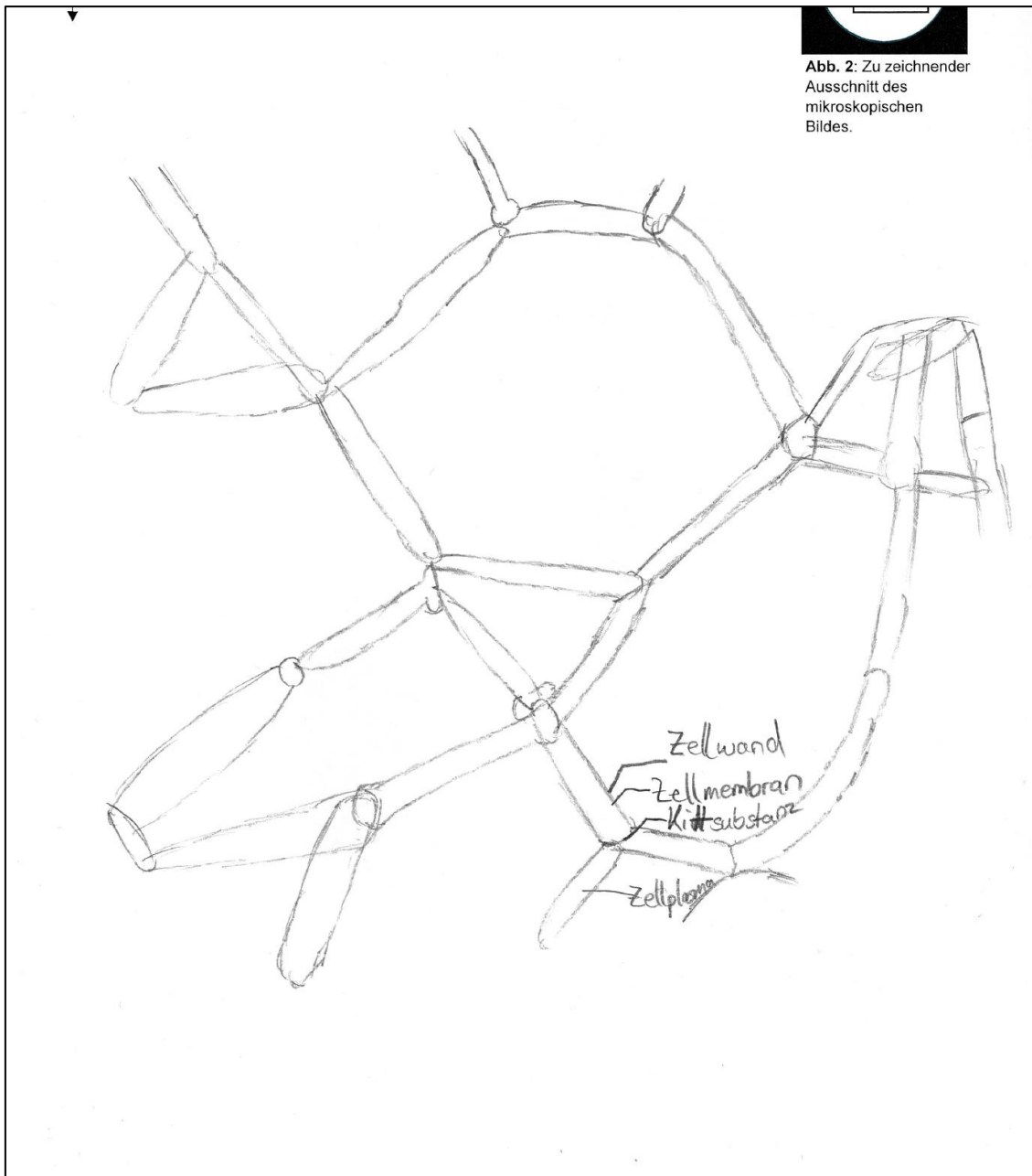


Abbildung 9.59 Zeichnung von Jonas (S7D) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen*

Beurteilung | Bei der kriterialen Beurteilung erzielt Jonas Zeichnung 26 von 36 Punkten (72.2%, $M = 58.8$, $SD = 12.8$). Setzt man dieses Ergebnis in Bezug zur dafür benötigten Zeit, ergibt sich eine Leistung von 2.0 Punkten pro Minute ($M = 3.2$, $SD = 1.7$). Dies stellt den zweitniedrigsten Wert innerhalb des Kontexts dar.

Retrospektion | Jonas gibt im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihm das Zeichnen eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen. Er geht dahingegen davon aus, dass ihm das Zeichnen nicht geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Beim Lesen und beim Zeichnen war er seiner Einschätzung nach bei der Sache.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Jonas geht bei der Anfertigung der Zeichnung sehr kleinschrittig vor. Er gleicht seine Zeichnung regelmäßig mit dem Original ab:

„Ich habe geschaut, wie dick die ungefähr sind und wie ich die dann zeichnen kann im Gegensatz zu den anderen, wie lang die ungefähr sind, auch im Gegensatz zu den anderen und wie die am Ende zusammenkommen. Am Ende habe ich kontrolliert, welche Muster zwischen den ganzen Zellen sind und ob ich die gleichen Muster dazwischen habe.“ (S7D, a40).

Dabei gelingt es ihm nicht, die Zellen in einem geeigneten Maß zu generalisieren bzw. zu abstrahieren. Wie im Vorfeld deutlich wurde, ist Jonas nicht mit gängigen zeichnerischen Konventionen vertraut, was die Darstellung der gesehenen Strukturen erschwert. Auch kennt er den Aufbau pflanzlicher Zellen nicht und ist sich beim Blick durch das Mikroskop unsicher, welche Strukturen die Zellorganellen darstellen:

„Was sind Zellorganellen? [...] Achso, diese kleinen Pünktchen.“ (S7D, a23).

Bezogen auf die Klassenstufe benötigt er für die Anfertigung der Zeichnung überdurchschnittlich lange. Er versucht jede Zelle möglichst so darzustellen, wie sie unter dem Mikroskop erscheint. Dies wird nicht nur im Video deutlich, sondern auch anhand seiner detaillierten Beschreibungen der Zellkonturen im Rahmen des lauten Denkens:

„Erst so, dann dicker weiter [gemeint ist die Zellform], dann geht es zusammen, danach hier noch ein schmales Langes bis es auf den Großen trifft [gemeint sind die Zellen links oben im mikroskopischen Bild, die dreieckförmig verbunden sind] und von dem Punkt, wo sich die beiden treffen, weiter unten nach oben [unverständl.]. Eine ganz kleine Welle [unverständl.]. [...] Dann ist hier noch so ein ganz Kleines, aber trotzdem dick. Hier ist noch eines durch. Hier geht jetzt Eines nach unten und das sollte normalerweise auf das treffen. [...] Das ist nämlich kürzer. [...] Hier ist noch eines, das leicht nach rechts geht. Und das Leichte ist nämlich nur eines.“ (S7D, a23).

Die Zellwände der Zellen deutet er teilweise durch eine Vielzahl dünner oder unterbrochener Linien an. Die Umrise der Zellen sind an mehreren Stellen undeutlich angelegt und einige Zellen sind nicht geschlossen dargestellt. Ebenso zeichnet Jonas wesentlich mehr Zellen ein, als von der Aufgabenstellung vorgesehen werden. Er erkennt, dass ihm insbesondere an der rechten Seite des Arbeitsblatts der Platz zum Darstellen weiterer Zellen ausgeht. Die Schwierigkeiten bei der Blatteinteilung der Zeichnung zeigen sich nicht nur im Video, sondern werden von Jonas auch im Zuge des lauten Denkens zum Ausdruck gebracht:

„Das wird knapp. [...] Hier geht jetzt Eines nach unten und das sollte normalerweise auf das treffen. Das muss ich dann nämlich anders zeichnen. Das ist nämlich kürzer.“ (S7D, a23).

Abbildung 9.60 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

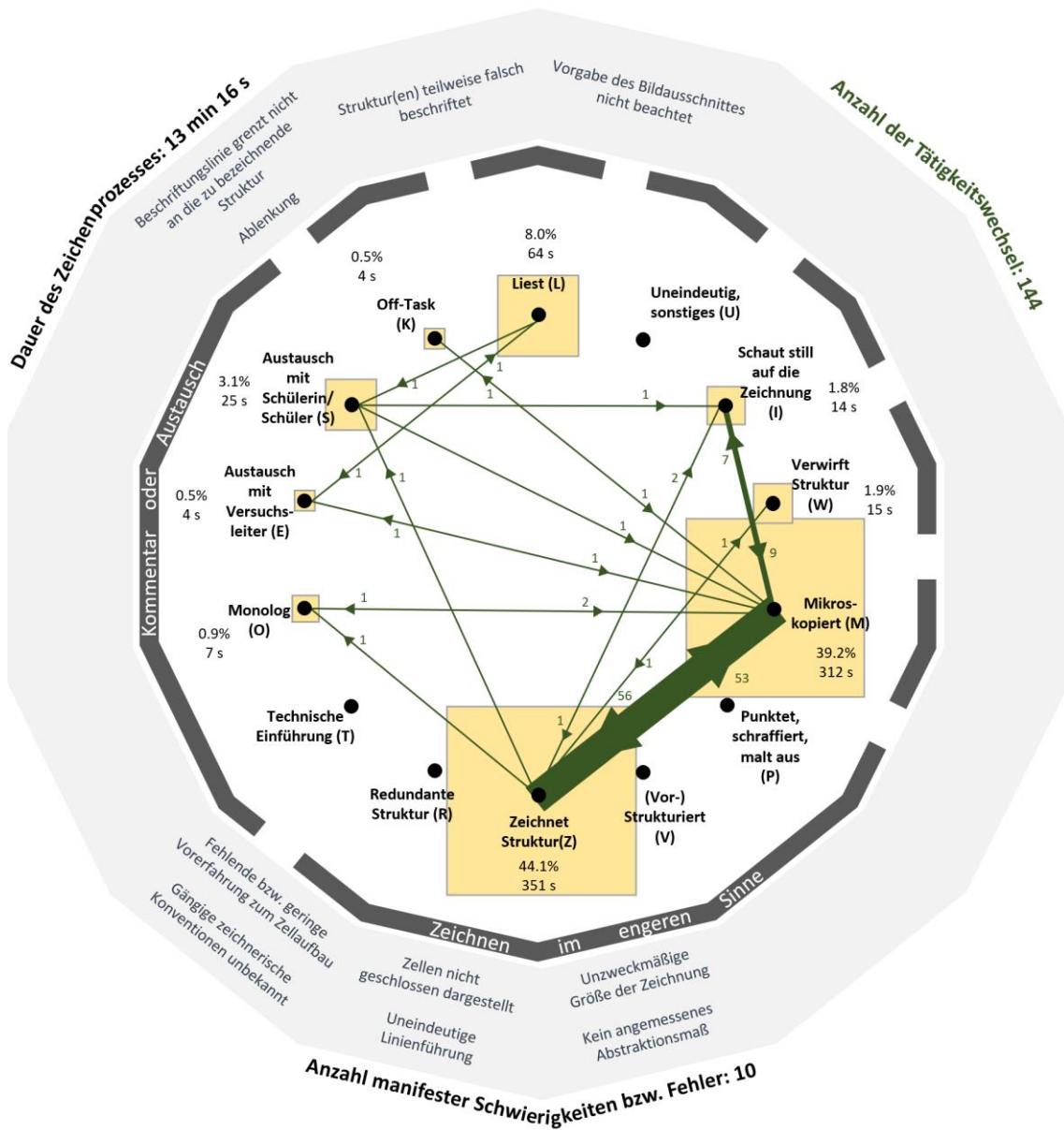


Abbildung 9.60 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Jonas (S7D)

9.6 Zusammenfassung der Ergebnisse

In Unterkapitel 9.1 konnte gezeigt werden, dass sich im Rahmen dieser Studie hinsichtlich der Konstruktion von Ablaufdiagrammen 12 und hinsichtlich der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen 14 unterschiedliche Tätigkeiten unterscheiden lassen. Insgesamt wurden 3650 Kodierungen der Audio-/Videoaufnahmen vorgenommen, die jeweils einer Tätigkeit zuzuordnen sind. Dabei kommt die Mehrheit der Tätigkeiten während der Konstruktion beider Repräsentationsformen vor (Tab. 9.27). Die von den Schülerinnen und Schülern am seltensten ausgeführte Tätigkeit ist die Vorstrukturierung der eigenen Zeichnung (*(Vor-)strukturiert*). Die am häufigsten ausgeübte Tätigkeit stellt im Falle der Ablaufdiagramme das Lesen der Textgrundlage dar (*Liest*). Die Tätigkeit *Explizite Relation*, die das Einzeichnen von Pfeilen und Verbindungslinien umfasst, ist spezifisch für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen und die Tätigkeiten *Mikroskopiert*, *Technische Einführung* sowie *Redundante Struktur* sind spezifisch für die Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen. Weiterhin zeigt sich, dass der Anteil der jeweiligen Tätigkeit am Zeichenprozess zwischen den Repräsentationsformen mitunter erheblich variiert und nur ein Teil der Tätigkeiten von allen Schülerinnen und Schülern ($N = 21$) ausgeübt wird (Tab. 9.27).

Tabelle 9.27 Übersicht zu den Tätigkeiten während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen

Tätigkeit [Ursprung]	Ablaufdiagramme			Mikroskopische Zeichnungen		
	Anteil am Prozess	Teilnehmende, die die Tätigkeit ausüben		Anteil am Prozess	Teilnehmende, die die Tätigkeit ausüben	
	%	n	%	%	n	%
Liest	55.6	21	100	16.8	21	100
Liest vorab	29.7	21	100	-	-	-
Liest während	25.9	21	100	-	-	-
Zeichnet	25.8	21	100	30.2	21	100
Mikroskopiert	-	-	-	28.7	21	100
Schaut still auf die Zeichnung	6.2	21	100	4.1	21	100
Monolog	5.6	20	95	2.1	15	71
Technische Einführung	-	-	-	3.1	7	33
Explizite Relation	2.3	17	81	-	-	-
Redundante Struktur	-	-	-	2.2	5	24
Austausch mit Versuchsleiter	1.5	18	86	1.9	13	62
Verwirft Struktur	1.0	15	71	3.7	14	67
Austausch mit Schülerin oder Schüler	0.9	16	76	2.3	16	76
Punktet, schraffiert, malt aus	0.5	3	14	3.3	7	33
Uneindeutig bzw. Sonstiges	0.3	6	29	0.4	8	38
Off-task-Aktivität	0.2	8	38	0.3	4	19
(Vor-)strukturiert	0.1	2	10	0.9	3	14
Alle	100	21	100	100	21	100

Anmerkung. Repräsentationsspezifische Tätigkeiten sind jeweils farblich hervorgehoben.

Abbildung 9.61 visualisiert für beide Repräsentationsformen den durchschnittlichen Anteil sowie die Dauer der jeweiligen Tätigkeit am Zeichenprozess und stellt alle Tätigkeitswechsel dar, deren durchschnittliche Häufigkeit 0.5 oder mehr beträgt. Beispielsweise gibt ein Wert von 2.0 vor dem Hintergrund von 21 Fällen an, dass 42 Tätigkeitswechsel von einer (z. B. *Schaut still auf die Zeichnung*) zu einer anderen Tätigkeit (z. B. *Explizite Relation*) erfolgen. Die Darstellungen machen zugleich deutlich, dass die Teilnehmenden für die Konstruktion der Ablaufdiagramme durchschnittlich etwa 15 Minuten ($M = 909.7 \text{ s}$, $SD = 414.6$) benötigen, wohingegen die der mikroskopischen Zeichnungen durchschnittlich nur etwas mehr als sechseinhalb Minuten beansprucht ($M = 403.7 \text{ s}$, $SD = 197.5$). Die zuvor angeführten Standardabweichungen (Tab. 9.27), die repräsentationsspezifischen Auswertungen der Tätigkeiten (Tab. 9.1 und Tab. 9.2 in 9.1), die Fallbeschreibungen (9.5, Anhang 10) sowie die fallbezogene Auswertung der einzelnen Schülertätigkeiten (Anhang 9.6, Anhang 9.7) veranschaulichen zugleich, dass die Variabilität zwischen den Fällen hoch ist.

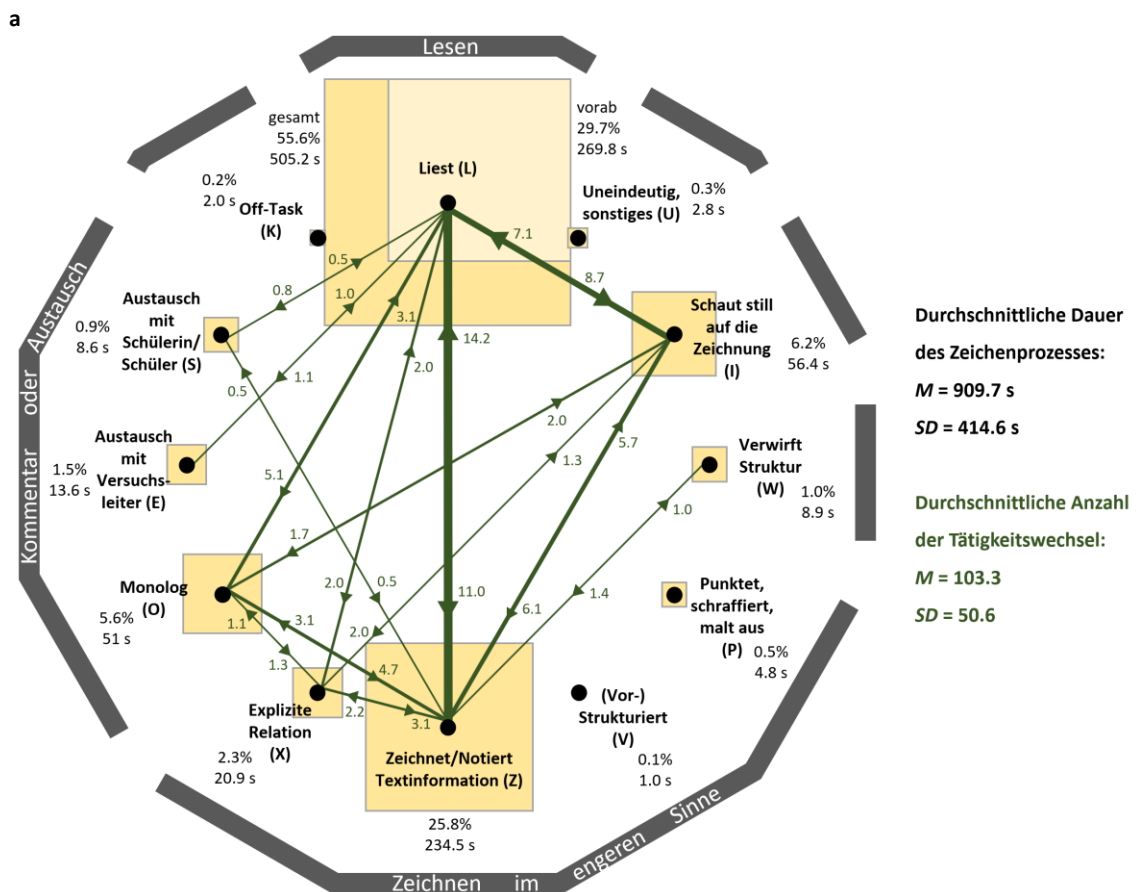


Abbildung 9.61 Visualisierung des durchschnittlichen Anteils und der Dauer einzelner Tätigkeiten sowie der Tätigkeitswechsel während der Konstruktion der a) Ablaufdiagramme und der b) mikroskopischen Zeichnungen

Anmerkung. Für die Berechnung der Fläche und Linienstärke vgl. 7.13.6 und Anhang 8.5.

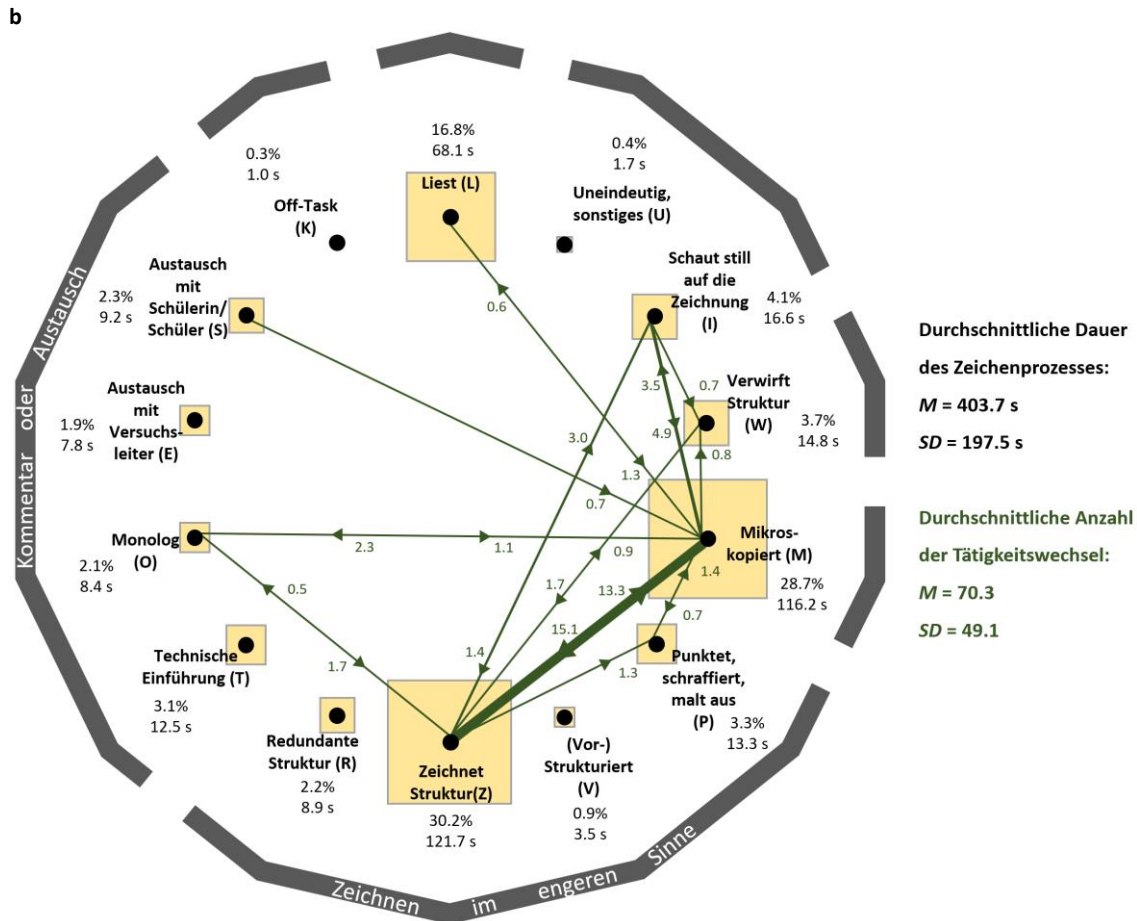


Abbildung 9.61 (Fortsetzung)

Unterkapitel 9.2 stellte 29 Schwierigkeiten bzw. Fehler dar, die bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen auftreten können. Dabei verteilen sich 163 Belege ungleichmäßig auf die 12 deduktiv und die 15 induktiv entstandenen Kategorien (Tab. 9.3 in 9.2). Zwei weitere Kategorien stellen potenzielle Schwierigkeiten ohne eindeutige Belege dar. Außerdem verbleiben zwei weitere deduktive Kategorien ohne empirischen Beleg. Eine Auswahl der häufigsten Schwierigkeiten umfasst: *Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n)* ($n = 13$), *Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung* ($n = 12$), *Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer* ($n = 11$), *Auswahl relevanter Textinformationen fällt schwer* ($n = 11$) sowie *Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen* ($n = 8$). Für die Mehrheit der gebildeten Kategorien war die Betrachtung des Prozesses eine wesentliche Voraussetzung zur Identifikation der Schwierigkeiten oder Fehler (9.2, 9.5). Die ausschließliche Betrachtung des Produkts wäre in vielen zu beurteilenden Situationen nicht ausreichend gewesen.

Unterkapitel 9.3 bezog sich auf die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen. Insgesamt konnten 31 Schwierigkeiten bzw. Fehler identifiziert werden. Auf die 17 deduktiv und

11 induktiv entstandenen Kategorien verteilen sich 213 Belege ungleichmäßig (Tab. 9.14 in 9.3). Drei weitere Kategorien stellen potenzielle Schwierigkeiten dar. Weiterhin verbleiben drei deduktive Kategorien ohne empirischen Beleg. Eine Auswahl der häufigsten Schwierigkeiten umfasst: *Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt* ($n = 21$), *Uneindeutige Linienführung* ($n = 19$), *Unzweckmäßige Größe der Zeichnung* ($n = 15$), *Fehlende bzw. geringe Vorerfahrung zum Zellaufbau* ($n = 15$) sowie *Kein angemessenes Abstraktionsmaß* ($n = 14$). Bezogen auf die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen zeigte sich ebenso wie für die Konstruktion der Ablaufdiagramme, dass die Betrachtung des Zeichenprozesses in vielen Situationen eine wesentliche Voraussetzung zur Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern darstellte (9.2, 9.3, 9.5, Anhang 10).

Die nachfolgende Abbildung 9.62 fasst alle deduktiv und induktiv entstandenen Kategorien der Schwierigkeiten bzw. Fehler für beide Repräsentationsformen zusammen und gibt Auskunft über deren absolute Kodierhäufigkeit. Schwierigkeiten, die bei beiden Repräsentationsformen vorkommen (z. B. Ablenkung), werden bilateral innerhalb der jeweiligen Hauptkategorie I-VII (z. B. attentive Schwierigkeiten) aufgeführt.

I Attentive Schwierigkeiten	
ABLAUFDIAGRAMM (9.2.1) ($n = 19$)	MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.1) ($n = 14$)
Ablenkung Scott & Dreher, 2016 $n = 6$	Ablenkung Scott & Dreher, 2016 $n = 4$
Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) Cohn, 2012 $n = 0$	Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) Cohn, 2012 $n = 0$
Bedeutsamkeitsmangel Quillin & Thomas, 2015 $n = pot.$	Bedeutsamkeitsmangel Quillin & Thomas, 2015 $n = pot.$
Fehlendes Bemühen/Interesse Quillin & Thomas, 2015 $n = 3$	Fehlendes Bemühen/Interesse Quillin & Thomas, 2015 $n = 2$
Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung Leopold & Leutner, 2012 $n = 6$	Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung Leopold & Leutner, 2012 $n = 5$
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung Induktive Kategorie $n = 4$	Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung Induktive Kategorie $n = 3$
II Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler	
ABLAUFDIAGRAMM (9.2.2) ($n = 14$)	MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG (9.3.2) ($n = 15$)
	Fehlende (Vor-)Strukturierung Wanner, 2004 $n = pot.$
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung Scherb & Nitz, 2020; Beurteilungskriterium (7.4) $n = 2$	Unzweckmäßige Größe der Zeichnung Scherb & Nitz, 2020; Beurteilungskriterium (7.4) $n = 15$
Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung Beurteilungskriterium (7.4) $n = 12$	

Abbildung 9.62 Schwierigkeiten bzw. Fehler der Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen

Anmerkung. Die Abkürzung *pot.* steht für potenzielle Schwierigkeiten (vgl. z. B. *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung*; 9.2.4, 9.3.4).



Abbildung 9.62 (Fortsetzung)

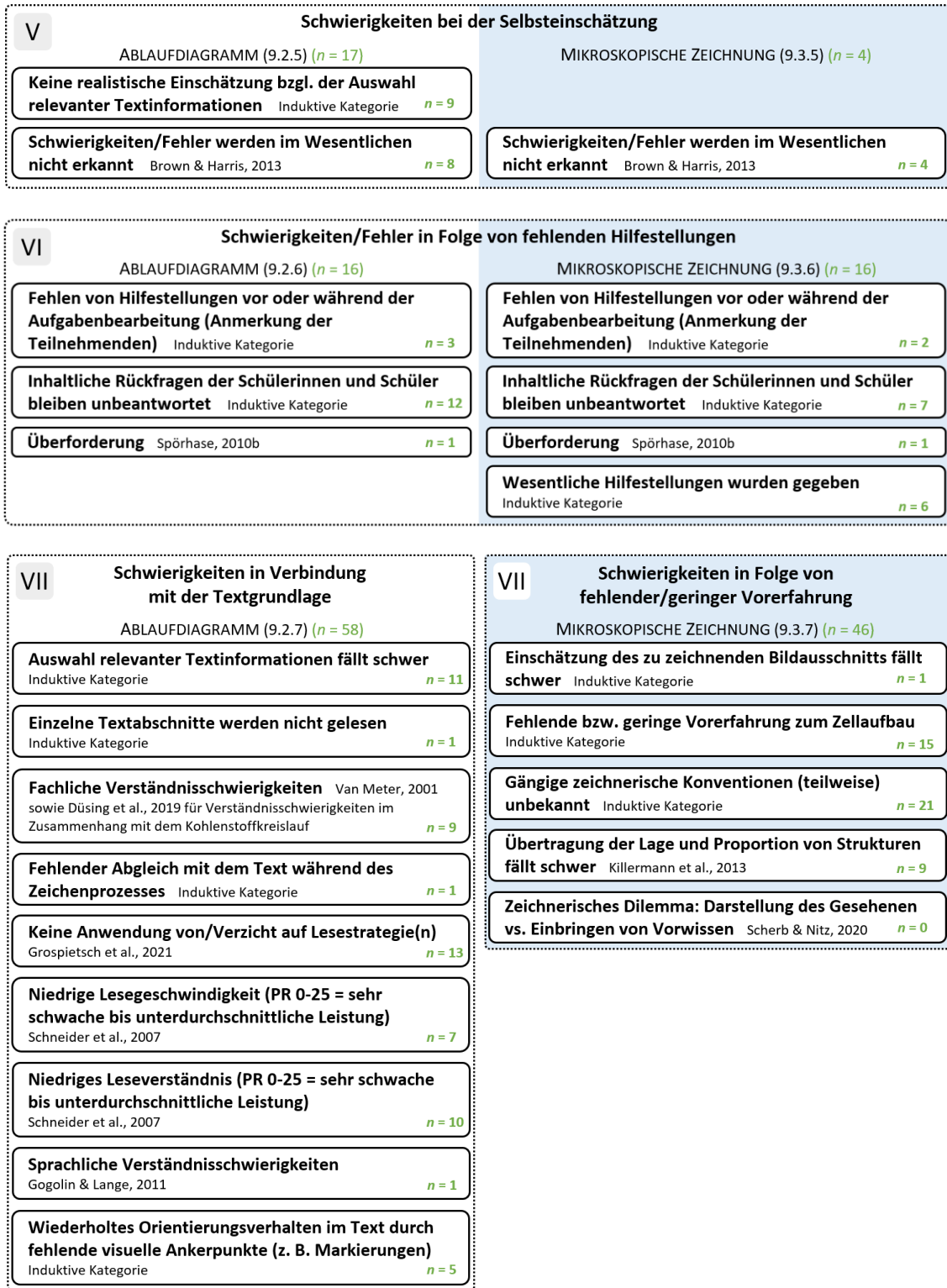


Abbildung 9.62 (Fortsetzung)

Weiterhin wurden in Unterkapitel 9.4 die ermittelten Schülertypen für die Konstruktion beider Repräsentationsformen vorgestellt. Bezogen auf Ablaufdiagramme konnte zwischen dem realistisch abbildenden Typ I, dem alternierend abbildenden Typ II und dem schriftorientiert abbildenden Typ III unterschieden werden. Schülerinnen und Schüler, die Typ I

zuzuordnen sind, stellen Textinhalte in der eigenen Zeichnung gänzlich oder zum größten Teil mit Hilfe von eher realistisch aussehenden Teilzeichnungen, d. h. depiktional, dar. Außerdem zeigen sie Schwierigkeiten dabei, die im Text als relevant eingestuften Textinformationen in der eigenen Zeichnung verständlich depiktional darzustellen (9.2.3). Die alternative initiale Verwendung von Textbausteinen zur Vermeidung von Darstellungsschwierigkeiten ziehen sie nicht in Betracht. Im Gegensatz dazu verwendet Typ III ausschließlich oder weitestgehend Textbausteine und Pfeile, um die Textinformationen im Schaubild wiederzugeben. Typ II kann als Hybrid angesehen werden, da die resultierenden Zeichnungen depiktionale und deskriptionale Eigenschaften in einem ähnlichen Verhältnis aufweisen (9.4.1). Außerdem wurde deutlich, dass die dem schriftorientiert abbildenden Typ III zugeordneten Fälle durchschnittlich auf weniger Schwierigkeiten treffen bzw. weniger Fehler verursachen, mehr Textinformationen in ihrer Zeichnung abbilden und diese schneller darstellen als die Fälle, die sich dem realistisch abbildenden Typ I und dem alternierend abbildenden Typ II zuordnen lassen.

Hinsichtlich der Konstruktion mikroskopischer Zeichnungen lässt sich zwischen dem oberflächlich abbildenden Typ I, dem objektorientiert abbildenden Typ II und dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III unterscheiden. Lernende, die sich Typ I zuordnen lassen, konstruieren ihre mikroskopische Zeichnung ohne regelmäßigen Abgleich mit dem Mikroskop. Teilnehmende, die sich Typ III zuordnen lassen, gehen wiederum sehr kleinschrittig vor. Sie wechseln viele Male zwischen den Tätigkeiten des Mikroskopierens und des Zeichnens. Vor diesem Hintergrund benötigen Vertreterinnen und Vertreter dieses Typs zur Vollendung der Zeichnung überdurchschnittlich lange. Ihnen gelingt es nicht, das Objekt in einer angemessenen Weise zu generalisieren. Typ II gleicht die eigene Zeichnung im Zeichenprozess zwar regelmäßig mit dem mikroskopischen Original ab, aber deutlich seltener als Typ III. Vertreterinnen und Vertreter des Typs II gelingt es zudem, die gesehene Strukturen zu generalisieren, indem sie beispielsweise den natürlichen Verlauf von Zellstrukturen glätten (9.4.2). Darüber hinaus wurde deutlich, dass es den Teilnehmenden, die sich dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen lassen, durchschnittlich gelingt, mehr mikroskopische Strukturen abzubilden als die der Typen I und III. Dabei treffen sie im Zeichenprozess durchschnittlich ebenfalls auf weniger Schwierigkeiten bzw. verursachen weniger Fehler als die anderen beiden Typen. Weiterhin ließ sich erkennen, dass die Vertreterinnen und Vertreter des Typs III durchschnittlich mehr als doppelt so lange wie die des Typs II und mehr als dreifach so lange wie die des Typs I zur Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung benötigen.

10. Diskussion

Die Gliederung der Diskussion orientiert sich an den drei Teilzielen der Studie dieser Arbeit: (I) Beschreibung des Zeichenprozesses anhand der Sichtstruktur (10.1), (II) Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern im Zusammenhang mit der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen (10.2) sowie (III) Charakterisierung von Schülertypen (10.3). Im Anschluss daran werden methodische und inhaltliche Limitationen der Studie (10.4) sowie mögliche wissenschaftliche und unterrichtspraktische Implikationen erörtert (10.5).

10.1 Tätigkeiten im Zeichenprozess

Aus dem ersten Untersuchungsziel dieser Arbeit ergab sich folgende Forschungsfrage: **Welche Tätigkeiten lassen sich für den Zeichenprozess hinsichtlich der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen auf der Ebene der Sichtstruktur unterscheiden?**

Bezogen auf die Konstruktion von Ablaufdiagrammen konnten zwischen 12 und hinsichtlich der Konstruktion mikroskopischer Zeichnungen zwischen 14 unterschiedlichen Tätigkeiten unterschieden werden (9.1, 9.6). Dabei sind Ablaufdiagramme als das Produkt aller konstruierenden Teilschritte auf Grundlage von Texten anzusehen (3.4.5), wohingegen mikroskopische Zeichnungen aus konstruierenden Teilschritten hervorgehen, die in Verbindung mit der Beobachtung biologischer Strukturen stehen (3.5.3). Insgesamt wurden im audiovisuellen Ausgangsmaterial zwischen dem definierten Start- und Endzeitpunkt (7.13.4) für alle 42 Zeichnungen insgesamt 3650 Kodierungen vorgenommen, die jeweils einer Phase bzw. Tätigkeit des Zeichenprozesses entsprechen. Die Ergebnisdarstellung veranschaulichte, dass mehrere Tätigkeiten sowohl bei Ablaufdiagrammen als auch bei mikroskopischen Zeichnungen vorkommen und der Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess zwischen beiden Repräsentationsformen variiert. Die im Rahmen dieser Studie ermittelten geringen Anteile einzelner Tätigkeiten am Zeichenprozess (z. B. bezogen auf mikroskopische Zeichnungen: *Austausch mit Schülerin oder Schüler* mit einem Anteil von 2.3 % sowie *Austausch mit Versuchsleiter* mit einem Anteil von 1.9%; Tab. 9.2 in 9.1.2) sind vergleichbar mit den niedrigen Anteilen einzelner prozessbezogener Kategorien in der Studie von Scott und Dreher (2016) (z. B. „Rückfrage der Lehrkraft“: 2.8% sowie „Rückfrage durch Schülerin/Schüler“: 2.1%; Tab. 3.3 in 3.6). Ebenfalls vergleichbar mit den Befunden von Scott und Dreher (2016) ist, dass manche Kategorien nur von einem Teil der Schülerinnen und Schüler Belege enthalten (3.7, Tab. 9.1 und Tab. 9.2 in 9.1), was wiederum den durchschnittlichen Anteil der jeweiligen Tätigkeit am Zeichenprozess vermindert. Im Rahmen dieser

Studie nahmen beispielsweise nur drei Teilnehmende eine Vorstrukturierung ihrer mikroskopischen Zeichnung vor. Der Verzicht auf diese unterstützende Strategie kann wiederum eine potenzielle Schwierigkeit darstellen (9.3.4, 10.2).

Außerdem ist festzustellen, dass sich nahezu alle Teilnehmenden umfassend mit der Textgrundlage vor (*Liest vorab*: $M = 29.7\%$; 9.1.1) und während (*Liest während*: $M = 25.9\%$) der Konstruktion der Ablaufdiagramme auseinandersetzten (*Liest (gesamt)*: $M = 55.6\%$), wohingegen das jeweilige mikroskopische Objekt während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen in deutlich geringerem Umfang betrachtet wurde (*Mikroskopiert*: $M = 28.7\%$; 9.1.2). Bei vier Teilnehmenden machte die Tätigkeit des Mikroskopierens sogar weniger als 15% am Zeichenprozess aus. Die geringe Auseinandersetzung mit dem mikroskopischen Objekt charakterisiert, wie in Unterkapitel 9.4.2 dargestellt, zugleich den oberflächlich abbildenden Typ I (10.3). Die zuvor angeführten Befunde stehen damit in gewisser Weise im Widerspruch zur Aussage, dass das Zeichnen biologischer Strukturen den Lernenden „zwingt zum genauen Hinsehen, zur Erfassung der Gestalt und der Maßverhältnisse“ (Killermann et al., 2013, S. 134). Auch sei in diesem Zusammenhang angemerkt, dass die Auseinandersetzung mit dem Zeichenobjekt, entgegen etwaiger Annahmen aus der Literatur (vgl. z. B. Tytler et al., 2018; 3.5.1, 5.6), im Rahmen dieser Studie nur eingeschränkt zu korrekten Schlussfolgerungen über dessen Fortbewegung führte (Anhang 4: Item: Ver_MZ_2; Anhang 6.2; Anhang 7.6).

Weiterhin zeigte die Analyse, dass der durchschnittliche Anteil der beiden Tätigkeiten *Redundante Struktur* sowie *Punktet, schraffiert, malt aus* am Zeichenprozess gering ausfiel, aber diese Tätigkeiten im Einzelfall dennoch einen großen Anteil am Prozess ausmachen konnten. Beispielsweise ging Sophia (S8E) mit 87 Sekunden dem Punkten und Ausmalen von Strukturen länger nach als dem eigentlichen Zeichnen der mikroskopischen Strukturen (*Zeichnet_Struktur_{MZ}* = 80 s; 9.5.11, Anhang 9.7) sowie Nathalie (S7C) der Darstellung redundanter Strukturen länger als dem Zeichnen neuer Strukturen (9.5.3, Anhang 9.7).

Die Tätigkeit „Monolog“ machte im Falle der Ablaufdiagramme durchschnittlich einen Anteil von 5.6% und im Falle der mikroskopischen Zeichnungen von 2.1% am Zeichenprozess aus. Das Auftreten dieser Tätigkeit ist auf den Einsatz der Methode des lauten Denkens zurückzuführen (5.3), die Einblicke in ablaufende kognitive Prozesse ermöglicht(e) (vgl. Funke & Spering, 2006). Es ist denkbar, dass ohne den Einsatz der Methode des lauten Denkens der Anteil anderer Tätigkeiten am Zeichenprozess geringfügig größer ausgefallen wäre. Beispielsweise könnte der Anteil der Tätigkeit „Schaut still auf die Zeichnung“ zunehmen, wenn die verbale Externalisierung der Gedanken entfällt und die Teilnehmenden beim Nachdenken keiner sonstigen Tätigkeit nachgehen (Anhang 8.3, Anhang 8.4). Vor diesem Hintergrund kann die ökologische Validität dieser Tätigkeit grundsätzlich in Frage gestellt

werden. Allerdings lässt sich dieser Einwand zumindest teilweise relativieren. Zeichnen wird in der Literatur an vielen Stellen als kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit beschrieben (vgl. z. B. Fiorella & Mayer, 2015; 3.7). Sandmann (2014) spricht davon, dass Menschen bei intensivem Nachdenken gelegentlich bereits von sich aus dazu neigen, ihre Gedanken bei der Ausführung einer Handlung zu verbalisieren. Ericsson und Simon (1993) verweisen darauf, dass Probandinnen und Probanden lautes Denken insbesondere vor diesem Hintergrund als natürliche Tätigkeit wahrnehmen. Außerdem führt das laute Denken zur Externalisierung von Gedanken, die auch ohne den Einsatz dieser Methode vorhanden wären (vgl. Konrad, 2010). Zudem haben einige Lernende innerhalb der hier vorgestellten Studie bereits im Vorfeld während des Zeichnen-Tests (Untersuchungsphase B2, Tab. 5.14 in 5.9.1) von sich aus, d. h. ohne explizite Aufforderung, laut gedacht. Unterkapitel 10.4.2 geht auf die Methode des lauten Denkens vertieft ein.

Darüber hinaus können die beiden deduktiv entstandenen Kategorien „Austausch mit Versuchsleiter“ sowie „Austausch mit Schülerin und Schüler“ (Anhang 8.3, Anhang 8.4), die für beide Repräsentationsformen vorliegen (9.6), auf den ersten Blick als Artefakt der Studierendurchführung angesehen werden. Gegen diese Auffassung spricht, dass Lernende auch im Unterricht während des Zeichnens mit anderen Schülerinnen und Schülern sowie mit der Lehrkraft im Austausch stehen (10.4.2). Auch die Ergebnisse von van Meter (2001) zeigen, dass das Stellen einer Frage im Zeichenprozess, sei es an sich selbst oder den Versuchsleiter gerichtet, eine wichtige metakognitive Strategie der Lernenden darstellt.

Ähnlich verhält es sich mit der Tätigkeit des Lesens des Einführungstexts bzw. der Aufgabenstellung zu Beginn oder während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung. Im Gegensatz zu Ablaufdiagrammen stellt die Auseinandersetzung mit der Textgrundlage hier keine Voraussetzung zur Konstruktion der Zeichnungen dar und ersetzt begründeterweise die eigenständige Präparation des Objekts (5.2.1). Da die Aufgabenstellung inklusive der dort gemachten Angaben zum zu zeichnenden Bildausschnitt (5.2.5, Anhang 2) jedoch eine potenzielle Quelle von Schwierigkeiten und Folgefehlern darstellen können, (9.3.4) erschien es sinnvoll, die Tätigkeit des Lesens auch für mikroskopische Zeichnungen zu erfassen. Auch muss eine die mikroskopische Zeichnung betreffende Aufgabenstellung zunächst gelesen und bei Bedarf im Zeichenprozess erneut gelesen werden, nämlich beispielsweise dann, wenn vergessen wurde, welcher Bildausschnitt des Objekts gezeichnet werden soll oder in wie vielen Zellen die Zellorganellen dargestellt werden sollen (Anhang 2). Ferner umfassen die mikroskopischen Zeichenaufgaben in Schulbüchern gleichermaßen Hintergrundinformationen zum darzustellenden Objekt (Brunner, 2018; Hannemann, 2018).

Angesichts der sehr geringen Anzahl an Studien zum Prozess des Zeichnens (3.6) wird deutlich, dass die hier vorgestellten Ergebnisse, abseits des deduktiven Ursprungs der meisten

Kategorien¹, nur vereinzelt mit anderen empirischen Ergebnissen in Verbindung gebracht werden können. Hinzu kommt, dass der Prozess des Zeichnens bislang vor allem außerhalb der Naturwissenschaftsdidaktik betrachtet wurde (z. B. Cohn, 2012; van Sommers, 2009). Weiterhin beschränkt sich die Studie von van Meter (2001) auf Zeichnungen, die dem drawing-Ansatz (3.4.2) zuzuordnen sind, und die von Scott und Dreher (2016) auf Zeichnungen, die dem mapping-Ansatz (3.4.4) zuzuordnen sind. Beide Ansätze decken die Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen nicht ab. Wie in der theoretischen Rahmung deutlich wurde, beschränkt sich die Studie von van Meter (2001) ausschließlich auf Selbst-Monitoring-Ereignisse und die von Scott und Dreher (2016) auf die Denkprozesse der Lernenden während des Zeichnens. Auch wurden im Falle letzterer Studie durch den ausschließlichen Fokus auf die Transkripte und die Vernachlässigung der Videospur sämtliche Phasen des Zeichnens ausgeschlossen, in denen nicht gesprochen wird. Beide Studien haben keine expliziten Bezüge zwischen den gebildeten Kategorien und den Komponenten von Modellen oder Theorien, die sich mit dem Zeichnen in Verbindung bringen lassen, hergestellt. Darüber hinaus beschränken sich beide Studien nur auf einen bzw. zwei Texte sowie eine stark limitierte Altersspannweite der Teilnehmenden. Van Meter (2001) verweist in der Diskussion darauf, dass eine Erweiterung der Kontexte und der Altersspannweite eine wesentliche Voraussetzung für die Steigerung der empirischen Belastbarkeit der Befunde darstellen (6.1).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass den Limitationen bisheriger prozessbezogener Studien (3.6) im Rahmen dieser Studie durch die Pluralität von acht Kontexten, durch den Einbezug von Schülerinnen und Schülern unterschiedlichen Alters, durch die Analyse eines deutlich umfangreicheren Ausgangsmaterials, durch die Entwicklung trennscharfer Kategorien sowie durch eine theoretische Fundierung der gebildeten Kategorien entgegengewirkt wurde. Dabei lieferte insbesondere der Einbezug der Videospur in den Analyseprozess Erkenntnisse, die über die ausschließliche Analyse der verbalen Daten hinausgehen (vgl. Döring & Bortz, 2016; Krüger & Riemeier, 2014). Die beiden Kategoriensysteme dieser Studie zu unterschiedlichen Tätigkeiten von Lernenden während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen (Anhang 8.3, Anhang 8.4) liefern erstmals ein Instrument zur lückenlosen, d. h. durchgängigen, Beschreibung des Zeichenprozesses auf der Ebene der Sichtstruktur. Hierdurch wurde die Grundlage geschaffen, um die Prozessstruktur (9.1) sichtbar und zwischen Fällen vergleichbar zu machen. Die Analyse der

¹ Im Falle der Ablaufdiagramme lagen elf deduktive Kategorien nach Palinscar & Brown, 1984; Paris & Cross, 1983; Retzlaff-Fürst, 2020; Scherb, 2018 und Scott & Dreher, 2016 sowie eine induktive Kategorie vor. Im Falle der mikroskopischen Zeichnungen lagen elf deduktive Kategorien nach Palinscar & Brown, 1984; Paris & Cross, 1983; Retzlaff-Fürst, 2020; Scherb & Wolowski, 2020; Scott & Dreher, 2016 und Wanner, 2004 sowie drei deduktive Kategorien vor (7.13.2, 9.1).

Prozessstruktur stellte darüber hinaus eine wesentliche Grundlage für die Identifikation unterschiedlicher Schwierigkeiten (9.2, 9.3) und Schülertypen dar (9.4). Weiterhin sind die beiden tätigkeitsbezogenen Kategoriensysteme einfach anwendbar (Anhang 8.3, Anhang 8.4), beschränken sich nicht auf die natürlicherweise (ohne lautes Denken) verborgenen sowie diskontinuierlich während des Zeichnens geäußerten Kognitionen der Lernenden, wurden durch wiederholte Materialdurchläufe ausgeschärft (Abb. 7.3 in 7.12.2, 7.13) und weisen eine sehr hohe Intercoder-Übereinstimmung auf (Tab. 8.5 in 8.2). Die bereits erwähnte theoretische Fundierung erfolgte für fast alle Kategorien in Unterkapitel 7.13.3, indem die einzelnen Tätigkeiten mit verschiedenen Komponenten des Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3), des Generativen Modells des Lernens (3.4.1), des Mehrspeichermodells des Gedächtnisses (3.3) oder des Modells zum Zeichnen von Objekten (3.5.2) in Verbindung gebracht wurden. Hierbei zeigte sich, dass zwischen den Tätigkeiten, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betreffen (z. B. *Schaut still auf die Zeichnung*) und den Komponenten des Cognitive Model of Drawing Construction, das sich auf das Zeichnen auf Grundlage von Texten bezieht, viele eindeutige Bezüge (z. B. „Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen“) hergestellt werden können. Dahingegen weist das Modell zum Zeichnen von Objekten vor allem hinsichtlich der übergeordneten Modellebenen (Visuelle Analyse, Produktion der Zeichnung) Bezüge zu den einzelnen Tätigkeiten, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffen, auf. Wie in Unterkapitel 7.13.3 dargestellt, fallen die Bezüge zwischen den einzelnen Tätigkeiten (z. B. *Verwirft Struktur*) und den untergeordneten Modellkomponenten (z. B. Abbildungsentscheidungen und -prozesse) dahingegen meist unspezifischer aus. Wären Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen im Modell zum Zeichnen von Objekten ebenfalls wie im Cognitive Model of Drawing Construction als explizite Modellkomponente ausgewiesen, wäre die Zuordnung weiterer Kategorien möglich (z. B. *Austausch mit Versuchsleiter*) oder passgenauer (z. B. *Schaut still auf die Zeichnung*, *Verwirft Struktur*) als mit den vorhandenen untergeordneten Modellkomponenten. Weitere Limitationen des Modells zum Zeichnen von Objekten hinsichtlich der theoretischen Fundierung einzelner Kategorien werden im Zusammenhang mit der Diskussion der Schwierigkeiten im nachfolgenden Unterkapitel berichtet (10.2).

In der Gesamtheit machte die Analyse der 42 Zeichenprozesse deutlich, dass die zeichnerischen Tätigkeiten im engeren Sinne, nämlich *Zeichnet*, *Explizite Relation* und *(Vor-)strukturiert* sowie ggf. auch *Redundante Struktur* und *Punktet, schraffiert, malt aus* in Summe nur rund ein Drittel der Aufgabenbearbeitung ausmachen (Tab. 9.1 in 9.1.1, Tab. 9.2 in 9.1.2, 9.6). Damit sind zwei Drittel des in der Literatur flüchtig als nicht-linear bzw. rekursiv beschriebenen Zeichenprozesses (z. B. Leutner & Schmeck, 2014, 2022; van Meter & Firetto, 2013) von anderen Tätigkeiten bestimmt. Bezogen auf die Naturwissenschaften lassen sich

hier Parallelen zu anderen unterrichtsbedeutsamen Prozessen, wie z. B. dem Experimentieren, ziehen. So stellt die Kerntätigkeit der Durchführung eines Experiments im Rahmen von Experimentierprozessen nur eine von vielen Tätigkeiten dar. Der prozentuale Anteil der einzelnen Tätigkeiten am Prozess variiert auch beim Experimentierprozess erheblich zwischen einzelnen Fällen (vgl. Arndt, 2016; Kambach, 2018; Meier, 2015). Wie die weitere Diskussion der Schwierigkeiten zeigen wird, ist ein Großteil der auftretenden Schwierigkeiten mit Tätigkeiten assoziiert, die außerhalb der Kerntätigkeit des Zeichnens liegen.

10.2 Schwierigkeiten bzw. Fehler im Zusammenhang mit dem Zeichnen

Aus dem zweiten Untersuchungsziel ergab sich die Forschungsfrage: **Welche manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler treten bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen im Zeichenprozess auf?**

Bezogen auf Ablaufdiagramme verteilen sich 163 Belege für Schwierigkeiten bzw. Fehler auf 12 deduktive und 15 induktive Kategorien bzw. sieben übergeordnete Hauptkategorien. Hinzu kommen die beiden Kategorien *Bedeutsamkeitsmangel* und *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung* als potenzielle Schwierigkeiten, für die es zwar Anhaltspunkte gibt (Selbstauskunft, Prozess), aber keine konkreten Belege dafür, inwiefern bzw. ab wann diese die Konstruktion der Zeichnung negativ bedingen (10.4.2, 10.5.2). Weiterhin konnten für die beiden deduktiven Kategorien *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen-Haltung“)* sowie *Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen*, auf die Quillin und Thomas (2015) bzw. Retzlaff-Fürst (2020) hinweisen, keine empirischen Belege gefunden werden.

Bezogen auf mikroskopische Zeichnungen konnten insgesamt 213 Belege ermittelt werden, die sich auf 17 deduktiv und 11 induktiv entstandene Kategorien verteilen. Hinzu kommen auch hier die beiden potenziellen Schwierigkeiten *Bedeutsamkeitsmangel* und *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung* sowie zusätzlich *Fehlende (Vor-)Strukturierung* (10.4.2, 10.5.2). Die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffend blieben drei deduktive Kategorien ohne empirischen Beleg, nämlich *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen-Haltung“)*, *Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen* sowie *Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen*. Auf letztere Schwierigkeit wiesen Lehrkräfte im Rahmen von Interviews vereinzelt hin (vgl. Scherb & Nitz, 2020).

Auf die Kategorie *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung* („*Ich-kann-nicht-zeichnen-Haltung*“) wird im Zuge der methodischen Limitation (10.4.1) näher eingegangen. Die Kategorie *Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen* betreffend, konnte festgestellt werden, dass sich die von den Schülerinnen und Schülern geäußerten Assoziationen (z. B. „*Sieht irgendwie aus wie eine Katze.*“ (Lisa, S8B, a31), „*Es sieht irgendwie aus wie so ein Tier, halb Nilpferd, halb Pferd.*“ (Ben, S8G, b3)) nicht in der Gestalt des jeweils gezeichneten Objekts (z. B. Amöbe) widerspiegeln. Bezogen auf die Kontexte der Ablaufdiagramme war ebenfalls keine subjektive Verzerrung erkennbar, insofern man den Versuch der eher kindlich ausgerichteten depiktionalen Darstellung von Textinformationen (z. B. zeichnet Lisa (S8B) einen Hamster bzw. Hasen, um die Begrifflichkeit „Primärkonsument“ darzustellen; 9.5.2) nicht als eine Form des Einbringens von Empfindungen und Vorstellungen wertet.

Für die nicht kodierte deduktive Kategorie *Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen* liegen ebenfalls keine Evidenzen dafür vor, dass sich eine Schülerin oder ein Schüler mit einem solchen Dilemma konfrontiert sah. Beispielsweise stand Leah (S10.1D) im Zuge der Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung der Tatsache, dass ihre Zeichnung im Gegensatz zur Beschriftungsvorlage die Mittellamelle nicht aufweist, gleichgültig gegenüber (Anhang 10.17). Auch für Paul (S10.1B) stellte der Verzicht auf die Darstellung einzelner Strukturen kein Dilemma dar: „*Ich habe eigentlich versucht, das aus dem Mikroskop zu zeichnen. Ich habe nicht darauf geachtet, zum Beispiel bei der Mittellamelle, es detailgetreu zu zeichnen, dass es dick ist und nicht nur so ein Strich. Für mich war die Zellwand nicht so wichtig.*“ (S10.1B, b9; Anhang 10.15).

Ferner zeigen die analysierten Daten, dass die Teilnehmenden der siebten Klassenstufe durchschnittlich mit etwa doppelt so vielen Schwierigkeiten konfrontiert waren bzw. Fehler während der Konstruktion der Ablaufdiagramme verursachten als die der zehnten Klassenstufe (Tab. 9.3 in 9.2). Ein Erklärungsansatz könnte sein, dass die Schwierigkeiten über die Klassenstufen hinweg auf Grund der zunehmenden Lerngelegenheiten im und außerhalb des Biologieunterrichts sinken (3.7). Bisherige Lerngelegenheiten können die Konstruktion von Repräsentationen positiv beeinflussen und Darstellungsschwierigkeiten minimieren (z. B. Cainey et al., 2017; Fiorella & Zhang, 2018; Quillin & Thomas, 2015; Scott & Dreher, 2016; 3.7). Insgesamt verwiesen die Teilnehmenden der zehnten Klassenstufe auf mehr Lerngelegenheiten als die der siebten und achten Klassenstufe (Anhang 9.3). Bezogen auf die mikroskopischen Zeichnungen war ein solcher Trend über die Klassenstufen hinweg nicht erkennbar. Die meisten Schülerinnen und Schüler verwiesen unabhängig von der Klassenstufe auf wenige Lerngelegenheiten in diesem Zusammenhang. Die von den Teilnehmenden angeführten Beispiele zeigten zudem, dass (im Gegensatz zu mikroskopischen

Zeichnungen) die Erfahrungen hinsichtlich der Konstruktion von Ablaufdiagrammen sowie ähnlicher Repräsentationsformen, die auf Pfeile und Textbausteine zurückgreifen, auch außerhalb des Biologieunterrichts erworben werden konnten.

Darüber hinaus zeigen die Befunde dieser Studie, dass viele der aufgetretenen Schwierigkeiten bzw. Fehler auf fehlende oder geringe Vorerfahrungen mit dem mikroskopischen Zeichnen und auf die oftmals geringe Kenntnis von zeichnerischen Gütekriterien zurückzuführen sind (z. B. 9.3.3). Insbesondere mikroskopisches Zeichnen bedarf Übung (Gropengießer et al., 2012, S. 88) und ist durch zeichnerische Konventionen bestimmt (Retzlaff-Fürst, 2020). Auch das Modell von van Sommers (1989) hebt die Rolle bisheriger Erfahrungen bei der Erkennung und Benennung von zeichnender Objekte hervor (3.5.2). Auf die Bedeutsamkeit des Wissens über repräsentationsspezifische Konventionen sowie bisherige Lerngelegenheiten weisen unterschiedliche Autoren bezogen auf verschiedene Repräsentationsformen hin (z. B. Quillin & Thomas, 2015; Wright et al., 2014). Wie im Theorieteil dargestellt, kann in Anlehnung an Winne und Hadwin (1998) ebenfalls davon ausgegangen werden, dass es den Teilnehmenden ohne Vorwissen über repräsentationsspezifische Konventionen zudem nicht gelingt, geeignete Standards (z. B. Abstraktionsgrad, Anzahl dargestellter Inhalte) für die Anfertigung der Zeichnung festzulegen (vgl. van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3). Auch in Anlehnung an das Cognitive Model of Drawing Construction, das sich primär auf die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten bezieht, spielt Vorwissen eine entscheidende Rolle für die Konstruktion von Zeichnungen (van Meter & Firetto, 2013). Tritt, wie in einigen Fällen vorliegend, eine sehr hohe Anzahl an Schwierigkeiten auf, so führt dies zu einer Beeinträchtigung des Lernprozesses. Die inhaltliche Auseinandersetzung kommt dabei zu kurz, da die limitierten kognitiven Ressourcen für die Bewältigung der zeichnerischen Probleme (extrinsische Belastung) aufgewendet werden müssen (Leutner & Schmeck, 2014; 3.3.2, 3.4.2) und für die Bearbeitung der Aufgabenstellung, die intrinsische sowie lernbezogene Belastung erzeugt, dann nicht mehr hinreichend Kapazitäten zur Verfügung stehen (Sweller et al., 2011). Obwohl die Befundlage von Studien zum Zeichnen insgesamt sehr heterogen ausfällt (3.4.2), steht insbesondere „reines Zeichnen“ (en.: pure drawing; Leutner & Schmeck, 2022, S. 361), also das Zeichnen ohne Unterstützungsmaßnahmen, unter Verdacht, zahlreiche Schwierigkeiten hervorzurufen. Fiorella und Zhang (2018) schlussfolgern auf Grundlage der in ihrem Review betrachteten Studien, dass unterschiedliche Arten und Niveaus von Unterstützungsmaßnahmen sowie Kontrollgruppen es zusätzlich erschweren, die Voraussetzungen für den gewinnbringenden Einsatz von Zeichnen einzugrenzen. Auch mit Blick auf die mikroskopischen Zeichnungen stellt sich die Frage, inwieweit das mikroskopische Zeichnen beim Aufkommen zahlreicher

Schwierigkeiten noch zum histologischen Verständnis der Lernenden beitragen kann (vgl. Rafi et al., 2017; 3.5.3).

Zugleich zeigen die Befunde dieser Arbeit, dass Vorerfahrungen nicht garantieren, dass der Transfer auf einen neuen Kontext gelingen muss. Beispielsweise hat Jonas (S7D) in der Vergangenheit bereits ein Ablaufdiagramm zum Wasserkreislauf konstruiert. Der Transfer des dort erworbenen repräsentationsspezifischen Wissens zur Darstellung der Textinformationen gelingt ihm, im Gegensatz zu Pablo (S10.2D), der die Darstellung hormoneller Regulationen bereits am Beispiel des Geschlechtshormons Testosteron kennengelernt hat, jedoch nicht (Anhang 9.3, Anhang 10).

Darüber hinaus verdeutlichen die Ergebnisse für beide untersuchten Repräsentationsformen, dass mehr als die Hälfte der Schwierigkeiten mit Tätigkeiten in Verbindung stehen, die außerhalb der Kerntätigkeit des Zeichnens liegen (Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3). Auf Seiten der Ablaufdiagramme zeigt sich dies besonders ausgeprägt bei den Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage (9.2.7). Das Lesen stellt durchschnittlich die anteilmäßig umfassendste Tätigkeit während der Konstruktion dieser Repräsentationsform dar (9.1.1). Eine niedrige Lesegeschwindigkeit und ein niedriges Leseverständnis erschwerten im Einzelfall die Textarbeit oder zogen diese in die Länge (z. B. Florian, S7F). Einige Teilnehmende benötigten mehr als dreimal so lange für das initiale Lesen der Textgrundlage wie andere (Anhang 9.6). Hierbei kann in Anlehnung an das Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3) davon ausgegangen werden, dass die Bildung eines mentalen Modells, das die Selektion, Organisation und Integration von Textinformationen erfordert (linker Modellstrang), beeinträchtigt wurde, was sich wiederum auf die Externalisierung der Zeichnung auf Grundlage des Erscheinungsbilds (rechter Modellstrang) auswirkte. Dieser für unterschiedliche Kategorien anzunehmende Zusammenhang wurde bereits ausführlich in Unterkapitel 7.12.3 bei den Bezügen zwischen Kategorien und Modellen bzw. Theorien dargestellt. Auch konnte anhand zahlreicher Fallbeispiele gezeigt werden, dass der Verzicht auf Lesestrategien die allgemeine Textarbeit zusätzlich erschwerte (9.2.7, Anhang 10). In einigen Fällen wurden auf Grund der fehlenden Markierungen im Text oder auf Grund des Verzichts auf den abschließenden Abgleich zwischen Textgrundlage und der Zeichnung weniger Textinformationen dargestellt als von den Teilnehmenden potenziell erinnert werden konnten (Anhang 7, Anhang 9.10). Auf die Bedeutsamkeit solcher Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen weist das Cognitive Model of Drawing Construction ebenso wie empirische Befunde (z. B. van Meter, 2001) hin (3.4.3, 3.7, 7.12.3).

Die Ablaufdiagramme betreffend konnten die Befunde außerdem zeigen, dass elf Teilnehmende bei der depiktionalen Darstellung von einzelnen Textinformationen auf Schwierigkeiten stießen. Die alternative deskriptionale Darstellung der Textinformationen zogen sie dabei in vielen Situationen nicht (z. B. „*Wenn die Produzenten sterben, dann werden die durch Destruenten zersetzt. Soll ich jetzt eine sterbende Eule malen?*“, Nora, S8C, a29), oder nur als zweite Wahl (z. B. S7A, 9.5.1) in Erwägung. Wie in Unterkapitel 2.4 dargestellt, besitzen deskriptionale und depiktionale Darstellungen¹ unterschiedliche Vor- und Nachteile. Beispielsweise können abstrakte Konzepte leichter deskriptional als depiktional dargestellt werden (Schnotz, 2014). Um bei dem zuvor angeführten Beispiel zu bleiben, wäre der Textbaustein „Destruenten: Abbau toter organischer Substanz“ (Anhang 1.2) schneller generiert als eine depiktionale Teilzeichnung (sterbende Eule), die den Vorgang illustriert. Deskriptionale Repräsentationen bieten sich weiterhin für die Beschreibung logischer und zeitlicher Zusammenhänge an (Scheiter et al., 2009). Die individuellen Begründungen der Schülerinnen und Schüler für die Wahl ihrer Vorgehensweisen waren zum Teil wenig differenziert bzw. pauschalisierend: „*Ich glaube, es ist einfacher, Bilder zu verstehen.*“ (Lisa, S8B, b19). Schwierigkeiten bei der Selbstauskunft werden in Unterkapitel 10.4.2 diskutiert. Auf Grund der zentralen Bedeutung einer verständlichen depiktionalen bzw. deskriptionalen Darstellung von Textinformationen, stellte diese auf der Seite der Ablaufdiagramme zugleich den Ausgangspunkt der Typenbildung dar (10.3).

Zudem ließ die Auswertung aller Elemente und Relationen, die von den Schülerinnen und Schülern dargestellt wurden, erkennen, dass einige Textinformationen seltener abgebildet wurden als andere (Abb. 9.11 in 9.2.7). Ein Erklärungsansatz hierfür könnte sein, dass einige Textinformationen schwieriger zu identifizieren waren als andere (Schritt der Selektion im Cognitive Model of Drawing Construction, 3.4.3). Dies würde auch das Auftreten von fachlichen Verständnisschwierigkeiten erklären, die zumindest für den Kontext des Kohlenstoffkreislaufs zu erwarten waren (5.1.2; vgl. Düsing et al., 2019).

Auch auf Seiten der mikroskopischen Zeichnungen konnten neben den „klassischen“ Fehlern der Zeldarstellung (z. B. Zellen grenzen nicht aneinander, Zellen nicht geschlossen; Stahl-Biskup & Reichling, 2015; 3.7), die in fachdidaktischer Literatur häufig benannt werden, zahlreiche andere Schwierigkeiten bzw. Fehler identifiziert werden, die außerhalb der Kerntätigkeit des Zeichnens liegen. Hierzu zählen beispielsweise das seltene Überblicken bzw. Kontrollieren der gezeichneten Strukturen (9.3.4). So kann der Abgleich mit dem mikroskopischen Präparat beispielsweise durch eine selbst gestellte Frage („*Habe ich jetzt alles*

¹ Darstellungen mit hohem deskriptionalen und niedrigem depiktionalen Anteil sind dabei eher dem mapping-Ansatz zuzuordnen (3.4). Bei Zeichnungen, die dem drawing-Ansatz zuzuordnen sind, ist dieses Verhältnis umgekehrt (3.2).

gezeichnet?“ , Jonas, S7D, a23) ausgelöst sein. Dies entspricht der Befundlage anderer Studien, die zeigen konnten, dass Lernende prozessbegleitend in unterschiedlichem Umfang von metakognitiven Strategien Gebrauch machen (Kollmer et al., 2020; Schleinschok et al., 2017; Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; 3.6). Die Bedeutsamkeit von Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen wurde auch im Zusammenhang mit dem Cognitive Model of Drawing Construction von van Meter und Firetto (2013) hervorgehoben. Darüber hinaus zeigte sich anhand der Daten, dass frühe Fehleinschätzungen bei der Planung der Zeichnung zu späteren Darstellungsschwierigkeiten führen können. Hierauf wurde bereits im Zusammenhang mit dem Modell zum Zeichnen von Objekten von van Sommers (1989; 3.5.2) verwiesen. Solche Fehleinschätzungen lassen sich im Rahmen der mikroskopischen Kontexte dieser Studie vor allem hinsichtlich der Differenzierung zwischen Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle (9.3.4) als auch hinsichtlich der Übertragung der Lage und Proportionen von Strukturen ausmachen (9.3.7). Letztere stehen bezogen auf das Modell zum Zeichnen von Objekten mit der Modellkomponente der visuellen Analyse im Zusammenhang. Auf diese wird ausführlich in der Diskussion zur Typisierung, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betrifft, eingegangen (10.3).

Im Zusammenhang mit den Schwierigkeiten wurde außerdem folgende Forschungsfrage aufgestellt: **Welche manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler werden im Zeichenprozess sichtbar, die durch die Analyse der Zeichenprodukte nicht erfasst werden?** Die Befunde zeigen, dass sich bei Ablaufdiagrammen für sechs und bei mikroskopischen Zeichnungen für fünf Kategorien ausschließlich im Prozess Belege finden ließen (Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3). Ohne die Betrachtung des Prozesses würden damit etwa ein Fünftel bis ein Sechstel der identifizierten Schwierigkeiten bzw. Fehler entfallen. In diesen Fällen konnte die Betrachtung des Prozesses im Sinne der methodischen Triangulation das Erkenntnispektrum erweitern (Komplementaritätsmodell; 10.4.2). Zudem trugen die unterschiedlichen Blickwinkel (z. B. Prozess, Produkt, Retrospektion) an zahlreichen anderen Stellen zur Absicherung der Interpretation bei (Konvergenzmodell; 10.4.2). Um eine Schwierigkeit zu belegen, reichte in einigen Fällen beispielsweise ein kurzer Ausschnitt der Videospur aus, wohingegen in anderen Fällen für einen zweifelsfreien Beleg mehrere Quellen bzw. Methoden herangezogen werden mussten (7.12.2, 9.2, 9.3). Nahmen die Schülerinnen und Schüler im Verlauf des Prozesses Korrekturen an ihrer Zeichnung vor, so ließen sich die initial aufgetretenen Schwierigkeiten meist nicht mehr am finalen Produkt erkennen. Hierauf wurde im Ergebnisteil (9.2, 9.3) im Zusammenhang mit unterschiedlichen Schwierigkeiten bzw. Fehlern hingewiesen. Auch vor diesem Hintergrund war die Betrachtung des Prozesses gewinnbringend.

Bislang lagen nur wenige empirisch abgesicherte Erkenntnisse zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern im Konstruktionszusammenhang von für den Biologieunterricht bedeutsamen Repräsentationsformen vor (z. B. Lachmayer, 2008 für Liniendiagramme, Jiménez-Aleixandra et al., 1999 für technische Schwierigkeiten im Umgang mit dem Mikroskop). Eine ausführliche Darstellung hierzu erfolgte in Unterkapitel 3.7. Die beiden im Rahmen dieser Studie entwickelten Kategoriensysteme, die sich auf die Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen beziehen, haben die vereinzelt in empirischen und unterrichtspraktischen Beiträgen genannten Schwierigkeiten systematisch zusammengetragen und anhand der empirischen Befunde umfassend induktiv erweitert. Dabei wurden sowohl für die sieben übergeordneten Hauptkategorien als auch für die zahlreichen untergeordneten Kategorien Bezüge zu relevanten Modellen und Theorien im Zusammenhang mit dem Zeichnen hergestellt (7.12.3). Daraus wurde deutlich, dass die Komponenten des Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3) in vielen Fällen eine bessere Passung zu einzelnen Kategorien ermöglichten als die Komponenten des Modells zum Zeichnen von Objekten (3.5.2). Insbesondere die im Modell zum Zeichnen von Objekten nicht explizit ausgewiesenen Modellkomponenten zum Vorwissen der Lernenden sowie zu Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen haben die Zuordnung der Kategorien, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffen, erschwert. Bereits an anderen Stellen wurde das Modell von van Sommers (1989) von verschiedenen Autoren kritisiert (z. B. Cohn, 2012; Guérin et al., 1999). Allerdings stellt es das umfangreichste dar und kam vielfach in empirischen Studien zur Anwendung, weshalb es auch im Rahmen dieser Studie gegenüber anderen spezielleren Modellen ohne (breite) empirische Fundierung vorgezogen wurde (z. B. Cohn, 2012; Fava, 2011). Die sich aus dem Modell zum Zeichnen von Objekten heraus ergebenden Lücken (Vorwissen, Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen) für eine theoretische Fundierung einzelner Kategorien konnten durch den Rückgriff auf andere im Zusammenhang mit dem Zeichnen relevante Modelle und Theorien ausgeglichen werden (7.12.3), nämlich durch Bezüge zur Cognitive Load Theory (3.3), zum Generativen Modell des Lernens (3.4.1), zum Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (3.3.1) und zu den Selbstregulationsmechanismen (3.4.3).

Neben einer theoretischen Fundierung der gebildeten schwierigkeitsbezogenen Kategorien bezieht die vorliegende Studie im Gegensatz zu bisherigen Studien, die den Prozess des Zeichnens jeweils anhand eines biologischen Kontexts und einer geringen Altersspannweite untersuchten und etwaige Schwierigkeiten nur am Rande berichten (vgl. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; 3.6), vier Kontexte pro Repräsentationsform und Schülerinnen und Schüler der siebten, achten und zehnten Jahrgangsstufe ein. Der Ausschluss jüngerer und älterer Schüler erfolgte begründeterweise (6.1). Diese Entscheidung hat sich, bezogen auf

beide Repräsentationsmaßnahmen, bewährt, da Teilnehmende der zehnten Klassenstufe bei der Konstruktion von Ablaufdiagrammen teilweise nur noch auf sehr wenige (Tab. 9.3 in 9.2) und Teilnehmende der siebten Klassenstufe bei der Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen bereits auf sehr viele Schwierigkeiten treffen, die in einem von sechs Fällen (S7C; 9.3.6) sogar zum Abbruch der Aufgabenstellung führte. Die Quantität und Qualität der im Einzelfall aufgetretenen Schwierigkeiten können fallbezogen als Indikator für eine bislang unzureichende erworbene Repräsentationskompetenz (Teilkompetenz: Konstruktion und Translation) interpretiert werden (2.2, 3.7). Das Wissen über typische Schülerfehler besitzt wiederum eine hohe Relevanz für die Unterrichtspraxis (Schumacher, 2008; 10.5.2).

10.3 Schülertypen

Das dritte Untersuchungsziel dieser Arbeit bestand in der Charakterisierung von Typen, die sich auf die Konstruktion der beiden untersuchten Repräsentationsformen beziehen. Hieraus resultierte die folgende Forschungsfrage: **Inwiefern lassen sich anhand der empirischen Befunde zum Zeichenprozess aus den Einzelfällen heraus Schülertypen für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen charakterisieren?** Für die Bildung der Typen konnte auf die „Vorarbeit“ (Kuckartz, 2018, S. 143) der kategorien- (9.1 bis 9.3) und fallbezogenen (9.5, Anhang 10) Auswertung der Tätigkeiten und Schwierigkeiten des Zeichnens zurückgegriffen werden. In Anlehnung an das methodische Vorgehen von Kelle und Kluge (2010) wurden für die Konstruktion beider Repräsentationsformen jeweils drei Typen gebildet. In beiden Fällen handelt es sich um eindimensionale Typologien (Hempel & Oppenheim, 1936; 7.14). Die Typisierung der Ablaufdiagramme erfolgt anhand der Darstellungsweise – rein depiktional bis rein deskriptional – und die Typisierung der mikroskopischen Zeichnungen anhand der Häufigkeit des Abgleichs mit dem mikroskopischen Original parallel zum Zeichnen. Während in Unterkapitel 7.14.3 die zur Typenbildung herangezogenen Vergleichsdimensionen auf theoretischer Ebene begründet wurden, werden nachfolgend die einzelnen gebildeten Typen unter Einbezug relevanter Theorien und Modelle diskutiert. Am Ende dieses Unterkapitels wird daraufhin ein Resümee zur Typenbildung gezogen.

Wie die Ausführungen im Theorieteil zeigen konnten, besitzen depiktionale und deskriptionale Repräsentationen unterschiedliche Vor- und Nachteile (2.4). Hinsichtlich der Konstruktion von **Ablaufdiagrammen** zeigte sich für den realistisch abbildenden Typ I, dass sich Schülerinnen und Schüler, die sich diesem Typ zuordnen lassen, die Textinformationen mit Hilfe einzelner depiktionaler Teilzeichnungen abbildeten. Die alternative deskriptionale

Abbildung einzelner Informationen zogen sie eigenständig nicht in Betracht (9.4.1) oder entschieden sich bewusst dagegen (9.2.3). Auf Grund der erzwungenen depiktionalen Darstellung abstrakter Konzepte (z. B. Zersetzung durch Destruenten; 10.2) trafen die Lernenden auf Schwierigkeiten oder scheiterten daran, einzelne Textinformationen in Teilzeichnungen zu übersetzen. Van Meter und Firetto (2013) weisen im Zusammenhang mit dem Cognitive Model of Drawing Construction darauf hin, dass das Erscheinungsbild im Gegensatz zum modalitätsunspezifischen mentalen Modell bereits strukturelle depiktionale oder deskriptionale Eigenschaften (2.4) der späteren Zeichnung in der Außenwelt (Abb. 3.4) besitzt. Das bedeutet zugleich, dass Lernende bei der Externalisierung des Erscheinungsbilds auf Darstellungsschwierigkeiten treffen können, wenn sie beispielsweise ein abstraktes Konzept depiktional darstellen wollen (2.4, 10.2, z. B. Atmosphäre, Zersetzung durch Destruenten): Ihr Erscheinungsbild besitzt in diesem Fall depiktionale Eigenschaften, die von ihnen, zum Teil auch auf Grund von fehlender Vorerfahrung, nicht in der Außenwelt dargestellt werden können (Abb. 3.4 in 3.4.3). Aus dieser Diskrepanz resultierten einige Rückfragen der Schülerinnen und Schüler (Modellkomponente: Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen), z. B. *„Ehm, wie soll ich das zeichnen? Wie kann man eine Atmosphäre zeichnen?“* (Florian, S7E, a26). Die Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen waren auch dafür verantwortlich, dass die Lernenden teilweise die initiale depiktionale Darstellung durch eine deskriptionale Darstellung ergänzten (hybrid dargestellte Elemente; Tab. 9.21 in 9.4.1), wenn sie erkannten, dass die depiktionale Darstellung unzureichend die Textinformationen widerspiegelte, nicht die Aufgabenstellung erfüllte (Anhang 1) oder nicht ihrem Erscheinungsbild entsprach, bei dessen Externalisierung sie auf Grund fehlender Vorerfahrungen zunächst partiell gescheitert waren. Beispielsweise versuchte Laura, die sich Typ I zuordnen lässt, die übermäßige Düngung des Waldes (9.5.1, Anhang 1.1) zunächst depiktional darzustellen: *„Hier sind auch wieder Mineralsalze [zeichnet rechts unten im Schaubild kleine Kreise ein]. [...] Ich weiß nicht, ob man es versteht.“* (S7A, a31). Nachdem sie erkannte, dass ihre initiale depiktionale Zeichnung unverständlich blieb, stellte sie die Textinformation der übermäßigen Düngung zusätzlich deskriptional dar: *„Dann ist das hier übermäßige Düngung [fügt die Beschriftung ein].“* (S7A, a31).

Im Gegensatz dazu leiten Schülerinnen und Schüler, die sich dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen lassen, ausgehend vom mentalen Modell direkt ein Erscheinungsbild ab, das deskriptionale Eigenschaften zeigt. Es ist anzunehmen, dass der Vorerfahrung hierbei eine wichtige Bedeutung zukommt. So äußerte beispielsweise Klara (S10.1A) direkt nach dem initialen Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung: *„Ok, ich würde jetzt wahrscheinlich mit Pfeilen arbeiten und Stichpunkte sozusagen miteinander verbinden“* (S10.1A, a40). Der alternierend abbildende Typ II steht dahingegen als hybrider Typ

zwischen Typ I und III. Vertreterinnen und Vertreter des Typs II bilden Textinformationen sowohl ausschließlich depiktional als auch ausschließlich deskriptional ab (Tab. 9.21 in 9.4.1, Anhang 9.12). In zwei von drei Fällen (S7E, S8B) haben sie einen Teil der Textinformationen auch hybrid dargestellt (Tab. 9.21 in 9.4.1). In Anlehnung an das Cognitive Model of Drawing Construction bedeutet dies, dass ihr Erscheinungsbild sowohl depiktionale als auch deskriptionale Eigenschaften aufweist. Ein anderer Erklärungsansatz für die sowohl ausschließlich depiktional als auch ausschließlich deskriptional (oder hybride) Darstellungsweise könnte sein, dass das Erscheinungsbild der Schülerinnen und Schüler fragmentiert ist und sie in dieser Folge multiple Teilzeichnungen anfertigen, die einzelne Textinformationen isoliert voneinander abbilden, ohne Verknüpfungen zwischen ihnen herzustellen. So fertigte beispielsweise Lisa (S8B; Abb. 9.38 in 9.4.1), die Typ II zuzuordnen ist, mehrere isolierte Teilzeichnungen an und grenzte diese mit Trennlinien voneinander ab, anstatt Verbindungen zwischen ihnen herzustellen. Auf Grund des schrittweisen Abbildens einzelner Textpassagen kann in Anlehnung an das Cognitive Model of Drawing Construction davon ausgegangen werden, dass bei einem Vorgehen dieser Art im Modellzusammenhang eine direkte Verbindung zwischen der propositionalen Repräsentation und dem Erscheinungsbild gedacht werden muss (vgl. van Meter & Firetto, 2013; 3.4.3). In dieser Folge entfällt eine tiefere Bedeutungskonstruktion, d. h. die Bildung eines elaborierten mentalen Modells, das die Selektion, Organisation und Integration von Textinformationen (und Vorwissen) erfordern würde (3.4.3). Ist dies der Fall, gelingt auch generatives Lernen nicht (3.4.1). Darüber hinaus ist generatives Lernen beim Auftreten von attentiven Schwierigkeiten fragwürdig, denn die Aufmerksamkeit und die volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess ist dann, zumindest situativ, nicht gegeben.

Bezogen auf die untersuchte Stichprobe waren dem Typ I vor allem Schülerinnen und Schüler der siebten Klassenstufe zuzuordnen. Alle Teilnehmenden der zehnten Klassenstufe ließen sich dahingegen dem schriftorientiert abbildenden Typ (III) zuordnen. Die Teilnehmenden der achten Klassenstufe verteilten sich über alle drei Typen. Wie die Befunde zeigten, bildeten die Teilnehmenden, die sich dem schriftorientierten Typ III zuordnen lassen, durchschnittlich mehr Textinformationen in ihrer Darstellung ab und dies gelang ihnen durchschnittlich schneller als den Vertreterinnen und Vertretern der Typen I und II (Tab. 9.22 in 9.4.1). Auch trafen die Schülerinnen und Schüler, die sich Typ III zuordnen lassen, während des Zeichnens durchschnittlich gesehen nur auf etwa die Hälfte der Schwierigkeiten, mit denen Typ I konfrontiert war (Tab. 9.23 in 9.4.1). Auf Grund der begrenzten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses sind letztere außerdem unter Umständen nicht mehr in der Lage, vom Zeichnen zu profitieren, wenn kognitive Kapazitäten für die Bewältigung zeichnerischer Probleme (extrinsische Belastung) benötigt werden und nicht mehr für die

inhaltliche Auseinandersetzung (intrinsische, lernbezogene Belastung) zur Verfügung stehen.¹ Damit sind ebenfalls die Voraussetzungen für das generative drawing principle (3.4.2) oder das mapping principle (3.4.4) nicht oder nicht durchgehend gewährleistet.

Hinsichtlich der zuvor genannten Merkmale (Anzahl dargestellter Elemente, Bearbeitungsdauer, Anzahl der Schwierigkeiten) lassen sich durchschnittlich wesentliche Unterschiede zwischen den Typen feststellen. Grundlegend für die Typisierung ist jedoch die Unterscheidung hinsichtlich des deskriptionalen oder depiktionalen Anteils der Zeichnungen (7.14.3). Die mit den Typen assoziierten Befunde können zwar als interessante und hypothesengenerierende Erkenntnisse aufgefasst werden, erlauben vor dem Hintergrund der geringen Stichprobengröße (Typ I: $n = 7$, Typ II: $n = 3$, Typ III: $n = 11$), wenn überhaupt, aber nur eingeschränkte Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit. So verweisen Kelle und Kluge (2010, S. 100) bereits bezüglich den Angaben zur Häufigkeit solcher Typen darauf, dass diese, falls im Rahmen qualitativer Untersuchungen gewonnen, keine Aussagen über die empirische Häufigkeit in der Grundgesamtheit erlauben. Unterkapitel 10.4.2 geht vertiefend auf inhaltliche Limitationen sowie die Generalisierbarkeit der Studienergebnisse ein. Ein Erklärungsansatz für die Unterschiede zwischen den Typen hinsichtlich zuvor genannter Merkmale könnte sein, dass die Teilnehmenden der zehnten Klassenstufe bereits deutlich mehr Erfahrungen – auch über den Biologieunterricht hinaus – mit der Darstellung von Textinformationen gesammelt haben als die der siebten Klassenstufe (Anhang 9.3). Auf die Bedeutsamkeit von Lerngelegenheiten wies bereits die Diskussion zu den Schwierigkeiten hin (10.2). Diese Lerngelegenheiten prägen bezogen auf das Cognitive Model of Drawing Construction das Vorwissen der Lernenden sowie die Kenntnis von Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen. In Anlehnung an die Selbstregulationsmechanismen von Winne (Winne & Hadwin, 1998; 3.5.3) und vor dem Hintergrund der zahlreichen Schwierigkeiten im Zeichenprozess, auf die insbesondere die Vertreterinnen und Vertreter der Typen I und II trafen, gelang es diesen oftmals nicht, geeignete Standards für die eigene Zeichnung festzulegen.

Vor dem Hintergrund der eher stufenbezogenen Verteilung der Fälle auf die drei Typen (Abb. 9.39) könnten die Übergänge zwischen den Typen I, II und III möglicherweise auch als Entwicklungsschritte hin zu einer konventionsgerechten Darstellungsweise interpretiert werden. Parallel zu dieser Entwicklung können repräsentationsspezifisch auch die von Kozma und Russell (2005) vorgeschlagenen fünf Kompetenzstufen zur Konstruktion von

¹ Auf Unterstützungsmaßnahmen, die die kognitive Belastung der Lernenden reduzieren, wurde im Rahmen dieser Studie begründeterweise verzichtet (vgl. z. B. 5.5.2, 7.4.2). Daher blieben die meisten inhaltlichen Rückfragen der Schülerinnen und Schüler unbeantwortet, da deren Beantwortung zu einer etwaigen Reduktion einzelner Schwierigkeiten geführt hätte (9.2.6). Auf die sich aus der spezifischen Erhebungssituation heraus ergebenden Limitationen geht Unterkapitel 10.4.2 näher ein.

externen Repräsentationen durchlaufen werden, insofern sich im unterrichtlichen Rahmen und darüber hinaus hinreichend Lerngelegenheiten bieten. Obwohl abstrakte Konzepte leichter deskriptional als depiktional dargestellt werden können (Schnotz, 2014) und sich die deskriptionale Darstellung insbesondere für die Beschreibung logischer und zeitlicher Zusammenhänge anbietet (Scheiter et al., 2009), lässt sich jedoch nicht behaupten, dass die Maximierung des deskriptionalen Anteils in sämtlichen Repräsentationen, die Prozesse veranschaulichen, pauschal erstrebenswert ist. Bezogen auf die Biologie gibt es hinreichend Beispiele, die depiktionale Teilzeichnungen auch im Zusammenhang mit der Visualisierung von Prozessen sinnvoll erscheinen lassen (z. B. Darstellung von Chromosomen während der Mitose oder Meiose; 3.4.5).

Im Zentrum der Typisierung, die die Konstruktion der **mikroskopischen Zeichnungen** betrifft, steht die Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop und damit indirekt auch der Anteil der Tätigkeit des Beobachtens am Zeichenprozess. Bezogen auf das Modell des Zeichnens von Objekten nach van Sommers (1989) ist die visuelle Analyse des mikroskopischen Objekts, d. h. die kognitive Verarbeitung des retinalen Abbilds inklusive des auf Vorwissen basierenden Erkennens und Benennens, die zentrale Voraussetzung für die Produktion der Zeichnungen (3.5.2). Dabei begleitet die Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung die Beobachtung und dokumentiert diese. Aus fachdidaktischer Perspektive ist die Beobachtung der Erkenntnisgewinnung zuzuordnen (Retzlaff-Fürst, 2020). Sollen bei der zeichnerischen Darstellung grundlegende Gütekriterien befolgt werden (z. B. angemessener Abstraktionsgrad, objektive Darstellung, Vollständigkeit der gesehenen oder relevanten Strukturen; 3.5.3), ist es notwendig, dem mikroskopischen Präparat auf Grund der limitierten Speicherdauer von Informationen (räumlich-visueller Notizblock für visuelle Information, 3.3) und der beschränkten Kapazität des Arbeitsgedächtnisses wiederholt Aufmerksamkeit zu schenken. Da die Schülerinnen und Schüler, die sich dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen lassen, sich unregelmäßig oder nur in sehr geringem Umfang mit dem mikroskopischen Objekt auseinandersetzen, war die visuelle Analyse und die kognitive Verarbeitung des Gesehenen vor diesem Hintergrund unzureichend (Abb. 3.6 in 3.5.2). Besagte Teilnehmende bildeten das Objekt nicht nur oberflächlich ab, sondern wechselten als Grundlage für ihre Zeichnung verstärkt von der visuellen Wahrnehmung zur Vorstellung (Abb. 3.1 in 3.2). Für Typ I stellt der seltene oder unregelmäßige Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt (9.3.4) gewissermaßen eine typspezifische Schwierigkeit dar, die, wie zuvor dargestellt, ebenfalls mit einer geringen kognitiven Verarbeitung der gesehenen Strukturen einhergeht. Allerdings lässt sich kein verallgemeinerbarer Schwellen- bzw. Referenzwert als Entscheidungsgrundlage festlegen, ab dem die Häufigkeit des Abgleichs zwischen Zeichnung und

Original nicht mehr unzureichend ist. Dies gilt es in Abhängigkeit von Kontext und der Erfahrung der Teilnehmenden situativ für den Einzelfall zu beurteilen (9.4.2). Auf die Problematik der fehlenden Entscheidungsgrundlage zur Beurteilung des hinreichenden Umfangs einzelner Phasen verweist beispielsweise auch Meier (2016) bezogen auf Experimentierprozesse.

Hinsichtlich der kognitiven Verarbeitungstiefe im Zuge der visuellen Analyse können zugleich Parallelen zu den Ebenen des Verstehens von Bildern gezogen werden (3.3). Da Lernende oftmals davon ausgehen, dass verschiedenen bildlichen Darstellungsformen auf einen Blick hinreichend Informationen entnommen werden können, verbleiben diese bei einer oberflächlichen Verarbeitung der Informationen (Schnotz, 2002, S. 73). Um ein Bild zu verstehen, muss auf eine präattentive (subsemantische Verarbeitung) zusätzlich eine attentive Wahrnehmung (semantische Verarbeitung) folgen (Schnotz, 2002, 2006). Unter präattentive Prozesse fallen visuelle Routinen, die automatisiert entlang von Wahrnehmungsgesetzen ablaufen (Horz, 2020, S. 139). Beispielsweise können Lernende auf einen Blick erkennen, ob Strukturen nahe beieinander oder weiter entfernt liegen. Attentive Prozesse, also die eigentlichen Interpretationsleistungen, sind jedoch Voraussetzung, um aus den groben Strukturen sowie deren Lage Rückschlüsse über tiefergehende Zusammenhänge zu ziehen (z. B. Abgrenzung der Zellwand zu den das Objekt überlagernden Einzellern, Kontext 8). Es reicht also nicht aus, sich nur flüchtig mit dem voreingestellten mikroskopischen Bild auseinanderzusetzen. Um ein Bild angemessen zu interpretieren, sind weiterhin repräsentations- bzw. objektspezifische Vorerfahrungen notwendig (Horz, 2020).

Die Bedeutung von Vorerfahrungen spielt auch im Modell des Zeichnens von Objekten eine bedeutsame Rolle, auch wenn es im Gegensatz zum Cognitive Model of Drawing Construction keine explizit ausgewiesene Modellkomponente zum Vorwissen besitzt (3.5.2, 7.12.3, 10.2). So kann Vorwissen nach dem Modell des Zeichnens von Objekten sowohl beim Erkennen und Benennen von Strukturen als auch bei der Produktion der Zeichnung (z. B. Artikulation und Ökonomie; 3.5.2) eine Rolle spielen. Vor diesem Hintergrund war ebenfalls anzunehmen, dass Lernende, die über wenig Vorerfahrung zum Aufbau von Zellen verfügen, auf Schwierigkeiten beim Erkennen und Darstellen von Strukturen stoßen können. Die Befunde zeigen, dass ausnahmslos alle Teilnehmenden, die sich dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen lassen, Schwierigkeiten auf Grund von fehlenden oder geringen Vorerfahrungen zeigen (Tab. 9.25 in 9.4.2). Dieser Zusammenhang wurde an vielfältigen Stellen deutlich (9.3, 9.5, Anhang 10) und lässt sich am Beispiel der Mittellamelle veranschaulichen: Sie lässt sich unter dem Lichtmikroskop nicht erkennen, dennoch ist die Darstellung der Mittellamelle in der Zeichnung aus fachlicher Perspektive sinnvoll (zeichnerisches Vorwissen; 3.5.3, 5.5). Darüber hinaus dient die Mittellamelle in der Zeichnung als Hilfslinie zur

Strukturierung dieser (Strategiewissen; vgl. auch Wanner, 2004, S. 30). Ist weder zeichnerisches Vorwissen noch Strategiewissen vorhanden, ist die konventionsgerechte Darstellung gefährdet.

Nachfolgend soll die Rolle der Beobachtung und der visuellen Analyse für die Produktion der Zeichnung näher betrachtet werden: Trotzdem eine genaue Beobachtung und die daraus gezogenen Schlüsse eine wichtige Grundlage für eine akkurate Wiedergabe des zu zeichnenden Objekts darstellen, verweist van Sommers (1989) darauf, dass Strukturen auch dann abgebildet werden können, wenn nicht alle Schritte der visuellen Analyse durchlaufen wurden (3.5.2). Dabei kann der erste Schritt der Produktion der Zeichnung – die Abbildungsentscheidungen und -prozesse – übersprungen werden (Abb. 3.6 in 3.5.2). Die kognitive Verarbeitungstiefe ist in diesem Fall geringer.¹ Für das zuvor beschriebene Szenario lassen sich Parallelen zu der von van Meter und Firetto (2013) im Zusammenhang mit dem Cognitive Model of Drawing Construction beschriebenen direkten Verbindung zwischen der propositionalen Repräsentation und dem Erscheinungsbild ohne Konstruktion eines mentalen Modells erkennen. Auch hier kommt eine tiefergehende Bedeutungskonstruktion nicht zu Stande.² Für die verkürzte visuelle Analyse ohne das anschließende Treffen geeigneter Abbildungsentscheidungen lassen sich bei dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III Belege finden. So übertrugen (und beschrieben) alle drei Teilnehmenden, die sich diesem Typ zuordnen lassen, sehr kleinschrittig feinste Strukturen (z. B. mikroskopierte Nora (S8C) 67-mal; Anhang 9.7, Tab. A9.18), ohne diese in einen übergeordneten Bedeutungszusammenhang einzuordnen. Dies wurde bei Nora (S8C) nicht nur anhand ihres Vorgehens in der Videospur deutlich, sondern ebenso im Zuge des lauten Denkens durch die Externalisierung der damit verbundenen Kognition:

„Da ist irgendwie so ein Hubbel, dann ist da noch so ein Hubbel, dann geht es hier runter und noch so ein bisschen runter. Ich glaube, es muss noch ein bisschen kleiner, dann geht es so länglicher wieder zum Kopf. [...] Dann hat die hier so ein inneres Ding und hier noch und hier noch [...] dann hat die hier so einen Fleck [...], dann so etwas Hohes dann hat die da drin so ein Rundes und noch eins und noch eines. [...] Da auch und hier zwischen ist noch ein Fleck und hier und hier. Jetzt kommt da so ein großer lilaner Klumpen [...] Hier so sechs kleine [...] da ist noch eine und so ein Ding. Dann kommen da so große, ohne Flecken [...], die überschneiden sich, noch ein großer und dann kommt da noch so ein, ein bisschen größer und das ohne Punkte, das wieder mit Punkte und das wieder mit Punkte. Das hat nur zur Hälfte Punkte [...]“ (S8C, b3).

¹ Sie wäre im Falle eines reinen Abpausens von mikroskopischen Strukturen am geringsten; hierbei würden fast ausschließlich die motorischen Programme im Vordergrund stehen (3.5.2).

² Dieser Zusammenhang wurde einige Seiten zuvor in diesem Unterkapitel als Erklärungsansatz für den alternierend abbildenden Typ II angeführt, der die Konstruktion von Ablaufdiagrammen betrifft.

Bezogen auf das Präparat des Wassernetzes besteht der den sichtbaren Strukturen übergeordnete Bedeutungszusammenhang beispielsweise in der Differenzierung zwischen Zellwand und Zellmembran (Kontext 7) oder bezogen auf das Präparat der Amöbe in der Unterscheidung zwischen Amöbe, Zellorganellen und den überlagernden Einzellern (Kontext 8). Die verkürzte visuelle Analyse ohne das Erkennen des übergeordneten Bedeutungszusammenhangs bietet auf der Modellebene auch einen möglichen Erklärungsansatz dafür, a) weshalb es den Teilnehmenden, die Typ III zugeordnet sind, im Gegensatz zu Vertreterinnen und Vertretern des Typs II, nicht gelang, die gesehenen Strukturen in geeigneter Weise zu generalisieren und b) weshalb sie die Strukturen, wie in Unterkapitel 3.5.3 berichtet, lediglich unreflektiert kopierten. Das Zeichnen im Biologieunterricht hat jedoch nicht zum Ziel, die gesehenen Strukturen möglichst detailliert abzubilden (Spörhase, 2010b), sondern charakteristische Merkmale zu erkennen und vereinfacht darzustellen (Retzlaff-Fürst, 2020). Letzteres setzt voraus, dass gesehene Strukturen als zusammengehörig oder distinkt erkannt werden (Modellkomponente: visuelle Analyse) und deren Relevanz vor dem Hintergrund von Vorwissen zum Zellaufbau und den Anforderungen der Aufgabenstellung (z. B.: Stelle keine Zellorganellen dar) bewertet wird (Modellkomponente: Abbildungsentscheidungen und -prozesse).

Teilnehmende, die dem objektorientiert abbildenden Typ II zugeordnet sind, betrachteten das mikroskopische Präparat regelmäßig und in ausreichendem Umfang, aber nicht so selten oder häufig wie die Vertreterinnen und Vertreter der anderen beiden Typen. Unter Modellbezug war der Umfang der visuellen Analyse beim oberflächlich abbildenden Typ I, wie bereits dargestellt, zu gering oder fand so unregelmäßig statt, dass nicht alle Strukturen angemessen abgebildet werden konnten. Im Gegensatz zum undifferenziert detailliert abbildenden Typ III erkennt der objektorientiert abbildende Typ II während der visuellen Analyse die zuvor beschriebenen kontextspezifischen Bedeutungszusammenhänge. Auf Modellebene beeinflussen diese zugleich seine Zeichnung, indem sie adäquate Abbildungsentscheidungen ermöglichen (3.5.2): Als Beispiel hierfür könnte das leichte Glätten des natürlichen Verlaufs von Zellstrukturen angeführt werden (Typ II), anstatt des undifferenzierten Abbildens aller Strukturen (Typ III) oder des Darstellens von Strukturen, die eher der Vorstellung als den natürlichen Eigenschaften des Objekts entsprechen (Typ I).

Einem Experten könnte es wiederum gelingen, ein Präparat angemessen darzustellen, ohne dieses frequentiert zu betrachten. Steht ein solcher Fall damit außerhalb der gebildeten Typisierung? Bei einer solchen Experten-Zeichnung würde es sich um den schematischen Aufbau eines Objekts handeln. Dieser setzt voraus, dass bereits viele ähnliche Präparate betrachtet und stets die gleichen Strukturmerkmale erkannt wurden (Spörhase, 2010b, S. 151). Dieses Szenario ist für den Unterricht sowohl vor dem Hintergrund einer

verhältnismäßig geringen Anzahl mikroskopischer Zeichenanlässe als auch hinsichtlich der sehr unterschiedlichen Präparate unwahrscheinlich (vgl. z. B. Scherb & Nitz, 2020). Da die Typisierung von der praktischen Relevanz geleitet sein sollte (7.14.2) und sich die gebildeten drei Typen auf Lernende und nicht Experten beziehen, ist diese Prämisse der Typenbildung erfüllt (vgl. Kuckartz, 2018; 7.14.2).

Die mit den drei Typen zur Konstruktion mikroskopischer Zeichnungen assoziierten Befunde zeigten außerdem, dass es Teilnehmenden, die Typ II zugeordnet sind, gelang, durchschnittlich mehr mikroskopische Strukturen in der Zeichnung abzubilden als den Vertreterinnen und Vertretern der Typen I und III, obwohl sich zumindest Typ III durchschnittlich mehr als dreifach so lange mit dem Präparat auseinandersetzte und mehr als doppelt so lange zur Anfertigung der Zeichnung benötigte (9.4.2). Auch wurde deutlich, dass die Teilnehmenden, die Typ II zugehörig sind, im Zeichenprozess durchschnittlich auf weniger Schwierigkeiten trafen als diejenigen, die Typ I zuzuordnen sind (Tab. 9.25 in 9.4.2). Ebenso wie für die Typisierung, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betrifft, deutlich gemacht, sei auch hier darauf hingewiesen, dass die mit den Typen assoziierten Befunde zwar als interessante und hypothesengenerierende Erkenntnisse aufgefasst werden können, aber vor dem Hintergrund der geringen Stichprobengröße (Typ I: $n = 4$, Typ II: $n = 14$, Typ III: $n = 3$), wenn überhaupt, nur eingeschränkte Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit erlauben. Die Generalisierbarkeit der Studienergebnisse wird in Unterkapitel 10.4.2 vertiefend betrachtet.

Abschließend soll ein Resümee zur Typenbildung gezogen werden: Die Typenbildung kann als „anthropologische Basistechnik“ (Kuckartz, 2010, S. 145) verstanden werden und besitzt vor dem Hintergrund ihrer meist intuitiven Zugänglichkeit in vielen Situationen eine hohe Bedeutung. Zwar war die Bildung von Typen während der letzten Jahre häufiger Gegenstand naturwissenschaftsdidaktischer Forschung (3.6), jedoch lagen bislang keine Typen für die Konstruktion von für den Biologieunterricht relevanten Repräsentationsformen vor. Im Rahmen dieser Arbeit konnten – aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse zu Tätigkeiten (9.1, 10.1) und Schwierigkeiten (9.2, 9.3, 10.2) – durch die systematische Kontrastierung von Einzelfällen jeweils drei repräsentationsspezifische Schülertypen herausgearbeitet werden. Dabei konnte angesichts der guten Passung der echten Fälle auf die Konstruktion von Modellfällen verzichtet werden (vgl. Kelle & Kluge, 2010; Kuckartz, 2018). Hierbei sei darauf hingewiesen, dass die dargestellten prototypischen Fälle nicht den Typus selbst darstellen, sondern nur diesem entsprechen (von Zerssen, 1973; vgl. auch Kelle & Kluge, 2010). Wie in Unterkapitel 7.14.2 bereits dargestellt, können auf Grundlage eines umfangreichen Datensatzes grundsätzlich nahezu unendlich viele Typen gebildet werden.

Kuckartz (2018, S. 72, 73) verweist darauf, dass bei der induktiven Kategorienbildung kein Anspruch besteht, dass zwei Kodierende zu den identischen induktiven Kategorien gelangen. Vor dem Hintergrund der zahlreichen Befunde zu den Tätigkeiten und Schwierigkeiten bzw. Prozessen lässt sich ebenso wie für die induktive Kategorienbildung annehmen, dass auch hier andere Kodierende zu anderen Gruppierungen gelangen können. Wie berichtet, wurden im Rahmen dieser Arbeit in Anlehnung an das Stufenmodell empirisch begründeter Typenbildung nach Kelle und Kluge (2010) mehrere Gruppierungen auf Grundlage der Schülerprofile (Anhang 7) sowie der test- und phasenbezogenen Auswertungen (Anhang 9) vorgenommen und hinsichtlich der Prämissen für eine sinnstiftende Typisierung (7.14.2) diskutiert. Hierzu zählen die Gruppierung anhand nachvollziehbarer Merkmale (I), die praktische Relevanz (II), der Bezug zu Modellen und Theorien (III), die Kommunizierbarkeit (IV) und die Sparsamkeit (V). Es zeigte sich, dass von allen unternommenen Gruppierungsversuchen die beiden zuvor dargestellten Typisierungen die Varianz in den empirischen Daten am zielführendsten abbilden:

Die Verteilung von Fällen auf die drei repräsentationsspezifischen Typen erfolgte jeweils anhand nachvollziehbarer Merkmale (I; 9.4.1, 9.4.2). Für die herangezogenen Merkmale liegt eine sehr hohe Intercoder-Übereinstimmung vor (8.2). Bei der zugrundeliegenden Auswertung wurden verschiedene Maßnahmen der Qualitätssicherung berücksichtigt (8.2, 8.3). Hinsichtlich der praktischen Relevanz (II) besitzen jeweils alle drei Typen einen Anwendungsbezug im Unterricht (10.5.2). Die Konstruktion beider Repräsentationsformen ist darüber hinaus für den Biologieunterricht bedeutsam (3.4.5, 3.5.3). Der Bezug zwischen den gewählten Vergleichsdimensionen (depiktionale oder deskriptionale Darstellungsweise bzw. Häufigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop) und den relevanten Modellen und Theorien (III), die das Zeichnen betreffen, wurde in Unterkapitel 7.14.3 ausführlich deutlich gemacht. Der Bezug zwischen den einzelnen Typen und den relevanten Modellen und Theorien wurde dahingehend in diesem Unterkapitel beschrieben. Die Kommunizierbarkeit (IV) meint eine für die Zielgruppe – die Lehrkräfte – verständliche Typbezeichnung sowie eine überschaubare Anzahl an Typen. Beides ist mit dem realistisch abbildenden Typ I, dem alternierend abbildenden Typ II und dem schriftorientiert abbildenden Typ III für Ablaufdiagramme bzw. mit dem oberflächlich abbildenden Typ I, dem objektorientiert abbildenden Typ II und dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III für mikroskopische Zeichnungen gegeben. Die Sparsamkeit (V) meint, dass nicht mehr Typen gebildet werden als notwendig sind. Dies wurde für mikroskopische Zeichnungen zuvor am Beispiel einer Experten-Zeichnung diskutiert. Für Ablaufdiagramme kann es hinsichtlich der Darstellungsweise nicht mehr als einen deskriptionalen, depiktionalen oder hybriden Typ geben, da die

Ausdrucksmöglichkeiten mit einem Stift auf Papier in einem Lernzusammenhang begrenzt sind (vgl. Definition des Zeichnens und Erläuterungen in 3.1).

10.4 Limitationen der Studie

Die nachfolgende Darstellung der Limitationen dieser Studie unterscheidet zwischen methodischen (10.4.1) und inhaltlichen Limitationen (10.4.2). Wie die Ausführungen zeigen, bedingen sich diese teilweise gegenseitig.

10.4.1 Methodische Limitationen

Die Auswertung der erhobenen Daten erlaubte die Beschreibung unterschiedlicher Tätigkeiten (9.1), die Lernende während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen ausüben, sowie die Bildung von Schülertypen (9.4). Für die beiden Kategoriensysteme, die die Schwierigkeiten bzw. Fehler im Umgang mit beiden Repräsentationsformen umfassen (9.2, 9.3), konnte, wie zuvor bereits dargestellt (10.2), keine vollständige Sättigung erreicht werden, da einige wenige deduktive Kategorien ohne empirischen Beleg blieben. Eine Darstellung der sich hieraus ergebenden inhaltlichen Limitationen erfolgt in Unterkapitel 10.4.2. Dennoch konnten für die Mehrheit der Kategorien zugleich mehrere Belege gefunden werden (Tab. 3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3).

Die Stichprobe umfasste 21 Teilnehmende und setzte sich aus Schülerinnen und Schülern der siebten, achten und zehnten Klassenstufe von zwei Gymnasien zusammen. Ein Einfluss der Schule (Schuleffekt) ist vor dem Hintergrund das Zeichnen betreffender fehlender Curricula und dem geringen Austausch zwischen Lehrkräften zu diesem Thema nicht zu erwarten (Scherb & Nitz, 2020; 6.2). Die Stichprobenziehung verfolgt nicht den Anspruch statistischer Repräsentativität, sondern sollte die für das Untersuchungsfeld und die Forschungsfrage relevante Heterogenität abbilden (Kelle & Kluge, 2010, S. 109). Vor diesem Hintergrund war eine zufällige Stichprobenziehung nicht sinnvoll (6.2). Ein kriteriengesteuertes Verfahren der Stichprobenziehung bot sich hierfür an (Kelle & Kluge, 2010). Die Externalisierung der Verantwortung bei der Auswahl der Schülerinnen und Schüler auf die Lehrkräfte ist insofern problematisch, da die Lehrkräfte die Schülerinnen und Schüler mitunter unterschiedlich lange unterrichteten und sich die Einschätzungen zwischen den Lehrkräften, was überdurchschnittliche, durchschnittliche oder unterdurchschnittliche Zeichnende ihrer Meinung nach ausmachen, unterscheiden konnte. Vor dem Hintergrund der geringen Anzahl von vier bis sieben Schülerinnen und Schülern pro Kontext stellt dieses Verfahren jedoch eine der geeigneteren Maßnahmen dar, um größtmögliche Heterogenität ohne Boden- und Deckeneffekte zu gewährleisten sowie ein möglichst breites Spektrum an

Schwierigkeiten bzw. Fehlern abzubilden. Noten sind dahingegen als unspezifischeres Vergleichsmaß einzustufen (5.8). Nicht zuletzt sollten die Lehrkräfte als Experten ihres Felds für die sie unterrichtende Zielgruppe über ein fundiertes diagnostisches Einschätzungsvermögen verfügen (Praetorius et al., 2012). Die Analyseergebnisse liefern Hinweise darauf, dass das Verfahren der Stichprobenziehung Heterogenität gewährleisten konnte (z. B. Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3, Tab. 9.37 in 9.4.1, Tab. 9.39 in 9.4.2, Anhang 9.11). Auf Grund der mitunter stark divergierenden Unterrichtspraxis zwischen Lehrkräften, bezogen auf den Einsatz des Zeichnens (vgl. Feld, 2016; Scherb, 2015; Scherb & Nitz, 2020), wurde zur Gewährleistung von Heterogenität zusätzlich darauf geachtet, dass die einem Kontext zugeordneten Teilnehmenden im Unterrichtsfach Biologie von unterschiedlichen Lehrkräften unterrichtet werden bzw. wurden.

Da die Teilnahme an der Studie freiwillig war (Teilnahmequote 5.4%; 6.2), kann davon ausgegangen werden, dass Schülerinnen und Schüler, die eine große Abneigung gegenüber dem Zeichnen besitzen, sich nicht für eine Studienteilnahme bereit erklärten. Dies könnte beispielsweise einen Erklärungsansatz dafür bieten, weshalb es sowohl für die Konstruktion von Ablaufdiagrammen als auch für die der mikroskopischen Zeichnungen nicht zu einer Kodierung der Kategorie *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung* („Ich-kann-nicht-zeichnen-Haltung“) gekommen ist. Entgegen dieser Erklärung steht der Befund, dass mehrere der freiwillig Teilnehmenden angaben, dass sie entweder im Biologieunterricht oder außerhalb des Biologieunterrichts nicht oder eher nicht gerne zeichnen (9.2.1, 9.3.1).

Auch sei darauf hingewiesen, dass auf Grund des zeitlichen Versatzes zwischen der Erst- und der Zweit- bzw. Nacherhebung zwei Teilnehmende der siebten und der achten Jahrgangsstufe den übrigen Teilnehmenden etwa um ein halbes Schuljahr voraus waren (6.2). Diese Begebenheit scheint vor dem Hintergrund der Zuordnung der Lernenden zu einer der drei zeichnerischen Niveaustufen (überdurchschnittliche, durchschnittliche und unterdurchschnittliche Zeichnende) sowie dem Streben nach Heterogenität vernachlässigbar.

Kritisch angemerkt werden kann weiterhin das unausgeglichene Geschlechterverhältnis der Stichprobe. Lediglich fünf Teilnehmende waren männlich (23.8%). Wie in Unterkapitel 6.2 dargelegt, wurde auf eine gezielte Nacherhebung zum Ausgleich des Geschlechterverhältnisses verzichtet. Interviewte Lehrkräfte schreiben dem Geschlecht der Lernenden keine wesentliche Rolle beim Aufkommen spezifischer Schwierigkeiten zu (Scherb & Nitz, 2020). Auch die Befunde der Studie dieser Arbeit konnten keine das Zeichnen betreffenden auffälligen Unterschiede zwischen Jungen und Mädchen aufdecken. Das statistische Prüfen solcher und weiterer Zusammenhänge wäre beim Vorhandensein einer größeren Stichprobe im Zusammenhang mit der Clusteranalyse möglich gewesen (vgl. Kelle & Kluge, 2010; Schreier, 2013a).

Im Rahmen dieser Studie wurde sich zudem bewusst gegen den Einsatz des digitalen Zeichnens entschieden (5.10.1). Zum gegenwärtigen Zeitpunkt sind Studien zum digitalen Zeichnen noch immer rar (Leutner & Schmeck, 2022). Über die Studie dieser Arbeit stellt sich hinausgehend die Frage, inwiefern der Einsatz digitaler Technologien den Prozess des Zeichnens beeinflussen sowie ausgewählte Schwierigkeiten minimieren könnte. So umfassen digitale Zeichenumgebungen vielfältige Funktionen, die analoges Zeichnen nicht bietet, wie z. B. vorgefertigte Formelemente, die per Drag-and-Drop verschoben werden können, die automatische Überführung gezeichneter in geometrische Formen oder die Glättung von Linien (Schanze & Girwidz, 2018; Wolowski & Scherb, 2022). Quillin und Thomas (2015) argumentieren, dass die kognitiven Prozesse beim Zeichnen zwischen unterschiedlichen Medien vergleichbar seien, sich aber die in einem Medium erworbenen Erfahrungen nicht zwangsläufig auf ein anderes Medium übertragen lassen. Während letzteres sicherlich zutreffen mag, ist es aus der Sicht des Autors jedoch mit Blick auf die umfangreichen Funktionen und Hilfestellungen in digitalen Zeichenumgebungen fragwürdig, inwieweit die kognitiven Prozesse beim Zeichnen in unterschiedlichen Medien tatsächlich vergleichbar sind. So kann angelehnt an das Modell von van Sommers (1989) der Prozess einer eigenständig getroffenen Abbildungsentscheidung, die zu einer selbstständig generierten Form/Struktur führt, nur bedingt mit dem Rückgriff auf ein Formelement verglichen werden. Auch ist anzunehmen, dass in einem verbalen Protokoll¹ zu einer digitalen Zeichnung abweichende kognitive Prozesse sichtbar werden, da beispielsweise Überlegungen zur angemessenen Abstraktion von Strukturen auf Grund der automatischen Linienglättung vernachlässigt werden können. Weitere prozessbezogene Forschung ist in diesem Zusammenhang notwendig.

Weiterhin erschien eine Limitierung der Zeichendauer, wie sie beispielsweise von Scott und Dreher (2016) vorgenommen wurde, vor dem Hintergrund des Forschungsdesiderats nicht vertretbar. Das Setzen einer Zeitvorgabe führt ebenfalls nicht dazu, dass alle Teilnehmenden gleichzeitig fertig werden. Die Leistung der Schülerinnen und Schüler wurde auf anderen Wegen ermitteln (Anhang 9.11). Eine zeitliche Vorgabe könnte zudem Angst oder Stress hervorrufen (Döring & Bortz, 2016; 5.9.2) und die Befundlage zu Tätigkeiten oder Schwierigkeiten bzw. Fehlern verzerren. Auf Grund der fehlenden Zeitvorgabe variierte die Bearbeitungsdauer zwischen den Teilnehmenden jedoch erheblich (Anhang 9.6, Anhang 9.7). Im unterrichtlichen Rahmen steht unter Umständen nicht ausreichend Zeit zur Verfügung, dass alle Schülerinnen und Schüler ihre Zeichnung hätten vollenden können. Beispielsweise

¹ Methode: Lautes Denken (5.3).

benötigte Mara bis zum Abbruch der Zeichenaufgabe auf Grund von Überforderung mehr als 36 Minuten zur Konstruktion ihres Ablaufdiagramms (9.2.6).

Obwohl das laute Denken von den meisten Schülerinnen und Schülern nicht als Ablenkung angesehen wurde¹, verwiesen einige wenige Teilnehmende darauf, dass sie diese Methode nicht als natürliche Tätigkeit wahrgenommen haben. Dies brachte Leah (S10.1D) beispielsweise retrospektiv wie folgt zum Ausdruck: „[...] weil es ein bisschen meinen Gedankengang gestört hat. Weil ich es nicht genauso formuliert habe, wie ich es laut wiedergegeben habe, deswegen hätte ich es ohne lautes Denken besser gefunden.“ (S10.1D, b29). Der tatsächliche Einfluss des lauten Denkens lässt sich rückwirkend nicht genauer bestimmen. Für die Analyse der meisten Fälle stellte sich das laute Denken als sehr gewinnbringende Forschungsmethode in dieser wie auch in anderen Studien heraus, die den Prozess des Zeichnens bislang untersuchten (vgl. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001). In der Usability-Forschung kommt lautes Denken zudem zum Einsatz, um mögliche Schwierigkeiten während der Tätigkeitsausübung von Testpersonen zu identifizieren (Sarodnick & Brau, 2016). Es bot sich damit auch vor diesem Hintergrund an, um aufkommende Schwierigkeiten bzw. Fehler beim Zeichnen zu identifizieren. Hinzu kommt, dass die aus der Pluralität an Methoden hervorgegangenen Mehrfachbelege in vielen Fällen die Interpretation absichern konnten. Hinsichtlich der Protokolle des lauten Denkens kann überdies davon ausgegangen werden, dass die Daten eine hohe Validität besitzen, da sich die handlungsnah geäußerten Kognitionen in diesen widerspiegeln (Sandmann, 2014, S. 187). Indes verweisen Ericsson und Simon (1993) darauf, dass lautes Denken die Geschwindigkeit der Aufgabenbearbeitung verlangsamen kann, aber die zeitliche Abfolge der Tätigkeiten sich nicht verändert (Konrad, 2010, S. 479). Daher ist anzunehmen, dass es zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung bei der Untersuchung des Zeichenprozesses gekommen ist.

10.4.2 Inhaltliche Limitationen

Wie im letzten Unterkapitel einleitend dargestellt, blieben einige wenige deduktive Kategorien der beiden Kategoriensysteme zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen ohne empirischen Beleg (Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3). Aus inhaltlicher Perspektive sei ergänzend darauf hingewiesen, dass sich die Kategorien ohne empirischen Beleg ausnahmslos auf Literatur beziehen, die die genannten Schwierigkeiten vor einem erfahrungsbasierten Hintergrund berichten.

¹ Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden? (mRef_AD_9 sowie mRef_MZ_6; Anhang 4)

Weiterhin gilt es die in Unterkapitel 10.2 angesprochenen potenzielle Schwierigkeiten, ohne eindeutigen empirischen Beleg, näher zu betrachten. Hierzu gehören die Kategorien *Bedeutsamkeitsmangel*¹, *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung* sowie *Fehlende (Vor-)Strukturierung*. Die potenzielle Schwierigkeit *Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung* liegt für die Konstruktion beider Repräsentationsformen vor (9.2.4, 9.3.4). Es wurde deutlich, dass für diese Kategorie die Entscheidungsgrundlage fehlt, ab wann zu seltenes Überblicken zu einer Schwierigkeit wird oder Folgefehler verursacht. Im Rahmen einer qualitativen Untersuchung ist es nicht möglich kausalanalytisch zu untersuchen, ab wann zu seltenes Überblicken der eigenen Zeichnung diese negativ beeinflusst. Bezogen auf das Cognitive Model of Drawing Construction handelt es sich bei dem zu seltenen Kontrollieren der eigenen Zeichnung um einen fehlenden oder unzureichenden Einsatz von Metakognitions- und Selbstregulationsmechanismen. In Anlehnung an das Modell zum Zeichnen von Objekten könnte man von einer zu gering ausgeprägten visuellen Analyse sprechen, auch wenn diese hinsichtlich des Kerngedankens des Modells primär das mikroskopische Objekt betreffen sollte. Trotz der fehlenden Entscheidungsgrundlage könnte man bei der Dauer des Überblickens der eigenen Zeichnung im Umfang von zwei Sekunden im Fall von Jonas (S7D; Tab. 9.9 in 9.2.4) im Gegensatz zu 110 Sekunden im Fall von Victoria (S10.2C) von einer unzureichenden Anwendung der Kontrollstrategie eines regelmäßigen Abgleichs ausgehen.

Die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen betreffend wurde auch eine *Fehlende (Vor-)Strukturierung* als potenzielle Schwierigkeit ausgewiesen (9.3.2), die der Hauptkategorie der planungsbezogenen Schwierigkeiten bzw. Fehler untergeordnet ist. In Anlehnung an das Modell zum Zeichnen von Objekten ist davon auszugehen, dass eine Vorstrukturierung der Zeichnung die Lernenden beim Treffen von Abbildungsentscheidungen unterstützen kann, da die eingezeichneten Hilfslinien eine mögliche Erleichterung bei der Verortung und dem Abbilden der gesehenen Strukturen bieten. Im Umkehrschluss kann angenommen werden, dass der Verzicht auf eine solche (Vor-)Strukturierung die Konstruktion für einige Lernende in bestimmten Situationen erschwert. Indizien hierfür ließen sich beispielsweise bei Isabelle (S7B; Anhang 10) finden, die zunächst minder erfolgreich versuchte, die gesehenen Strukturen ohne Vorstrukturierung auf das Arbeitsblatt zu übertragen. Nach etwa der Hälfte der Bearbeitungsdauer nahm sie eine Strukturierung ihrer Zeichnung vor, die sie bei der Verortung der restlichen Strukturen unterstützte. Weitere Beispiele führt Unterkapitel 9.3.2 an.

¹ Die Kategorie des Bedeutsamkeitsmangels wird im Zusammenhang mit den unterrichtspraktischen Implikationen diskutiert (10.5.2).

Ferner konnte vor dem Hintergrund der zahlreichen induktiven Kategorien zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern die kategoriale Sättigung nicht als Abbruchkriterium der Datenerhebung herangezogen werden (vgl. Schreier, 2013c). Es ist nicht auszuschließen, dass bei einer Erweiterung der Stichprobe einige wenige weitere induktive Kategorien hätten gebildet werden können. Vor dem Hintergrund zahlreicher Belege für die Mehrheit der Kategorien (Tab. 9.3, Tab. 9.14) kann jedoch davon ausgegangen werden, dass sämtliche gängigen Schwierigkeiten bzw. Fehler erfasst wurden. In diesem Zusammenhang bestand ein Vorteil der Studie in der methodischen Pluralität. Neben der Betrachtung der Zeichenprozesse (7.13) und der Beurteilung der Zeichnungen (7.6) wurden die Protokolle des lauten Denkens (7.7), die schriftlichen Selbsteinschätzungen sowie die Antworten auf die mündlich retrospektiv gestellten Vertiefungs- und Reflexionsfragen (7.9) in die Analyse einbezogen (7.12, Anhang 8,1, Anhang 8.2). Diese Form der Triangulation konnte in vielen Fällen die Interpretation im Sinne des Konvergenzmodells der Triangulation absichern (Mehrfachbelege für einen Fall) und in einzelnen Situationen das Erkenntnisspektrum im Sinne des Komplementaritätsmodells der Triangulation erweitern (eine Schwierigkeit wurde nur durch eine Methode erfasst) (vgl. Flick, 2011; Jakob, 2001; Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3).

Bei beiden Kategoriensystemen zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern beruhen nur jeweils zwei von etwa 30 Kategorien, nämlich die Kategorien *Bedeutsamkeitsmangel* und *Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung*, ausschließlich auf Belegen in Form einer Selbstauskunft der Teilnehmenden (Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3). Urteilsfehler können in Selbsteinschätzungssituationen ebenso auftreten wie sozial erwünschte Antworten (Döring & Bortz, 2016). Da bis auf die beiden zuvor genannten Kategorien alle anderen zahlreiche Belege umfassen, die aus dem Einsatz unterschiedlicher Methoden resultieren (Konvergenzmodell der Triangulation), ist diese Tatsache zumindest im Hinblick auf die Forschungsfrage 2.1 weitestgehend vernachlässigbar. Die Untersuchungen von Schleinschok et al. (2017) und Kollmer et al. (2020) konnten sogar zeigen, dass das Zeichnen die Qualität der Einschätzung von Lernprozessen verbessert. Bei einer Wiederholung der Studie könnte eine aufgabenbezogene Messung des Cognitive Load der Teilnehmenden weitere interessante Einblicke zu den subjektiv wahrgenommenen Schwierigkeiten liefern und die Interpretation der Daten unterstützen. Die Befunde aus einer solchen Ratingskala würden die bereits gestellten Fragen (mRef_AD_4, mRef_AD_5, mRef_MZ_2, mRef_MZ_3; Anhang 4) bzw. die einzuschätzenden Aussagen (Se_AD_3-5, Se_MZ_4, Se_MZ_5; Anhang 4) sinnvoll ergänzen. In diesem Zusammenhang könnte es bezogen auf das Konstrukt der Selbstwirksamkeitserwartung ebenfalls interessant sein, wie sich teilnehmende Schülerinnen und Schüler selbst einschätzen (vgl. Quillin & Thomas, 2015). Dies führt möglicherweise auch zu Belegen

für die deduktive Kategorie *Abwehrhaltung durch negative Vorerfahrung* („*Ich-kann-nicht-zeichnen-Haltung*“), die im Rahmen dieser Studie ohne empirischen Beleg blieb (10.2).

Darüber hinaus beschränkte sich die Untersuchung auf manifeste Schwierigkeiten. Latente Schwierigkeiten (z. B. individuelle Lernschwierigkeit; sonderpädagogischer Fokus) waren nicht Gegenstand dieser Arbeit. Auch kann eine während der Betrachtung der Videospur identifizierte Ablenkung einer Schülerin oder eines Schülers von der Aufgabenstellung (z. B. eine Teilnehmende dreht sich zur Tür um; 9.2.1) potenziell über die Zeitspanne des manifesten Indizes hinausgehen und wird damit nicht erfasst. Weiterhin kann diese Studie keine Aussagen über die repräsentationsspezifische Zeichenkompetenz (latentes Merkmal, nicht direkt beobachtbar) der Schülerinnen und Schüler treffen, da nur die repräsentationsspezifische Performanz (manifestes Merkmal, direkt beobachtbar, Sichtstruktur) im Erkenntnisinteresse stand (4.1). Latente Merkmale entziehen sich dahingegen einer direkten Beobachtung und bedürfen geeigneter Messinstrumente, um Rückschlüsse auf diese zu erlauben (Köller, 2008). Es lässt sich nicht ausschließen, dass die Teilnehmenden in einer anderen Situation eine abweichende Performanz gezeigt hätten.

Inhaltliche Limitationen der beiden Kategoriensysteme, die die Tätigkeiten des Zeichnens betreffen, wurden bereits in Unterkapitel 10.1 im Zusammenhang mit den Tätigkeiten *Monolog*, *Austausch mit Versuchsleiter*, *Austausch mit Schülerin und Schüler* sowie *Liest* erörtert. Auch sei darauf hingewiesen, dass auf Grund der Anforderungen des lauten Denkens (5.3) und der technischen Rahmenbedingungen (5.10) die Gewinnung der Daten in einer spezifischen Erhebungssituation erfolgte: So durchliefen die Teilnehmenden die Untersuchung jeweils einzeln in einem separaten Raum (z. B. Biologiesammlung). Die Erhebungssituation unterschied sich dahingehend von Anlässen des Zeichnens im Klassenverband. Im natürlichen Umfeld des Zeichnens – dem Unterricht – ist in vielen Situationen sicherlich mit mehr Ablenkung zu rechnen als in der spezifischen Erhebungssituation. Außerdem können im Unterricht parallel zum Zeichnen Hilfestellungen gegeben werden. In dieser Studie beschränkte sich der Redeanteil des Versuchsleiters weitestgehend auf die Impulse für lautes Denken (5.3.3). Weitere Ausnahmen wurden in Unterkapitel 9.3.6 berichtet. Wie im Theorieteil dargestellt, können Unterstützungsmaßnahmen (z. B. Zeigen von Beispieldarstellungen, gezieltes Training oder die Beschränkung darzustellender Objekte bzw. Strukturen, 3.4.2, 3.4.4) die durch das Zeichnen ausgelöste extrinsische Belastung reduzieren (Fiorella & Zhang, 2018; Leopold & Leutner, 2015; Stieff, 2017; van Meter & Firetto, 2013; 3.4.2). Auf diese und ähnliche Maßnahmen wurde zum Zwecke der Identifizierung eines möglichst breiten Spektrums an Schwierigkeiten verzichtet. Im Rahmen dieser Studie wurden lediglich die technischen Schwierigkeiten im Umgang mit dem Mikroskop durch voreingestellte Präparate minimiert bzw. ausgeschaltet (5.2.1). Dieses Vorgehen erschien vor dem

Hintergrund der bereits vorhandenen Studienergebnisse (vgl. Jiménez-Aleixandra et al., 1999) und dem Desiderat vergleichbarer Ausgangssituationen des Zeichnens legitim (Anhang 2).

Zuletzt gilt es, die **Generalisierbarkeit der Studienergebnisse** zu diskutieren. Die hohe Intercoder-Übereinstimmung (8.2), die Berücksichtigung von Maßnahmen der Qualitätssicherung (8.2) sowie die Anwendung inhaltsanalytischer Gütekriterien (8.3) garantieren zwar eine interne Studiengüte, jedoch nicht zugleich die Verallgemeinerbarkeit und Übertragbarkeit der Studienergebnisse (Kuckartz, 2018, S. 217). Das vorrangige Ziel einer qualitativen Stichprobenziehung besteht nicht in der Gewährleistung statistischer Repräsentativität, sondern im Abbilden der im Untersuchungsfeld vorhandenen und der für die Fragestellung relevanten Heterogenität (Kelle & Kluge, 2010, S. 109).

Im Gegensatz zu bisherigen Studien, die den Prozess des Zeichnens untersucht haben (Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001), wurde durch kategoriale Bezüge zu Modellen und Theorien, durch den Einbezug von mehreren Kontexten pro Repräsentationsform und durch unterschiedliche Altersstufen die empirische Belastbarkeit der Studienergebnisse gesteigert. Bei der Auswahl der mikroskopischen Präparate wurde zusätzlich darauf geachtet, dass diese ein breites Spektrum mikroskopischer Strukturen abdecken (Einzeller, Zellorganellen, Zellverbände und Gewebe mehrzelliger Organismen).

Bei der Untersuchung stellte, wie bereits beschrieben, insbesondere die sorgfältige Fallauswahl (6.2) ein Kriterium für die Verallgemeinerbarkeit der qualitativen Studienergebnisse trotz verhältnismäßig kleiner Stichprobe dar (vgl. Kuckartz, 2018). Die Fallbeschreibungen (9.5, Anhang 10) zeigen ein breites Spektrum an Fällen, das wiederum notwendige Voraussetzung für die Typenbildung war. Anmerkungen zu der eingeschränkten Übertragbarkeit einzelner qualitativer Befunde auf die Grundgesamtheit im Zusammenhang mit der Typenbildung wurden bereits in Unterkapitel 10.3 erörtert (z. B. Angaben zur Häufigkeit der Typen sowie zur durchschnittlichen Anzahl der dargestellten Elemente oder Strukturen, der Bearbeitungsdauer oder der Anzahl der aufgetretenen Schwierigkeiten).

Bezogen auf die gesamte Studie dieser Arbeit konnten von den vier von Kuckartz (2018, S. 218) benannten Strategien zur Steigerung der Verallgemeinerbarkeit von qualitativen empirischen Befunden vor allem zwei (I, II) umgesetzt werden: I) Die hier beschriebene Studie wurde auf mehreren Tagungen vorgestellt und diskutiert. Weiterhin wurden spezifische Rückmeldungen von Experten frühzeitig bei der Umsetzung berücksichtigt (z. B. Verfahren der Stichprobenziehung, Auswertung der Prozessstruktur). II) Die methodische Triangulation erlaubte an einigen Stellen multiple Perspektiven auf den Forschungsgegenstand und damit die Absicherung der Interpretation (Konvergenzmodell) und an anderen Stellen die Erweiterung der Erkenntnisse (Komplementaritätsmodell). Zwar erfolgte abseits der

mehrwöchigen Erhebungsphase kein ausgedehnter Aufenthalt im Feld (III), allerdings kam es neben dieser Studie zu einer vertieften Auseinandersetzung und einem Austausch zum Thema der Untersuchung (vgl. Scherb, 2018; Scherb & Wolowski, 2020; Wolowski & Scherb, 2022). Die vierte von Kuckartz (2018, S. 218) vorgeschlagene Strategie, nämlich die Diskussion mit Forschungsteilnehmenden über die Analyseergebnisse im Sinne einer kommunikativen Validierung (IV), konnte auf Grund des großen zeitlichen Abstands zwischen Erhebung und Typenbildung nicht realisiert werden.

10.5 Implikationen der Studie

Im Folgenden werden zunächst die wissenschaftlichen Implikationen erörtert (10.5.1), bevor die Darstellung der Implikationen für die Lehrerbildung und die Unterrichtspraxis erfolgt (10.5.2).

10.5.1 Wissenschaftliche Implikationen

Der Zeichenprozess wird in der Literatur als nicht-linear bzw. rekursiv beschrieben (z. B. Leutner & Schmeck, 2014, 2022; van Meter & Firetto, 2013), ohne eine genauere Auskunft darüber zu geben, was dies bedeutet. Während Studien zum Zeichnen über ein weites Feld verstreut sind (Quillin & Thomas, 2015), wurde der Konstruktionsprozess selbst bisher nur lückenhaft untersucht (z. B. Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001; 3.6). Die Untersuchungen beschränkten sich dabei auf die Selbst-Monitoring-Ereignisse oder die Denkprozesse der Lernenden während der Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten. Tätigkeiten auf der Ebene der Sichtstruktur, die, im Gegensatz zur Kodierung von diskontinuierlich externalisierten Kognitionen, eine durchgehende Beschreibung des Zeichenprozesses erlauben, wurden bislang nicht näher untersucht.

Die beiden im Rahmen dieser Arbeit entstandenen Kategoriensysteme zu den Tätigkeiten der Lernenden während der Konstruktion von Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen liefern erstmals ein Instrument, mit dessen Hilfe der Zeichenprozess auf der Ebene der Sichtstruktur für zwei für den Biologieunterricht bedeutsamen Repräsentationsformen lückenlos beschrieben werden kann. Hierdurch wurde die Grundlage geschaffen, um Prozessstrukturen sichtbar zu machen. Anhand dieser können in weiterführenden Studien beispielsweise gezielt Vergleiche zwischen unterschiedlichen Gruppen (z. B. Novizinnen und Novizen oder Expertinnen und Experten) angestellt werden. Darüber hinaus konnte den Limitationen bisheriger Studien, die den Prozess des Zeichnens zum Gegenstand hatten, im Rahmen dieser Arbeit durch das gewählte Studiendesign entgegengetreten werden (z. B. durch acht unterschiedliche Kontexte, den Einbezug von Teilnehmenden

unterschiedlichen Alters, die Bildung trennscharfer Kategorien; 3.6, 10.1). Ferner beziehen sich die wenigen Studien, die den Zeichenprozess zum Gegenstand hatten, ausschließlich auf die Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Texten (drawing: 3.4.2; mapping 3.4.4; 3.6). Da die Studie dieser Arbeit neben der Konstruktion von Ablaufdiagrammen auch die der mikroskopischen Zeichnungen in den Blick nimmt, leisten die Befunde einen wesentlichen Beitrag in einem bislang von der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wenig erschlossenen Feld, nämlich der Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Beobachtungen.

Die Analyse der Prozessstrukturen kann auch relevantes Hintergrundwissen für Pionierarbeiten im Bereich der automatischen Erfassung der Performanz bei der Konstruktion von Repräsentationen bereitstellen, da das Finden geeigneter Algorithmen die Kenntnis von Prozessstrukturen voraussetzt. Ein solches Projekt verfolgen beispielsweise Jäkel und Gerwien (2017) mit der Entwicklung eines Werkzeugs zur automatischen Evaluation der Performanz beim Mikroskopieren.

Die aus der Analyse des Zeichenprozesses resultierenden Prozessstrukturen stellen wiederum eine relevante Grundlage für die Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern beim Zeichnen (9.2, 9.3, 10.2) sowie für die Bildung von Schülertypen im Zusammenhang mit der Konstruktion der Ablaufdiagramme dar (9.4, 10.3). Abgesicherte empirische Erkenntnisse zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern lagen bislang nur vereinzelt für Repräsentationsformen vor (z. B. Lachmayer, 2008 für Liniendiagramme, Jiménez-Aleixandra et al., 1999 für technische Schwierigkeiten im Umgang mit dem Mikroskop; 3.7). Die im Rahmen dieser Studie entstandenen Kategoriensysteme griffen die in empirischen und unterrichtspraktischen Beiträgen genannten Schwierigkeiten bzw. Fehler auf und ergänzten diese durch zahlreiche induktive Kategorien (7.12.2). Die meisten der etwa 30 Kategorien pro Repräsentationsform besitzen eindeutige Bezüge zu relevanten Theorien und Modellen (7.12.3). Darüber hinaus ergeben sich aus den Befunden dieser Studie konkrete Vorschläge zur Systematisierung von Schwierigkeiten bzw. Fehlern, die die Verortung zugehöriger Unterstützungsmaßnahmen erlauben. Dies kann bei der Planung von Studien, die unterschiedliche Unterstützungsmaßnahmen vergleichen, hilfreich sein. So kommen beispielsweise Fiorella und Zhang (2018) auf Grundlage der in ihrem Review betrachteten Studien zum Zeichnen zur Schlussfolgerung, dass die unterschiedlichen Arten und Niveaus von Unterstützungsmaßnahmen es erschweren, die Voraussetzungen für den gewinnbringenden Einsatz von Zeichnen einzugrenzen. Außerdem weisen die im Ergebnisteil dieser Arbeit dargestellten Vorschläge zur Gruppierung der Schwierigkeiten (Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3) zahlreiche

Überschneidungen zwischen beiden Repräsentationsformen auf (9.6), die sicherlich auch für andere ähnliche Repräsentationsformen bestehen.

Die Erkenntnisse dieser Studie machten weiterhin sowohl hinsichtlich der Ablaufdiagramme – Zeichnen auf Grundlage von Texten – als auch hinsichtlich der mikroskopischen Zeichnungen – Zeichnen auf Grundlage von Beobachtungen – deutlich, dass der Anteil der Tätigkeiten des Zeichnens im engeren Sinne¹ etwa ein Drittel am Zeichenprozess ausmacht (10.1). Ähnliches gilt für die etwa 30 Schwierigkeiten bzw. Fehler, die jeweils für beide Repräsentationsformen identifiziert werden konnten. Von diesen steht ebenfalls jeweils nur ein Teil mit zeichnerischen Tätigkeiten im engeren Sinne in Verbindung (10.2). Unterstützungsmaßnahmen sollten dahingehend mit Blick auf die praktische Anwendung im natürlichen Umfeld – dem Unterricht – weiter gedacht werden, d. h. verstärkt Tätigkeiten oder Schwierigkeiten bzw. Fehler in den Blick nehmen, die außerhalb der Kerntätigkeit des Zeichnens liegen, aber ebenfalls zu einem hohen Maß an extrinsischer Belastung beitragen können, sodass generatives Lernen (3.4.1) im Sinne des (generative) drawing principles (3.4.2) bzw. des mapping principles (3.4.4) gelingen kann.

Ausgehend von den Befunden dieser Studie wäre es bedeutsam, Strategien zur Kompensation einzelner Schwierigkeiten zu testen, da Unterstützungsmaßnahmen eine notwendige Voraussetzung für den gewinnbringenden Einsatz des Zeichnens darstellen können (z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2022; 3.4.3, 3.4.4). Mit den Kategoriensystemen zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern und der systematischen theoriebezogenen Verortung dieser wurde hierfür, wie zuvor dargestellt, die Ausgangsbasis geschaffen. Auch liefern die Kategoriensysteme und die kategoriale Auswertung Hinweise darauf, wie (Produkt, Prozess, Selbstauskunft) und wann (Visualisierung der Tätigkeitsabfolge) sich die einzelnen Schwierigkeiten ergeben bzw. erkennen lassen. Dabei sollte ebenso berücksichtigt werden, dass einzelne Schwierigkeiten bzw. Fehler den Zeichenprozess unterschiedlich beeinflussen. So kann die fehlende Einhaltung von Konventionen (z. B. nicht geschlossen dargestellte Zellen) zu systematischen Fehlern führen, wohingegen andere Schwierigkeiten nur punktuell auftreten (z. B. Darstellung redundanter Strukturen bzw. Informationen) oder gänzlich repräsentationsunspezifisch sind (z. B. Ablenkung). Bei der Passung von Unterstützungsmaßnahmen sollten weiterhin unterschiedliche Ebenen mitbedacht werden, wie sie beispielsweise Fiorella und Zhang (2018) vorgeschlagen haben: So können Unterstützungsmaßnahmen lediglich grundlegende Anweisungen zur Erstellung einer Zeichnung (Level 1), ein explizites Training zum Vorgehen beim Zeichnen (Level 2) oder teilvollständige Abbildungen umfassen, die bereits eine Struktur vorgeben (Level 3), sowie den direkten Vergleich der eigenen

¹ Hierzu zählen die Tätigkeiten *Zeichnet*, *Explizite Relation* und *(Vor-)strukturiert* sowie ggf. auch *Redundante Struktur* und *Punktet, schraffiert, malt aus* (10.1).

Zeichnung mit einer von der Lehrkraft zur Verfügung gestellten Zeichnung erfordern (Level 4). Die unterschiedlichen Ebenen von Unterstützungsmaßnahmen haben dabei unterschiedliche Funktionen, wie z. B. die Auswahl geeigneter Strategien aufseiten der Lernenden zu begünstigen oder die extrinsische Belastung zu reduzieren, indem die darzustellenden Strukturen limitiert werden. Weitere Beispiele werden im nachfolgenden Unterkapitel 10.5.2 angeführt.

Während die Bildung von Typen zuletzt häufiger Gegenstand naturwissenschaftsdidaktischer Forschung war (z. B. Arndt, 2016; Meier, 2015) und es erlaubt, Aussagen über Gruppen zu treffen (Kelle & Kluge, 2010), lagen bislang keine Typisierungen für die Konstruktion von Repräsentationsformen vor (3.6). Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Typisierungen in Anlehnung an das Stufenmodell empirisch begründeter Typenbildung nach Kelle und Kluge (2010) vollzogen (7.14). Die beiden Typisierungen erlauben auf Grundlage eindeutiger Kriterien eine schnelle Zuordnung von Fällen (9.4, 10.3). Liegt die Entscheidung über die Darstellung von Textinformationen in depiktionaler, deskriptionaler oder hybrider Form bei den Teilnehmenden, so kann die ursprünglich auf Ablaufdiagramme bezogene Typisierung potenziell auf andere externe bildliche Repräsentationsformen übertragen werden, deren Konstruktion auf Textinformationen beruht. Der Geltungsbereich der Typisierung, die sich auf mikroskopische Zeichnungen bezieht, beschränkt sich aufgrund des Merkmals der Häufigkeit des Abgleichs mit dem mikroskopischen Original auf diese Repräsentationsform. Dennoch sind Gemeinsamkeiten zu anderen Formen des Zeichnens auf Grundlage von Beobachtungen naheliegend, denn auch hier ist der regelmäßige Abgleich mit dem darzustellenden Objekt unabdingbar (vgl. Gropengießer et al., 2012).

Bezogen auf die Typisierungen beider Repräsentationsformen wäre bei größerer Stichprobe darüber hinaus eine statistische Zusammenhangsanalyse aufschlussreich, da sie, im Gegensatz zu einer qualitativen Stichprobe mit geringer Anzahl, repräsentative Aussagen über die Häufigkeit einzelner Typen sowie assoziierte Merkmale (z. B. Anzahl der aufgetretenen Schwierigkeiten) liefern könnte.

10.5.2 Implikationen für die Lehrerbildung und die Unterrichtspraxis

Die Entwicklung von Kompetenzen, die die Konstruktion und den Umgang mit unterschiedlichen externen Repräsentationsformen betreffen (representational competence), steht in einem engen Zusammenhang mit der Anzahl sowie der Qualität von Lerngelegenheiten (z. B. Hubber et al., 2010; Prain & Waldrip, 2006; Tytler et al., 2006;

Waldrip et al., 2006). Die bei einer Repräsentationsform erworbenen Kompetenzen sind nicht zwangsläufig auf andere Repräsentationsformen übertragbar (Kozma & Russell, 2005). Hieraus lässt sich schlussfolgern, dass sich unterrichtliche Lerngelegenheiten nicht nur auf eine Repräsentationsform beschränken dürfen (z. B. mikroskopische Zeichnungen auf Grundlage von Beobachtungen), sondern die Konstruktion vielfältiger externer Repräsentationen umfassen müssen. Die vielfältigen Anwendungsbereiche von Zeichnungen im Biologieunterricht werden beispielsweise vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Modi, der Ebenen und der Wissensdomänen (Kontexte) im Zusammenhang mit dem „the cube“-Modell von Tsui und Treagust (2013) ersichtlich (Abb. 2.1 in 2.2). Bezogen auf die Teilkompetenz der Konstruktion (bzw. Translation) ist diese Pluralität an Lerngelegenheiten im Unterricht jedoch nicht immer gegeben (Scherb & Nitz, 2020). Darüber hinaus verweisen Eilam und Gilbert (2014b) darauf, dass die representational competence der Lehrkraft ebenfalls eine wesentliche Rolle beim Schaffen adäquater Lerngelegenheiten spielt. Auch liegen Indizien dafür vor, dass unterschiedliche Einstellungen zum Zeichnen (z. B. Zeichnen ist eine erlernbare Fähigkeit vs. Zeichnen setzt Talent voraus) die Unterrichtspraxis beeinflussen (Scherb & Nitz, 2020). Ferner konnten empirische Studien zeigen, dass das Zeichnen eine kognitiv anspruchsvolle Tätigkeit darstellt (vgl. z. B. Fiorella & Mayer, 2015; Scott & Dreher, 2016; van Meter, 2001). Die Studie dieser Arbeit machte mit Blick auf den Unterricht wiederum besonders deutlich, dass entlang der Bearbeitung von Aufgabenstellungen, die eine zeichnerische Darstellung erfordern, vielfältige unterschiedliche Schwierigkeiten bzw. Fehler auftreten können, die nicht zwangsläufig mit der Kerntätigkeit des Zeichnens in Verbindung stehen. Grundsätzlich kommen Schwierigkeiten bzw. Fehlern im Lernprozess eine wichtige Bedeutung zu, denn sie können Ausgangspunkte für Lerngelegenheiten darstellen (Gropengießer, 2020c; Harms, 2020; 3.7). Im Rahmen von Interviews berichteten einige Lehrkräfte davon, dass sie auf Grund von in der Vergangenheit wahrgenommenen Schwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Zeichnen bevorzugt auf vorgefertigte Zeichnungen zurückgreifen (Scherb & Nitz, 2020). Diese Maßnahme minimiert jedoch unmittelbar die zuvor angeführten vielfältigen Lerngelegenheiten. Vor dem Hintergrund der Bedeutsamkeit der Arbeitstechnik des Zeichnens für den Biologieunterricht (3.2) und des curricularen Rahmens (3.4.5, 3.5.1, 3.5.3, 5.1.2, 5.2.3) lässt sich auf besagte Lerngelegenheiten jedoch nicht verzichten. Bezogen auf die Lehrerbildung sollten die Studienergebnisse dieser Arbeit daher gezielt in Fortbildungen (dritte Phase der Lehrerbildung) eingebracht werden, um Lehrkräfte für den Umgang mit auftretenden Schwierigkeiten bzw. Fehlern beim Zeichnen zu sensibilisieren. Hierzu könnten beispielsweise Video-Vignetten analysiert werden, die im Anschluss einen Abgleich zwischen der eigenen Einschätzung und einem Expertenurteil erlauben. Eine

Einbindung in eine für ein solches Vorhaben geeignete Plattform ist denkbar (z. B. <https://vivian.uni-landau.de/>). Vor dem Hintergrund der zuvor angeführten Befunde sollte im Rahmen einer solchen Fortbildung das biologische Zeichnen außerdem als Fähigkeit herausgestellt werden, die im unterrichtlichen Rahmen erlernt werden kann und curricular gesehen auch erlernt werden muss. Während von Talent sicherlich Gebrauch gemacht werden kann (z. B. Einschätzen von Proportionen oder Größen; 5.8), ist biologisches Zeichnen durchaus erlernbar (z. B. Gropengießer et al., 2012; Spörhase, 2010b).

Wie Schumacher (2008) zudem deutlich macht, trägt das Wissen über typische Schülerfehler zur erfolgreichen Unterrichtsgestaltung bei und kann zugleich als Ausgangspunkt der individuellen Förderung dienen. In diesem Zusammenhang besitzen die aus den Analyseergebnissen der Tätigkeiten und Schwierigkeiten bzw. Fehler abgeleiteten Typen eine unterrichtspraktische Relevanz. Abhängig vom diagnostizierten Typ kann ein individuelles Feedback gegeben werden. Bezogen auf die Konstruktion von Ablaufdiagrammen kann das Feedback zu einer unvoreilhaften (Teil-)Zeichnung Erläuterungen umfassen, die die Vor- und Nachteile der depiktionalen und deskriptionalen Darstellungsweise für bestimmte Situationen aufzeigen (2.4, 3.4.5). Bezogen auf die Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen kann ein Feedback zur unvoreilhaften kleinschrittigen Vorgehensweise beim Zeichnen und Mikroskopieren zum Abgleich zwischen dem eigenen Anspruch (z. B. „je genauer desto besser“, undifferenziert detailliert abbildender Typ III) und den fachbezogenen Erwartungen an die Zeichnung (vereinfachte Darstellung charakteristischer Merkmale, 3.5.3) führen. Ein solches qualitatives Feedback ist zuträglich für den Lernerfolg (Hattie, 2009).

Nicht nur in Fortbildungen von Lehrkräften ist die Einbindung der Studienergebnisse sinnvoll, sondern auch im Kontext der Hochschule. So sind beispielsweise Lehramtsstudierende der Biologie (erste Phase der Lehrerbildung) in den zoologischen und botanischen Praktika häufig angehalten, zahlreiche Zeichnungen auf der Grundlage von Beobachtungen anzufertigen. In diesem authentischen Rahmen bietet sich nicht nur die Auseinandersetzung mit den im Konstruktionsprozess selbst wahrgenommenen Schwierigkeiten an, sondern auch mit den Schwierigkeiten, auf die ihre späteren Schülerinnen und Schüler potenziell treffen können.

Mit Blick auf den Unterricht und die einleitend angeführte Studienlage ist es ebenfalls erstrebenswert, das Interesse der Schülerinnen und Schüler am Zeichnen zu stärken, da „Nicht-Interesse eine für das Lernen ungünstige Disposition“ (Vogt, 2007, S. 10) darstellt. In der Studie dieser Arbeit gaben vor allem ältere Teilnehmende an, dass sie (eher) nicht gerne innerhalb und außerhalb des Biologieunterrichts zeichnen (Tab. 9.6 in 9.2.1). Teilweise kam fehlendes Bemühen bzw. fehlendes Interesse am Zeichnen auch in der distanzierten

Haltung zum Arbeitsmaterial zum Ausdruck (9.2.1, 9.3.1). Ebenso erkannten einige Lernende nur einen geringen Mehrwert in ihren Zeichnungen (*Bedeutsamkeitsmangel*, 9.2.1, 9.3.1). Die volitionale Eingebundenheit in den Lernprozess ist jedoch unbedingte Voraussetzung für generatives Lernen und die Realisierung des (generative) drawing principles (3.4.1) bzw. des mapping principles (3.4.4). Desinteresse kann mit schlüssigen Argumenten entgegengetreten werden, die die Lernenden zu einer erneuten Auseinandersetzung bewegen (Vogt, 2007, S. 14). Bezogen auf das Zeichnen verweist Spörhase (2010b, S. 147) darauf, dass die Lernenden den Mehrwert dieser Methode, der insbesondere hinsichtlich der Erkenntnisgewinnung und Dokumentation besteht, für ihr eigenes Handeln erfahren müssen. Nach Borsum (1987) hängt die Motivation der Lernenden, die sich in einer bestimmten Situation zeigt, vom tatsächlichen Gebrauchswert der Zeichnung ab. Fiorella und Mayer (2015, S. 58) verdeutlichen im Zusammenhang mit dem mapping, dass Lernende vor dem Hintergrund dieser zeitintensiven Tätigkeit zugleich erkennen müssen, wie dieser Aufwand ihnen einen konkreten Nutzen beim Lernen verspricht. Ebenso verweisen Scott und Dreher (2016) vor dem Hintergrund ihrer prozessbezogenen Befunde auf die Schlüsselrolle der Lehrkraft hinsichtlich der Vermittlung der Funktion und Relevanz der zeichnerischen Vorhaben. Bezogen auf die Befunde dieser Arbeit erscheint es daher naheliegend, dass die attentiven Schwierigkeiten (z. B. Ablenkung, Bedeutsamkeitsmangel, fehlendes Bemühen/Interesse) automatisch minimiert werden, sobald die Lernenden die Relevanz in ihrem eigenen Handeln erkennen. In diesem Zusammenhang sei auch auf die Bedeutsamkeit der Selbstbestimmungstheorie nach Deci und Ryan (1993) verwiesen. Mit zunehmender Erfahrung auf Seiten der Lernenden ist zu erwarten, dass das Zeichnen als intuitives Werkzeug eingesetzt werden kann (Kompetenzerleben). Besteht beispielsweise die Notwendigkeit, Textinformationen zu erinnern, können Lernende die bewusste Entscheidung treffen, einen Text in ein Ablaufdiagramm, anstatt in eine lineare Zusammenfassung zu übersetzen (Autonomieerleben). Kooperativ entstandene Zeichnungen können wiederum praktischen Nutzen beim gemeinsamen Problemlösen versprechen (soziale Eingebundenheit; vgl. Ainsworth & Scheiter, 2021).

Zusätzlich können die zu Studienzwecken entwickelten Lernaufgaben zu den acht Kontexten unmittelbar im Biologieunterricht der siebten bis zehnten Klassenstufe eingesetzt werden. Die Gewährleistung der sach- und adressatengerechten Gestaltung der Materialien wurde durch verschiedenste Maßnahmen sichergestellt (5.1, 5.2). In diesem Zusammenhang kann das Kategoriensystem zu Schwierigkeiten bzw. Fehlern nach einem Zeichenanlass im Klassenverband zur Einschätzung der aufgetretenen Schwierigkeiten bzw. Fehler herangezogen werden und somit einerseits als Checkliste und andererseits als Diskussionsgrundlage im Hinblick auf zukünftige Zeichenanlässe dienen. Auch ist es denkbar, dass

beispielsweise eine Schülerin einen Schüler beim Zeichnen beobachtet und die entstandene Zeichnung und den Prozess anhand der kategorialen Checkliste beurteilt. Auf dieser Grundlage kann eine spezifische Rückmeldung gegeben werden, selbst wenn nicht alle Schwierigkeiten oder Fehler erkannt werden. Wie sich dies am Beispiel eines Ablaufdiagramms in einfacher Form realisieren lässt, wird beispielsweise von Scherb (2018; vgl. Aufgabe 3) bezogen auf die Beurteilung des Zeichenprodukts dargestellt.

Für Lernende mit geringer Vorerfahrung kann sich auch der Einsatz von teilvollständigen Abbildungen, die sich auf Grundlage eines Erwartungshorizonts (Anhang 1, Anhang 2) leicht erstellen lassen, anbieten (vgl. z. B. Spörhase, 2010b für teilvollständige Abbildungen bezogen auf mikroskopische Zeichnungen und Scherb, 2018 bezogen auf Ablaufdiagramme). Wie im vorherigen Unterkapitel (10.5.1) dargestellt, entspricht diese Unterstützungsmaßnahme in Anlehnung an Fiorella und Zhang (2018) dem dritten Level.

Die in dieser Arbeit verwendeten Beurteilungskriterien stellen darüber hinaus ein nützliches Instrument zur Beurteilung von Zeichnungen dar (vgl. Scherb & Wolowski, 2020; Wolowski & Scherb, 2022; 7.4). Dennoch stellt die Beurteilung von Schülerleistungen kein triviales Unterfangen dar und die zur Konstruktion benötigte Zeit kann dabei nicht vollkommen außer Acht gelassen werden. Die Konstruktion von Zeichnungen kann im Einzelfall viel Zeit erfordern, die im unterrichtlichen Rahmen sicherlich nicht immer zur Verfügung steht (10.4.1). In diesem Zusammenhang zeigten die Befunde dieser Arbeit, dass Teilnehmende, die sich während der Konstruktion mikroskopischer Zeichnungen an gängigen Konventionen orientierten (z. B. Verzicht auf redundante Strukturen) meist eher in der Lage waren, die wesentlichen Merkmale eines Objekts bzw. die wesentlichen Inhalte eines Texts in einem überschaubaren zeitlichen Rahmen darzustellen. Insbesondere die Darstellung redundanter Strukturen sowie das Punkten, Schraffieren oder Ausmalen von Strukturen konnte die Bearbeitungsdauer der Aufgabenstellung im Einzelfall stark erhöhen (9.2.3, 9.3.3). Vor diesem Hintergrund ist es nicht notwendig die Zeichendauer als weiteres Beurteilungskriterium (7.4) hinzuzuziehen.

Vor dem Hintergrund der Bedeutsamkeit der intensiven Auseinandersetzung mit dem mikroskopischen Präparat (präattentiv vs. attentiv; 10.3) kann es weiterhin sinnvoll sein, die Fähigkeit zur Beobachtung isoliert zu trainieren (vgl. Gropengießer, 2020d, S. 275), sodass dieser „Akt der Interpretation“ (Gropengießer, 1987, S. 49) ohne größere Schwierigkeiten gelingen kann. Diese Maßnahme wäre dem zweiten Level an Unterstützungsmaßnahmen, nämlich einem gezielten Training zuzuordnen, das darauf abzielt, zukünftig die Auswahl und Anwendung geeigneter Strategien im Umgang mit dem Objekt zu fördern.

Bezogen auf Ablaufdiagramme war darüber hinaus auffällig, dass die Lernenden bei den retrospektiv gestellten Verständnisfragen im Wesentlichen nur die Inhalte erinnern

konnten, die sie zuvor in der Zeichnung dargestellt hatten (Anhang 9.10). Hier zeigt sich die Stärke von Zeichnungen zur Diagnose des Lernerfolgs (vgl. prognostic drawing principle, Leutner & Schmeck, 2022; 3.4.2). Zugleich können die Lernenden beim Zeichnen etwaige Missverständnisse weniger leicht verbergen als beim Schreiben (van Meter & Riley, 1999). Weiterhin sei darauf hingewiesen, dass die Darstellung der Textinformationen von drei Teilnehmenden in linearer Form (9.4.1) zwar die Teilkompetenz der Konstruktion bzw. die der Translation abdeckt (2.2), aber gemäß der Definition des Zeichnens (3.1) – auf Grund der fehlenden depiktionalen Eigenschaften (2.4) – nicht mehr als Zeichnung eingestuft werden sollte. Die lineare Darstellung von Textinformationen im Sinne einer Zusammenfassung birgt die Gefahr, dass Zusammenhänge zwischen einzelnen Elementen nicht hinreichend abgebildet werden (9.2.2). Auch ist anzunehmen, dass die kognitive Verarbeitungstiefe beim Zeichnen auf Grund der erzwungenen Selektion, Organisation und Integration von Textinformationen größer ist als bei einer linearen Zusammenfassung, die sich nahe an den originalen Formulierungen der Textgrundlage orientiert (vgl. van Meter & Firetto, 2013; van Meter & Garner, 2005). Die Studienergebnisse legen in diesem Zusammenhang nahe, dass es zur Unterstützung der Lernenden (bei der Darstellung von Textinformationen) hilfreich sein kann, hinsichtlich der Erwartungen an die Zeichnung klare Vorgaben zu machen, wie z. B. drawing- (3.4.2) oder mapping-Ansatz (3.4.4) bzw. primär depiktionale oder primär deskriptionale Darstellung. Diese Unterstützungsmaßnahme ist in Anlehnung an Fiorilla und Zhang (2018) dem ersten Level zuzuordnen (10.5.1). Die Anweisung zur Erstellung der Zeichnung reduziert die extrinsische Belastung, indem beispielsweise ikonische Zeichen initial ausgeschlossen werden (2.4). Aufgrund der vor allem für Diagramme vorliegenden Polysemie (vgl. Desnoyers, 2011) gilt es auch, für begriffliche Klarheit zu sorgen (vgl. z. B. Scherb, 2018), insofern große Abweichungen hinsichtlich der resultierenden Zeichnungen vermieden werden sollen. Wie in Unterkapitel 10.4.2 zu den inhaltlichen Limitationen bereits deutlich wurde, spielen im Unterricht, im Gegensatz zur spezifischen Erhebungssituation, Hilfestellungen grundsätzlich eine bedeutsame Rolle. Dadurch wird die Modellkonstruktion sowie die Externalisierung des Erscheinungsbilds (3.4.3, Cognitive Model of Drawing Construction) oder die visuelle Analyse und die Produktion der Zeichnung (3.5.2, Modell zum Zeichnen von Objekten) unterstützt sowie Schwierigkeiten bzw. Fehler minimiert und die extrinsische Belastung reduziert (3.3, 3.4.3), sodass mehr kognitive Ressourcen für die inhaltliche Auseinandersetzung zur Verfügung stehen (3.3, 10.2, 10.4.2).

11. Fazit

Ziel dieser Untersuchung war (I) die Beschreibung des Zeichenprozesses auf der Ebene der Sichtstruktur, (II) die Identifikation von Schwierigkeiten bzw. Fehlern, die im Zusammenhang mit der Konstruktion von zwei für den Biologieunterricht bedeutsamen Repräsentationsformen, nämlich Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen, auftreten können und (III) eine auf diesen Befunden aufbauende Typisierung.

Die Ergebnisse konnten zeigen, dass die Konstruktion beider Repräsentationsformen mehrere Tätigkeiten umfasst – im Falle der Ablaufdiagramme 12 und im Falle der mikroskopischen Zeichnungen 14 –, aber ihr Anteil am Zeichenprozess zwischen den Fällen mitunter stark variieren kann (9.1, 10.1). Im Einzelfall konnten durchschnittlich gesehen seltene Tätigkeiten einen erheblichen Anteil am Zeichenprozess ausmachen und Schwierigkeiten auslösen oder zu Folgefehlern führen. Außerdem wurde nur ein Teil der Tätigkeiten von allen Teilnehmenden ausgeübt. Ebenfalls wurde die ökologische Validität der beschriebenen Tätigkeiten kritisch diskutiert. Zugleich zeigte sich, dass anteilmäßig durchschnittlich nur etwa ein Drittel der Bearbeitung der Zeichenaufgaben durch Tätigkeiten des Zeichnens im engeren Sinne – der Kerntätigkeit des Zeichnens¹ – bestimmt waren. Die Übertragbarkeit der Kategoriensysteme auf andere externe bildliche Repräsentationen, die aus Textgrundlagen (z. B. Pfeildiagramm, Concept Map) oder Beobachtungen (z. B. anatomische Zeichnung eines makroskopischen Objekts) hervorgehen, ist vor dem Hintergrund der Ähnlichkeit zwischen ihnen an vielen Stellen denkbar (2.4, 3.4, 3.5).

Weiterhin konnten für beide Repräsentationsformen zusammen 60 Schwierigkeiten bzw. Fehler identifiziert werden, die in den repräsentationsspezifischen Kategoriensystemen jeweils einer Kategorie entsprechen (9.2, 9.3, 10.2). Durchschnittlich ist etwa die Hälfte der Kategorien induktiv. Die deduktiven Kategorien wurden im Vorfeld auf Grundlage der in empirischen und unterrichtspraktischen Beiträgen vereinzelt genannten Schwierigkeiten systematisch zusammengetragen. Die Analyse zeigte, dass sich Schwierigkeiten auf einzelne Tätigkeiten beschränken, auf verschiedene Tätigkeiten ausweiten (z. B. Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen) oder zu Tätigkeitsabbrüchen führen können (z. B. Ablenkung). Darüber hinaus wurde deutlich, dass viele Schwierigkeiten mit Tätigkeiten assoziiert sind, die nicht zu der Kerntätigkeit des Zeichnens gehören (Tab. 9.3 in 9.2, Tab. 9.14 in 9.3). Dies ist besonders für die Auswahl situationsangemessener Unterstützungsmaßnahmen relevant, die nicht nur das Zeichnen im engeren Sinne betreffen dürfen (10.2, 10.5). Die Befunde machten zudem deutlich, dass bisherige Lerngelegenheiten, d. h.

¹ Hierzu zählen die Tätigkeiten *Zeichnet*, *Explizite Relation* und *(Vor-)strukturiert* sowie ggf. auch *Redundante Struktur* und *Punktet, schraffiert, malt aus* (10.1).

Vorerfahrungen, eine wichtige Rolle im Umgang mit Schwierigkeiten spielen können, aber der Transfer auf neue Kontexte nicht zwangsläufig gelingen muss (10.2). Treten viele oder von den Lernenden alleine nicht bewältigbare Schwierigkeiten im Zeichenprozess auf (extrinsische Belastung), ist die inhaltliche Auseinandersetzung auf Grund der begrenzten kognitiven Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses gefährdet (Leutner & Schmeck, 2022; 3.4.2-3.4.4). Der Aufgabenbearbeitung, die intrinsische und lernbezogene Belastung erzeugt, stehen dann nicht mehr ausreichend kognitive Ressourcen zur Verfügung (Sweller et al., 2011; 3.3). Auch wurde hervorgehoben, dass fallbezogen aufgetretene Schwierigkeiten bzw. Fehler als Indikator für eine bislang unzureichend erworbene Repräsentationskompetenz (Teilkompetenz: Konstruktion und Translation; 2.2) angesehen werden können. Dennoch sei darauf hingewiesen, dass die Performanz der Lernenden in unterschiedlichen Situationen variieren kann (z. B. spezifische Erhebungssituation vs. Unterricht; 10.4.2).

Bezogen auf Ablaufdiagramme stellte insbesondere die depiktionale Darstellung von Textinformationen viele Lernende vor große Herausforderungen (9.2.3, 10.2). Der in den Zeichnungen dargestellte depiktionale bzw. deskriptionale Anteil an Textinformationen war vor diesem Hintergrund der Ausgangspunkt der Bildung der Typen, die die Konstruktion der Ablaufdiagramme betreffen (Typ I: realistisch abbildend, Typ II: alternierend abbildend und Typ III: schriftorientiert abbildend; 7.14.3, 9.4.1, 10.3). Bezogen auf mikroskopische Zeichnungen stand bei der Typisierung die Regelmäßigkeit des Abgleichs mit dem Mikroskop im Vordergrund (Typ I: oberflächlich abbildend, Typ II: objektorientiert abbildend und Typ III: undifferenziert detailliert abbildend; 7.14.3, 9.4.2, 10.3). In beiden Fällen handelt es sich um eindimensionale Typologien (Hempel & Oppenheim, 1936), bei deren Bildung fünf Prämissen für eine sinnstiftende Typisierung berücksichtigt wurden: (I) Gruppierung anhand nachvollziehbarer Merkmale, (II) praktische Relevanz, (III) theoretische Fundierung, (IV) Kommunizierbarkeit und (V) Sparsamkeit (7.14.2, 7.14.3). Verschiedene Erklärungsansätze für die einzelnen Typen wurden mit Bezug zu Theorien und Modellen diskutiert und die eingeschränkte Übertragbarkeit assoziierter Befunde (z. B. Häufigkeit der Typen) kenntlich gemacht (10.3).

Wie zu Beginn der theoretischen Rahmung dargestellt, sind sowohl die Konstruktion als auch die Translation Teilkompetenzen der (meta-)representational competence (2.2), die den adäquaten Umgang mit naturwissenschaftlicher Sprache näher spezifiziert und sich damit auch dem Konzept der scientific literacy unterordnen lässt. Insbesondere erweitert die vorgestellte Studie die bereits existierenden Forschungsergebnisse zur Teilkompetenz der Konstruktion. Auch stehen die Befunde durch die Übersetzung von einer Textgrundlage in ein Ablaufdiagramm (9.1, 9.2) sowie von einem physischen Objekt in eine

mikroskopische Zeichnung (9.1, 9.3) in Verbindung mit der Translation (vgl. „the cube“-Modell; Abb. 2.1 in 2.2). Das Zeichnen, das Gegenstand dieser Untersuchung war, wurde wiederum als Arbeitstechnik des Biologieunterrichts vorgestellt, die als Teilelement der Konstruktion und Translation ausgewählter externer bildlicher Repräsentation verstanden werden kann (3). Bezogen auf die Untersuchung der Tätigkeiten und Schwierigkeiten bzw. Fehler im Zusammenhang mit dem Zeichnen wurde den Limitationen bisheriger Studien in dieser Studie vor allem durch die Pluralität von acht Kontexten (5.1, 5.2), den Einbezug von Schülerinnen und Schülern unterschiedlichen Alters (6.1), die Maßnahmen der Stichprobenziehung zur Gewährleistung von Heterogenität (6.2), die methodische Triangulation (5.9), die Entwicklung trennscharfer Kategorien mit expliziter theoretischer Fundierung (7.12-7.14) und die Anwendung überdurchschnittlich vieler Maßnahmen der Qualitätssicherung (8.2-8.4; vgl. Göhner & Krell, 2020) entgegengewirkt. Zudem beschränkten sich bisherige Studien, die den Zeichenprozess in den Blick nahmen, vor allem auf das Zeichnen auf Grundlage von Texten und nahmen nur Selbst-Monitoring-Ereignisse oder Denkprozesse der Lernenden in den Blick, ohne die Sichtstruktur näher zu betrachten (3.6). Neben der Konstruktion von Ablaufdiagrammen betrachtete die Studie dieser Arbeit ferner die Konstruktion von mikroskopischen Zeichnungen und leistet damit einen wichtigen Beitrag in einem bislang von der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung wenig erschlossenen Feld, nämlich der Konstruktion von Zeichnungen auf Grundlage von Beobachtungen. Darüber hinaus war die hier vorgestellte Studie in der Lage, prozess- und schwierigkeitsbezogenes Grundlagenwissen zum Zeichnen zu generieren, während in der Literatur bislang an vielen Stellen meist nur flüchtig von Schwierigkeiten im Konstruktionszusammenhang sowie vom nicht-linearen bzw. rekursiven Zeichenprozess gesprochen wurden (vgl. Fiorella & Mayer, 2015; Leutner & Schmeck, 2014, 2022; van Meter & Firetto, 2013), ohne näher zu spezifizieren, was diese genau umfassen. Die gewonnenen Erkenntnisse schaffen damit auch die Grundlage für weiterführende Untersuchungsansätze, insbesondere im Zusammenhang mit der Selektion geeigneter Unterstützungsmaßnahmen (10.5.1). Die Systematisierung der Schwierigkeiten bzw. Fehler liefert hierfür eine Orientierung und ermöglicht die Verortung zugehöriger Maßnahmen. In Ergänzung dazu liefern die tätigkeitsbezogenen Kategoriensysteme erstmals Instrumente zur lückenlosen Beschreibung des Zeichenprozesses auf Grundlage von Texten und Beobachtungen, die es erlauben, die Prozessstruktur sichtbar und zwischen Fällen oder Gruppen vergleichbar zu machen (10.5.1). Mit Blick auf die Unterrichtspraxis konnten weitere Implikationen formuliert werden (10.5.2). Besonders hervorzuheben ist hierbei das gewonnene Wissen über typische Schülerfehler, das zur Unterrichtsgestaltung beitragen und den Ausgangspunkt einer individuellen Förderung darstellen kann (Schumacher, 2008; 10.5.2).

Literaturverzeichnis

- Acevedo Nistal, A., Dooren, W., Clarebout, G., Elen, J. & Verschaffel, L. (2009). Conceptualising, investigating and stimulating representational flexibility in mathematical problem solving and learning: a critical review. *ZDM Mathematics Education*, 41, 627–636. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0189-1>
- Adamzik, K. (2010). *Sprache: Wege zum Verstehen* (3. Aufl.). Narr Francke Attempto Verlag.
- ADD. (2021). *Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion Rheinland-Pfalz. Genehmigung von wissenschaftlichen Untersuchungen an Schulen*. <https://add.rlp.de/de/themen/schule/informationen-fuer-eltern-schuelerinnen-und-buerger/genuehmigung-von-wissenschaftlichen-untersuchungen/>
- Adesope, O. O., Nesbit, J. C. & Sundararajan, N. K. (2022). The mapping principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3. Aufl., S. 351–359). Cambridge University Press.
- Ainsworth, S. E. (1999). The functions of multiple representations. *Computers & Education*, 33(2-3), 131-152.
- Ainsworth, S. E. (2010). Improving learning by drawing. In S. Goldman, J. Pellegrino, K. Gomez, L. Lyons & J. Radinsky (Hrsg.), *Learning in the disciplines: Proceedings of the 9th International Conference of the Learning Sciences (ICLS 2010)* (S. 167–168). International Society of the Learning Sciences.
- Ainsworth, S. E. & Iacovides, I. (2005). Learning by constructing self-explanation diagrams. In *11th Biennial Conference of European Association for Research on Learning and Instruction*. <http://oro.open.ac.uk/47231/1/Learning%20by%20constructing%20SE%20diagrams.pdf>
- Ainsworth, S. E. & Newton, L. (2014). Teaching and researching visual representations: Shared vision or divided worlds? In B. Eilam & J. K. Gilbert (Hrsg.), *Science teachers' use of visual representations* (S. 29–49). Springer Verlag.
- Ainsworth, S. E., Prain, V. & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333(6046), 1096–1097. <https://doi.org/10.1126/science.1204153>
- Ainsworth, S. E. & Scheiter, K. (2021). Learning by drawing visual representations: Potential, purposes, and practical implications. *Current Directions in Psychological Science*, 30(1), 61–67. <https://doi.org/10.1177/0963721420979582>
- Alesandrini, K. L. (1981). Pictorial-verbal and analytic-holistic learning strategies in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 73(3), 358–368. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.73.3.358>
- Alias, M., Gray, D. E. & Black, T. R. (2002). Attitudes towards sketching and drawing and the relationship with spatial visualisation ability in engineering students. *International Education Journal*, 3(2), 165-175.
- Ameln, F. von. (2004). *Konstruktivismus: Die Grundlagen systemischer Therapie, Beratung und Bildungsarbeit*. A. Francke Verlag.
- Anderson, J. L., Ellis, J. P. & Jones, A. M. (2014). Understanding early elementary children's conceptual knowledge of plant structure and function through drawings. *CBE - Life Sciences Education*, 13(3), 375–386. <https://doi.org/10.1187/cbe.13-12-0230>
- Anning, A. (1999). Learning to draw and drawing to learn. *International Journal of Art*, 18(2), 163–172. <https://doi.org/10.1111/1468-5949.00170>
- Arndt, K. (2016). *Experimentierkompetenz erfassen: Analyse von Prozessen und Mustern am Beispiel von Lehramtsstudierenden der Chemie*. Logos Verlag.
- Atkinson, R. C. & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K. Spence (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation (Vol 2.)* (S. 89–195). Academic Press.

- Baddeley, A. D. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.
<https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417–423. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01538-2](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01538-2)
- Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, 4, 829–839. <https://doi.org/10.1038/nrn1201>
- Baddeley, A. D. (2020). Working memory. In A. D. Baddeley, M. W. Eysenck & M. C. Anderson (Hrsg.), *Memory* (3. Aufl., S. 71–110). Routledge.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47–89. [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(08\)60452-1](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(08)60452-1)
- Baker, L. (1979). Comprehension monitoring: Identifying and coping with text confusions. *Journal of Reading Behavior*, 11(4), 365–374.
<https://doi.org/10.1080/10862967909547342>
- Balemans, M. C. M., Kooloos, J. G. M., Donders, A. R. T. & van der Zee, C. E. E. M. (2016). Actual drawing of histological images improves knowledge retention. *Anatomical Sciences Education*, 9, 60–70. <https://doi.org/10.1002/ase.1545>
- Bartoszeck, A. B. & Tunnicliffe, S. D. (2017). Development of biological literacy through drawing organisms. In P. Katz (Hrsg.), *Drawing for science education: An international perspective* (S. 55–65). Sense Publishers.
- Bergau, M., Beuren, A., Bohm, I., Ganz, G., Hagen, G., Lissé-Thöneböhn, C., Prechtel, H., Schäfer, B., Seitz, H.-J., Thomas, B. & Willmer-Klumpp, C. (2007). *Prisma Biologie 7-10: Ausgabe A, Teilband 1*. Klett Verlag.
- Bernhardt, S. (2018). *Fachdidaktische Analyse des kognitiven Potentials von Konstruktionsaufgaben und Repräsentationsformen in Biologieschulbüchern*. Universität Koblenz-Landau, Landau.
- Bezemer, J. & Kress, G. (2016). *Multimodality, learning and communication: A social semiotic frame*. Routledge.
- Björnsson, C. H. (1968). *Läsbarhet*. Liber.
- Blunt, W. & Stearn, W. T. (1994). *The art of botanical illustration: An illustrated history*. Dover Publications.
- BMBF. (2004). *Bundesministerium für Bildung und Forschung. Bildungsreform Band 6. Konzeptionelle Grundlagen für einen Nationalen Bildungsbericht - Non-formale und informelle Bildung im Kindes- und Jugendalter*.
- BMUK. (2018). *Bundesministers für Unterricht und Kunst. Lehrpläne - allgemeinbildende höhere Schulen*.
- Bonerad, E.-M. (2012). *Einflussfaktoren von Leseaktivitäten und Leseverständnis: Kausale Modelle für Erwachsene und Kinder*. Universität Zürich, Zürich.
- Borsum, W. (1987). Die Schülerzeichnung im Sachunterricht. *Unterricht Biologie*, 11(123), 42–44.
- Brandenberg, V. (2006). *Rechtliche und wirtschaftliche Aspekte des Verlegens von Schulbüchern - mit einer Fallstudie zum bayerischen Zulassungsverfahren*. Buchwissenschaft.
- Brandstetter-Korinth, M. (2016). *Abbildungen im Biologieunterricht*. Logos Verlag.
- Braune, W., Leman, A. & Taubert, H. (2007). *Pflanzenanatomisches Praktikum I: Zur Einführung in die Anatomie der Samenpflanzen* (9. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-3-8274-2290-3>
- Bremer, K. & Müller, M. (2021). *Sprache, Wissen und Gesellschaft: Eine Einführung in die Linguistik des Deutschen*. Walter de Gruyter.

- Brennan, R. L. & Prediger, D. J. (1981). Coefficient Kappa: Some uses, misuses, and alternatives. *Educational and Psychological Measurement*, 41(3), 687–699.
<https://doi.org/10.1177/001316448104100307>
- Bresinsky, A., Strasburger, E., Körner, C., Kadereit, J. W., Neuhaus, G. & Sonnewald, U. (2008). *Strasburger: Lehrbuch der Botanik* (36. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag.
- Brooks, M. (2009). Drawing, visualisation and young children's exploration of "big ideas". *International Journal of Science Education*, 31(3), 319–341.
<https://doi.org/10.1080/09500690802595771>
- Brown, G. T. L. & Harris, L. R. (2013). Student self-assessment. In J. H. McMillan (Hrsg.), *SAGE handbook of research on classroom assessment* (S. 367–393). Sage Publications.
- Bruce, V. & Young, A. (1986). Understanding face recognition. *British Journal of Psychology*, 77, 305–327. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1986.tb02199.x>
- Brumm, A., Oktaviana, A. A., Burhan, B., Hakim, B., Lebe, R., Zhao, J.-X., Sulistyarto, P. H., Ririmasse, M., Adhityatama, S., Sumantri, I. & Aubert, M. (2021). Oldest cave art found in Sulawesi. *Science Advances*, 7(3). <https://doi.org/10.1126/sciadv.abd4648>
- Brunner, L. (2018). *Qualitative Analyse bildlicher Repräsentationsformen und Konstruktionsaufgaben in Biologieschulbüchern*. Universität Koblenz-Landau, Landau.
- BSCS. (2006). *Biological Sciences Curriculum Study: BSCS Biology: A human approach (teacher guide)* (3. Aufl.). Kendall Hunt Pub Co.
- Buchner, A. & Brandt, M. (2017). Gedächtniskonzeptionen und Wissensrepräsentationen. In J. Müsseler & M. Rieger (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (3. Aufl., S. 401–434). Springer Verlag.
- Cainey, J., Humphrey, L. & Bowker, R. (2017). Drawing experiences in marine conservation. In P. Katz (Hrsg.), *Drawing for science education: An international perspective* (S. 97–109). Sense Publishers.
- Campbell, N. A., Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. & Jackson, R. B. (2016). *Biologie* (10. Aufl.). Pearson Studium.
- Chandler, D. (2022). *Semiotics: The basics* (4. Aufl.). Routledge.
- Chandler, P. & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2
- Cheng, M. M. W. & Gilbert, J. K. (2015). Students' visualization of diagrams representing the human circulatory system: The use of spatial isomorphism and representational conventions. *International Journal of Science Education*, 37(1), 136–161.
<https://doi.org/10.1080/09500693.2014.969359>
- Chmarkh, M. (2021). 'Writing to learn' research: A synthesis of empirical studies (2004–2019). *European Journal of Educational Research*, 10(1), 85–96.
<https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.1.85>
- Cirkony, C., Tytler, R. & Hubber, P. (2022). Designing and delivering representation-focused science lessons in a digital learning environment. *Educational Technology Research and Development*, 70(3), 881–908. <https://doi.org/10.1007/s11423-022-10094-z>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20(1), 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Cohen, J. (1968). Weighted kappa: Nominal scale agreement with provision for scaled disagreement or partial credit. *Psychological Bulletin*, 70(4), 213–220.
<https://doi.org/10.1037/h0026256>

- Cohn, N. (2012). Explaining "I can't draw": Parallels between the structure and development of language and drawing. *Human Development*, 55(4), 167–192.
<https://doi.org/10.1159/000341842>
- Colliot, T. & Jamet, É. (2018). Does self-generating a graphic organizer while reading improve students' learning? *Computers & Education*, 126, 13–22.
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.06.028>
- Colliot, T. & Jamet, É. (2019). Asking students to be active learners: The effects of totally or partially self-generating a graphic organizer on students' learning performances. *Instructional Science*, 47, 463–480. <https://doi.org/10.1007/s11251-019-09488-z>
- Coopmans, C., Vertesi, J., Lynch, M. & Woolgar, S. (Hrsg.). (2014). *Representation in scientific practice revisited*. The MIT Press.
- Cox, R. (1999). Representation construction, externalised cognition and individual differences. *Learning and Instruction*, 9(4), 343–363. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(98\)00051-6](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(98)00051-6)
- Croft, W. J. (2006). *Under the microscope: A Brief History of Microscopy*. World Scientific Publishing.
- Cromley, J. G., Du, Y. & Dane, A. P. (2020). Drawing-to-learn: Does meta-analysis show differences between technology-based drawing and paper-and-pencil drawing? *Journal of Science Education and Technology*, 29(2), 216–229.
<https://doi.org/10.1007/s10956-019-09807-6>
- Cummins, J. (1979). Cognitive/academic language proficiency, linguistic interdependence, the optimum age question and some other matters. *Working Papers on Bilingualism*(19), 121–129.
- Daniel, K. L., Bucklin, C. J., Austin Leone, E. & Idema, J. (2018). Towards a definition of representational competence. In K. L. Daniel (Hrsg.), *Towards a framework for representational competence in science education* (Bd. 11, S. 3–11). Springer Verlag.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-89945-9_1
- Deci, E. L. & Ryan, R. M. (1993). Die Selbstbestimmungstheorie der Motivation und ihre Bedeutung für die Pädagogik. *Zeitschrift für Pädagogik*, 39, 223–238.
<https://doi.org/10.25656/01:11173>
- D-EDK. (2014). *Deutschschweizer Erziehungsdirektoren-Konferenz. Lehrplan 21: Mensch, Natur, Gesellschaft*.
- Defeyter, M. A., Russo, R. & McPartlin, P. L. (2009). The picture superiority effect in recognition memory: A developmental study using the response signal procedure. *Cognitive Development*, 24(3), 265–273. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2009.05.002>
- Dempsey, B. C. & Betz, B. J. (2001). Biological drawing: A scientific tool for learning. *The American Biology Teacher*, 63(4), 271–279. <https://doi.org/10.2307/4451099>
- Desnoyers, L. (2011). Toward a taxonomy of visuals in science communication, 58(2), 119–134.
- Dikmenli, M. (2010). Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis. *Scientific Research and Essays*, 5(2), 235–247.
- diSessa, A. A. (2004). Metarepresentation: Native competence and targets for instruction. *Cognition and Instruction*, 22(3), 293–331.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci2203_2
- diSessa, A. A. & Sherin, B. L. (2000). Meta-representation: An introduction. *Journal of Mathematical Behavior*, 19(4), 385–398. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(01\)00051-7](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(01)00051-7)
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (5. Aufl.). Springer Verlag.

- Dresing, T. & Pehl, T. (2010). Transkription. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 723–733). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Dudenredaktion. (o. J.). "Zeichnen" auf Duden online. <https://www.duden.de/rechtschreibung/zeichnen> (Abrufdatum: 15.03.2022)
- Düsing, K., Asshoff, R. & Hammann, M. (2019). Students' conceptions of the carbon cycle: Identifying and interrelating components of the carbon cycle and tracing carbon atoms across the levels of biological organisation. *Journal of Biological Education*, 53(1), 110–125. <https://doi.org/10.1080/00219266.2018.1447002>
- Eilam, B. & Gilbert, J. K. (Hrsg.). (2014a). *Science teachers' use of visual representations*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-06526-7>
- Eilam, B. & Gilbert, J. K. (2014b). The significance of visual representations in teaching of science. In B. Eilam & J. K. Gilbert (Hrsg.), *Science teachers' use of visual representations* (S. 3–28). Springer Verlag.
- Engl, L. (2017). *Bedeutung des Protokollierens für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess*. Universität Koblenz-Landau, Landau.
- Ericsson, K. A. & Simon, H. A. (1993). *Protocol analysis: Verbal reports as data*. MIT Press.
- Fan, J. E. (2015). Drawing to learn: How producing graphical representations enhances scientific thinking. *Translational Issues in Psychological Science*, 1(2), 170–181. <https://doi.org/10.1037/tps0000037>
- Fava, M. (2011). Developing a cognitive model of observational drawing. In *Thinking through drawing: Practice into knowledge: Proceedings of an interdisciplinary symposium on drawing, cognition and education*, Teachers College, Columbia University, New York.
- Feld, L. (2016). *Einstellungen von Biologielehrkräften zum Zeichnen – Ein Vergleich von angehenden und erfahrenen Lehrkräften*. Universität Koblenz-Landau, Landau.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity: Eight learning strategies that promote understanding*. Cambridge University Press.
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 717–741. <https://doi.org/10.1007/s10648-015-9348-9>
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2017). Spontaneous spatial strategy use in learning from scientific text. *Contemporary Educational Psychology*, 49, 66–79. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2017.01.002>
- Fiorella, L. & Mayer, R. E. (2022). The generative activity principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3. Aufl., S. 339–350). Cambridge University Press.
- Fiorella, L. & Zhang, Q. (2018). Drawing boundary conditions for learning by drawing. *Educational Psychology Review*, 30(3), 1115–1137. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8>
- Fischler, H., Gebhard, U. & Rehm, M. (2018). Naturwissenschaftliche Bildung und Scientific Literacy. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 11–29). Springer Spektrum.
- Flick, U. (2010). Gütekriterien qualitativer Forschung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 395–407). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Flick, U. (2011). *Triangulation: Eine Einführung* (3. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Fox, J. E. & Lee, J. (2013). When children draw vs when children don't: exploring the effects of observational drawing in science. *Creative Education*, 4(7), 11–14. <https://doi.org/10.4236/ce.2013.47A1002>

- Freundner-Huneke, I., Möllers, R., Schulz, S. & Zeeb, A. (2015). *Erlebnis Biologie: Ein Lehr- und Arbeitsbuch*. Schroedel Verlag.
- Fryer, C. W. & Koivula, J. I. (1985). The eyepiece pointer: A useful microscope accessory. *Gems & Gemology*, 21(2).
- Funke, J. & Spering, M. (2006). Methoden der Denk- und Problemlöseforschung. In J. Funke (Hrsg.), *Denken und Problemlösen* (S. 647–744). Hogrefe Verlag.
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. In J. K. Gilbert, M. Reiner & M. Nakhleh (Hrsg.), *Visualization: Theory and practice in science education* (S. 3–24). Springer Verlag.
https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_1
- Gilbert, J. K. (2013). Representations and models. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber & B. Waldrip (Hrsg.), *Constructing representations to learn in science* (S. 193–198). SensePublishers.
- Gläser, J. & Laudel, G. (2009). *Experteninterviews und qualitative Inhaltsanalyse als Instrumente rekonstruierender Untersuchungen* (3. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Gobert, J. D. (2005). The effects of different learning tasks on model-building in plate tectonics: Diagramming versus explaining. *Journal of Geoscience Education*, 53(4), 444–455.
- Gobert, J. D. & Clement, J. J. (1999). Effects of student-generated diagrams versus student-generated summaries on conceptual understanding of causal and dynamic knowledge in plate tectonics. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(1), 39–53.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199901\)36:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199901)36:1<39::AID-TEA4>3.0.CO;2-I)
- Gogolin, I. & Lange, I. (2011). Bildungssprache und Durchgängige Sprachbildung. In S. Fürstenau & G. Mechtild (Hrsg.), *Migration und schulischer Wandel: Mehrsprachigkeit* (S. 107–127). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Göhner, M. & Krell, M. (2020). Qualitative Inhaltsanalyse in naturwissenschaftsdidaktischer Forschung unter Berücksichtigung von Gütekriterien: Ein Review. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 26(1), 207–225.
<https://doi.org/10.1007/s40573-020-00111-0>
- Gould, P. & White, R. (1986). *Mental maps* (2. Aufl.). Routledge.
- Gräber, W. & Nentwig, P. (2002). Scientific Literacy - Naturwissenschaftliche Grundbildung in der Diskussion. In W. Gräber, P. Nentwig, T. Koballa & R. Evans (Hrsg.), *Scientific Literacy: Der Beitrag der Naturwissenschaften zur Allgemeinen Bildung* (S. 7–20). Leske + Budrich.
- Greßler, A., Zimmermann, S., Weislogel, K., Pfeiffer, M. & Dierkes, P. (2017). Virtuelle Mikroskopie - Eine Zukunftsperspektive für den Biologieunterricht in der Schule? Virtual microscopy - A future perspective for biology education in school? *Journal für Didaktik der Naturwissenschaften und der Mathematik*(1), 20–34.
- Gropengießer, H. (1987). Mikroskopisches Sehen und Zeichnen. *Unterricht Biologie*, 12(129), 48–50.
- Gropengießer, H. (2020a). Beobachten. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 273–277). Aulis Verlag.
- Gropengießer, H. (2020b). Erkunden und Erkennen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 268–272). Aulis Verlag.
- Gropengießer, H. (2020c). Lernaufgaben entwickeln. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 243–250). Aulis Verlag.
- Gropengießer, H. (2020d). Mikroskopieren. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 278–283). Aulis Verlag.

- Gropengießer, H., Kattmann, U. & Krüger, D. (2012). *Biologiedidaktik in Übersichten*. Aulis Verlag.
- Grospietsch, F., Ziepprecht, K. & Schwanewedel, J. (2021). Von der Erhebung des Lernstrategierepertoires zur praktischen Unterstützung von Schüler*innen beim Lesen biologischer Sachtexte. In 23. *Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBIO*.
- Gruber, T. (2011). *Gedächtnis*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Guérin, F., Ska, B. & Belleville, S. (1999). Cognitive processing of drawing abilities. *Brain and cognition*, 40(3), 464–478. <https://doi.org/10.1006/brcg.1999.1079>
- Halverson, K. L. (2011). Improving tree-thinking one learnable skill at a time. *Evolution: Education and Outreach*, 4(1), 95–106. <https://doi.org/10.1007/s12052-010-0307-0>
- Hammond, T., Valentine, S., Adler, A. & Payton, M. (Hrsg.). (2015). *The impact of pen and touch technology on education*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-15594-4>
- Hannemann, M. (2018). *Qualitative Analyse zur Vielfalt bildlicher Repräsentationen sowie zu Konstruktions- und Interpretationsaufgaben in Biologieschulbüchern der Sekundarstufe II*. Universität Koblenz-Landau, Landau.
- Harms, U. (2020). Schülerleistungen beurteilen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 251–265). Aulis Verlag.
- Hattie, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Haugwitz, M., Nesbit, J. C. & Sandmann, A. (2010). Cognitive ability and the instructional efficacy of collaborative concept mapping. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 536–543.
- Hausfeld, R. & Schulenberg, W. (2007). *Bioskop*. Westermann Verlag.
- Hausfeld, R. & Schulenberg, W. (2015). *Bioskop*. Westermann Verlag.
- Hegele, M. & Sülzenbrück, S. (2017). Motorisches Lernen. In J. Müsseler & M. Rieger (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (3. Aufl., S. 707–748). Springer Verlag.
- Hempel, C. G. & Oppenheim, P. (1936). *Der Typusbegriff im Lichte der neuen Logik: Leiden: A.W.Sijt Hoff's Uitgeversmaatschappij N.V.*
- Hentschel, K. (2014). *Visual cultures in science and technology: A comparative history*. Oxford University Press.
- Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S. & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *Journal of the Learning Sciences*, 16(3), 307–331. <https://doi.org/10.1080/10508400701413401>
- Holthusen, K. (2002). Zeichnen im Biologieunterricht: Methode zur Ermittlung von Schülervorstellungen zur Nachhaltigkeit. In H. Vogt & C. Retzlaff-Fürst (Hrsg.), *Erkenntnisweg Biologiedidaktik*. Universität Rostock.
- Honomichl, K., Risler, H. & Rupprecht, R. (2013). *Wissenschaftliches Zeichnen in der Biologie und verwandten Disziplinen* (2. Aufl.). Springer Verlag.
- Horz, H. (2020). Medien. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (3. Aufl., S. 133–159). Springer Verlag.
- Hubber, P., Tytler, R. & Haslam, F. (2010). Teaching and learning about force with a representational focus: Pedagogy and teacher change. *Research in Science Education*, 40, 5–28. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9154-9>
- Huber, G. L. & Mandl, H. (1994). Verbalisierungsmethoden zur Erfassung von Kognitionen im Handlungszusammenhang. In G. L. Huber & H. Mandl (Hrsg.), *Verbale Daten: Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung* (2. Aufl., S. 11–42). Beltz Verlag.

- Hübner, S., Merk, G. & Scholz, K. (2015). *Biosphäre*. Cornelsen Verlag.
- Jäger, R. S. (2007). *Beobachten, beurteilen und fördern! Lehrbuch für die Aus-, Fort- und Weiterbildung*. Verlag Empirische Pädagogik.
- Jäkel, L. (2012). Working with the microscope as a problem solving process. In C. Bruguière, A. Tiberghien & P. Clément (Hrsg.), *Proceedings of the ESERA 2011 Conference: Science learning and citizenship. Part: Pre-service science teacher education* (89-94).
- Jäkel, L. & Gerwien, J. (2017). Entwicklung eines Werkzeugs zur automatischen Evaluation der Performanz beim Mikroskopieren. In *Internationale Tagung der Fachsektion Didaktik der Biologie (FDdB) im VBio*, Halle an der Saale.
- Jakob, A. (2001). Möglichkeiten und Grenzen der Triangulation quantitativer und qualitativer Daten am Beispiel der (Re-) Konstruktion einer Typologie erwerbsbiographischer Sicherheitskonzepte. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research*, 2(1).
- Jiménez-Aleixandra, M. P., Díaz de Bustamante, J. & Duschl, R. A. (1999). Plant, animal or thief? Solving problems under the microscope. In M. Bandiera, S. Caravita, E. Torracca & M. Vicentini (Hrsg.), *Research in science education in Europe* (S. 31–39). Springer Verlag.
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 19(3), 71–73.
- Jong, T. de (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instructional Science*, 38(2), 105–134.
<https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
- Jüngst, K. L. (1998). Lerneffekte computerunterstützten Durcharbeitens von Concept Maps und Texten. In G. Dörr & K. L. Jüngst (Hrsg.), *Lernen mit Medien: Ergebnisse und Perspektiven zu medial vermittelten Lehr- und Lernprozessen* (S. 25–44). Juventa-Verl.
- Kadereit, J. W., Körner, C., Nick, P. & Sonnewald, U. (2021). *Strasburger – Lehrbuch der Pflanzenwissenschaften* (38. Aufl.). Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-61943-8>
- Kambach, M. (2018). *Experimentierprozesse von Lehramtsstudierenden der Biologie: Eine Videostudie*. Logos Verlag.
- Kattmann, U. (2020a). Begründung des Biologieunterrichts. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 24–28). Aulis Verlag.
- Kattmann, U. (2020b). Brückenfach Biologie. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 144–147). Aulis Verlag.
- Kattmann, U. (2020c). Diagramme. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 360–377). Aulis Verlag.
- Katz, P. (2017). Introduction: Drawing and science are inseparable. In P. Katz (Hrsg.), *Drawing for science education: An international perspective* (S. 1–8). Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6300-875-4_1
- Kaup, B. & Dudschig, C. (2017). Sätze und Texte verstehen und produzieren. In J. Müsseler & M. Rieger (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (3. Aufl., S. 467–530). Springer Verlag.
- Kelle, U. & Kluge, S. (2010). *Vom Einzelfall zum Typus: Fallvergleich und Fallkontrastierung in der qualitativen Sozialforschung* (2. Aufl.). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kerslake, D. (1981). Graphs. In K. M. Hart (Hrsg.), *Children's understanding of mathematics: 11-16* (S. 120–136). John Murray.
- Khan, M. (2012). *The Transmission Electron Microscope*. InTech.
- Killermann, W., Hiering, P. & Starosta, B. (2013). *Biologieunterricht heute: Eine moderne Fachdidaktik* (15. Aufl.). Auer Verlag.

- Klauer, K. J. (1987). Fördernde Notengebung durch Benotung unter drei Bezugsnormen. In Olechowski, Richard: Persy, Elisabeth (Hrsg.), *Fördernde Leistungsbeurteilung: Ein Symposium* (S. 180–206). Jugend und Volk.
- Klein, W. (2001). Deiktische Orientierung. In M. Haspelmath, E. König, W. Oesterreicher & W. Raible (Hrsg.), *Sprachtypologie und sprachliche Universalien* (S. 575–590). Walter de Gruyter.
- KMK. (2005). *Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10)*. Wolters Kluwer.
- KMK. (2020). *Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Wolters Kluwer.
- Knippels, M.-C. P. J. (2002). *Coping with the abstract and complex nature of genetics in biology education. The yo-yo learning and teaching strategy*. CD-ß Press.
- Knorr, P. (2013). Zur Differenzierung retrospektiver verbaler Daten: Protokolle Lauten Erinnerns erheben, verstehen und analysieren. In K. Aguado & Heine, Lena, Schramm, Karen (Hrsg.), *Kolloquium Fremdsprachenunterricht: Bd. 48. Introspektive Verfahren und Qualitative Inhaltsanalyse in der Fremdsprachenforschung* (S. 31–53). Peter Lang Verlag.
- Knorr, P. & Schramm, K. (2012). Datenerhebung durch Lautes Denken und Lautes Erinnern in der fremdsprachendidaktischen Empirie. Grundlagenbeitrag. In S. Doff (Hrsg.), *Fremdsprachenunterricht empirisch erforschen - Grundlagen - Methoden - Anwendung* (S. 184–201). Narr Verlag.
- Koeppe-Lokai, G. (1996). *Der Prozeß des Zeichnens: Empirische Analysen der graphischen Abläufe bei der Menscharbeit durch vier- bis sechsjährige Kinder*. Waxmann Verlag.
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards - Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54(2), 163–173.
<https://doi.org/10.25656/01:4341>
- Kollmer, J., Schleinschok, K., Scheiter, K. & Eitel, A. (2020). Is drawing after learning effective for metacognitive monitoring only when supported by spatial scaffolds? *Instructional Science*, 48(5), 569–589. <https://doi.org/10.1007/s11251-020-09521-6>
- Konopka, H.-P. (2015). *Linder-Biologie. Rheinland-Pfalz, Sek I*. Schroedel Verlag.
- Konrad, K. (2007). Wissenskonstruktion in Dyaden: Förderung und Konsequenzen für den Lernerfolg. *Unterrichtswissenschaft*, 35(3), 255–282.
- Konrad, K. (2010). Lautes Denken. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 476–490). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Köse, S. (2008). Diagnosing student misconceptions: Using drawings as a research method. *World Applied Sciences Journal*, 3(2), 283–293.
- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain: The resolution of the imagery debate*. The MIT Press.
- Kozma, R., Chin, E., Russell, J. & Marx, N. (2000). The roles of representations and tools in the chemistry laboratory and their implications for chemistry learning. *Journal of the Learning Sciences*, 9(2), 105–143.
https://doi.org/10.1207/s15327809jls0902_1
- Kozma, R. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(9), 949–968. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199711\)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199711)34:9<949::AID-TEA7>3.0.CO;2-U)

- Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students becoming chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Hrsg.), *Visualization in science education* (S. 121–145). Springer Verlag.
- Krey, O. & Schwanewedel, J. (2018). Lernen mit externen Repräsentationen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 159–175). Springer Spektrum.
- Krippendorff, K. (1980). *Content analysis. An introduction to its methodology*. Sage Publications.
- Krüger, D. & Riemeier, T. (2014). Die qualitative Inhaltsanalyse – eine Methode zur Auswertung von Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 133–145). Springer Spektrum.
- Krüger, D. & Vogt, H. (2007). Es gibt nichts Praktischeres als eine gute Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 1–7). Springer Verlag.
- Kuckartz, U. (2010). Typenbildung. In G. Mey & K. Mruck (Hrsg.), *Handbuch Qualitative Forschung in der Psychologie* (S. 553–568). VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kuckartz, U. (2018). *Qualitative Inhaltsanalyse. Methoden, Praxis, Computerunterstützung* (4. Aufl.). Beltz Juventa.
- Lachmayer, S. (2008). *Entwicklung und Überprüfung eines Strukturmodells der Diagrammkompetenz für den Biologieunterricht*. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Lachmayer, S., Nerdel, C. & Prectl, H. (2007). Modellierung kognitiver Fähigkeiten beim Umgang mit Diagrammen im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 13, 145–160.
- Landis, J. R. & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33(1), 159. <https://doi.org/10.2307/2529310>
- Langer, I., Schulz von Thun, F. & Tausch, R. (2015). *Sich verständlich ausdrücken* (10. Aufl.). Reinhardt Verlag.
- Lee, C. B., Hanham, J., Kannangara, K. & Qi, J. (2021). Exploring user experience of digital pen and tablet technology for learning chemistry: Applying an activity theory lens. *Heliyon*, 7(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06020>
- Lehnert, H.-J. & Köhler, K. (2013). Welche Medien werden im Biologieunterricht genutzt? In U. Spörhase (Hrsg.), *Biologie-Didaktik: Praxishandbuch für die Sekundarstufe I und II* (6. Aufl., S. 152–174). Cornelson Verlag.
- Leisen, J. (2015). Fachlernen und Sprachlernen! Bringt zusammen, was zusammen gehört! *MNU Heft*, 68(3), 132–137.
- Lemke, J. L. (1998). Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions. Vorab-Onlinepublikation. <https://doi.org/10.13140/2.1.4022.5608>
- Lemke, J. L. (2004). The literacies of science. In E. W. Saul (Hrsg.), *Crossing borders in literacy and science instruction: Perspectives on theory and practice* (S. 33–47). International Reading Association.
- Leontjew, A. N. (1979). *Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit*. Volk und Wissen.
- Leopold, C. (2009). *Lernstrategien und Textverstehen: Spontaner Einsatz und Förderung von Lernstrategien*. Waxmann Verlag.
- Leopold, C. & Leutner, D. (2012). Science text comprehension: Drawing, main idea selection, and summarizing as learning strategies. *Learning and Instruction*, 22(1), 16–26. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.05.005>
- Leopold, C. & Leutner, D. (2015). Improving students' science text comprehension through metacognitive self-regulation when applying learning strategies. *Metacognition and Learning*, 10(3), 313–346. <https://doi.org/10.1007/s11409-014-9130-2>

- Lerner, N. (2007). Drawing to learn science: legacies of Agassiz. *Journal of Technical Writing and Communication*, 37(4), 379–394. <https://doi.org/10.2190/W478-M151-4425-GP03>
- Leslie, C. W. (1995). *Nature drawing: A tool for learning*. Kendall/Hunt.
- Leslie, C. W. (2021). *Keeping a nature journal: Deepen your connection with the natural world all around you* (3. Aufl.). Storey Publishing.
- Leutner, D., Leopold, C. & Sumfleth, E. (2009). Cognitive load and science text comprehension: Effects of drawing and mentally imagining text content. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 284–289. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.010>
- Leutner, D. & Schmeck, A. (2014). The generative drawing principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl., S. 433–448). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.022>
- Leutner, D. & Schmeck, A. (2022). The drawing principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3. Aufl., S. 360–369). Cambridge University Press.
- Levin, J. R. & Mayer, R. E. (1993). Understanding illustrations in text. In B. K. Britton, A. Woodward & M. Binkley (Hrsg.), *Learning from textbooks: Theory and practice* (S. 95–113). Lawrence Erlbaum Associates.
- List, A. (2019). Drawing is integrating: An examination of students' graphic representations of multiple texts. *Reading Psychology*, 40(6), 491–524. <https://doi.org/10.1080/02702711.2019.1629517>
- Lohse, G. L., Biolsi, K., Walker, N. & Rueter, H. H. (1994). A classification of visual representations. *Communications of the ACM*, 37(12), 36–49. <https://doi.org/10.1145/198366.198376>
- Lorblanchet, M. (2001). *Höhlenmalerei: Ein Handbuch* (2. Aufl.). Jan Thorbecke Verlag.
- Losang, E. (2018). Immer Ärger mit der Technik. Auf der Spur eines gespannten Verhältnisses. In F. Meyer, J. Miggelbrink & K. Beurskens (Hrsg.), *Ins Feld und zurück - Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie* (S. 65–74). Springer Berlin Heidelberg.
- Lowe, R. & Mason, L. (2017). Self-generated drawing: A help or hindrance to learning from animation? In R. Lowe & R. Plötzner (Hrsg.), *Learning from dynamic visualization: Innovations in research and application* (S. 309–331). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-56204-9_13
- Lüttge, U., Kluge, M. & Bauer, G. (2005). *Botanik* (5. Aufl.). Wiley-VCH.
- Lynch, M. & Woolgar, S. (Hrsg.). (1990). *Representation in scientific practice*. MIT Press.
- Maienschein, J. (2014). *Embryos under the microscope: The diverging meanings of life*. Harvard University Press.
- Mann, A.-M., Hinrichs, U. & Quigley, A. (2015). Digital pen technology's suitability to support handwriting learning. In T. Hammond, S. Valentine, A. Adler & M. Payton (Hrsg.), *The impact of pen and touch technology on education* (S. 7–22). Springer Verlag.
- Marr, D. (1982). *Vision: A computational investigation into the human representation and processing of visual information*. Freeman and Company.
- Mason, L., Lowe, R. & Tornatora, M. C. (2013). Self-generated drawings for supporting comprehension of a complex animation. *Contemporary Educational Psychology*, 38(3), 211–224. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2013.04.001>
- Mayer, J. (2020). Erkenntnisse mit naturwissenschaftlichen Methoden gewinnen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 56–61). Aulis Verlag.

- Mayer, R. E. (1993). Illustrations that instruct. In R. Glaser (Hrsg.), *Advances in instructional psychology* (S. 253–284). Lawrence Erlbaum Associates.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 31–48). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3. Aufl.). Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2022). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3. Aufl., S. 57–72). Cambridge University Press.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken* (12. Aufl.). Beltz Verlag.
- Mayring, P. (2016). *Einführung in die qualitative Sozialforschung: Eine Anleitung zu qualitativem Denken* (6. Aufl.). Beltz Verlag.
- Meier, M. (2015). *Entwicklung und Prüfung eines Instrumentes zur Diagnose der Experimentierkompetenz von Schülerinnen und Schülern*. Logos Verlag.
- Mevarech, Z. R. & Kramarski, B. (1997). From verbal descriptions to graphic representations: Stability and change in students' alternative conceptions. *Educational Studies in Mathematics*, 32(3).
- Meyer, F. (2018). Yes, we can(?) Kommunikative Validierung in der qualitativen Forschung. In F. Meyer, J. Miggelbrink & K. Beurskens (Hrsg.), *Ins Feld und zurück - Praktische Probleme qualitativer Forschung in der Sozialgeographie* (S. 163–168). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-662-55198-1_20
- Meyfarth, S. (2020). Präparate, Bilder und Arbeitsblätter. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 350–359). Aulis Verlag.
- MfBWJK. (2010). *Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur. Rahmenlehrplan Naturwissenschaften für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Klassenstufen 5 und 6*.
- MfBWW. (1998a). *Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Weiterbildung Rheinland-Pfalz. Lehrplan Bildende Kunst für die Klassen 5-9/10 an Hauptschule, Realschule, Gymnasium, Regionale Schule, Gesamtschule*.
- MfBWW. (1998b). *Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung Rheinland-Pfalz. Lehrplan Biologie. Grund- und Leistungsfach Jahrgangsstufen 11 bis 13 der gymnasialen Oberstufe (Mainzer Studienstufe)*.
- MfBWWK. (2014). *Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur. Lehrpläne für die Naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Biologie, Chemie, Physik. Klassenstufe 7 bis 9/10*.
- Mienert, M. & Pitcher, S. (2011). *Pädagogische Psychologie: Theorie und Praxis des Lebenslangen Lernens*. VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological review*, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Münsche, H. (2009). Wissenschaftspropädeutik aus psychologischer Perspektive. Zur Dimensionierung und Konkretisierung eines bildungstheoretischen Konzepts. *TriOS*(2), 61–110.
- Müsseler, J. (2017). Visuelle Informationsverarbeitung. In J. Müsseler & M. Rieger (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (3. Aufl., S. 13–49). Springer Verlag.
- Myers, D. G. & Wilson, J. (2014). Gedächtnis. In D. G. Myers (Hrsg.), *Psychologie* (3. Aufl., S. 327–365). Springer Verlag.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-53158-7>

- Nesbit, J. C. & Adesope, O. O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413–448.
<https://doi.org/10.3102/00346543076003413>
- Neuhaus, B. & Vogt, H. (2005). Dimensionen zur Beschreibung verschiedener Biologielehrertypen auf Grundlage ihrer Einstellung zum Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 11, 73–84.
- Newell, A. & Simon, H. A. (2019). *Human problem solving*. Echo Point Books & Media.
- Niebert, K. & Gropengießer, H. (2014). Leitfadengestützte Interviews. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–132). Springer Spektrum.
- Nitz, S. (2012). *Fachsprache im Biologieunterricht: Eine Untersuchung zu Bedingungsfaktoren und Auswirkungen*. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel.
- Nitz, S. (2016). "More than words" - Fachliche Kommunikation im Biologieunterricht. In A. Sandmann & P. Schmiemann (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Schwerpunkte und Forschungsstände* (47-60). Logos Verlag.
- Norris, S. P. & Phillips, L. M. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240.
<https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- Nöth, W. (2000). *Handbuch der Semiotik* (2. Aufl.). Springer Verlag.
<https://doi.org/10.1007/978-3-476-03213-3>
- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2006). *The theory underlying concept maps and how to construct and use them: Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01- 2008*. Florida Institute for Human and Machine Cognition, Pensacola.
- Novick, L. R. (2006). The importance of both diagrammatic conventions and domain-specific knowledge for diagram literacy in science: The hierarchy as an illustrative case. In D. Barker-Plummer, R. Cox & N. Swoboda (Hrsg.), *Diagrammatic representation and inference* (S. 1–11). Springer Verlag.
- Oakhill, J. & Garnham, A. (1988). *Becoming a skilled reader*. Blackwell.
- OECD. (2019). *Organisation for Economic Co-operation and Development: PISA 2018 Assessment and Analytical Framework*. <https://doi.org/10.1787/b25efab8-en>
- Oliveira, A. W., Brown, A. O., Zhang, W. S., LeBrun, P., Eaton, L. & Yemen, S. (2021). Fostering creativity in science learning: The potential of open-ended student drawing. *Teaching and Teacher Education*, 105, 1–12.
<https://doi.org/10.1016/j.tate.2021.103416>
- Ott, B. (2020). Learner-generated graphic representations for word problems: An intervention and evaluation study in grade 3. *Educational Studies in Mathematics*, 105, 91–113. <https://doi.org/10.1007/s10649-020-09978-9>
- Padilla, M. J., McKenzie, D. L. & Shaw, E. L. (1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20–26. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1986.tb11581.x>
- Palinscar, A. S. & Brown, A. L. (1984). Reciprocal teaching of comprehension-fostering and comprehension-monitoring activities. *Cognition and Instruction*, 1(2), 117–175.
https://doi.org/10.1207/s1532690xci0102_1
- Palmer, S. E. (1978). Fundamental aspects of cognitive representation. In E. Rosch & B. Lloyd (Hrsg.), *Cognition and categorization* (S. 259–303). Lawrence Erlbaum Associates.
- Panagiotopoulos, D., Ainsworth, S. E. & Wigmore, P. (2016). Drawing the body: Medical students understanding of internal organs. In C.-K. Looi, J. Polman, U. Cress & P. Reimann (Hrsg.), *Transforming learning, empowering learners: The International*

- Conference of the Learning Sciences (ICLS) 2016, Volume 2* (S. 1086–1087). International Society of the Learning Sciences.
- Paris, S. G. & Cross, D. R. (1983). Ordinary learning: Pragmatic connections among children's beliefs, motives, and actions. In J. Bisanz, G. L. Bisanz & R. Kail (Hrsg.), *Learning in children: Progress in cognitive development research* (S. 137–169). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-1-4613-9499-0_6
- Paris, S. G. & Myers, M. (1981). Comprehension monitoring, memory, and study strategies of good and poor readers. *Journal of Reading Behavior*, 13(1), 5–22. <https://doi.org/10.1080/10862968109547390>
- Park, J., Tang, K.-S. & Chang, J. (2021). Plan-draw-evaluate (PDE) pattern in students' collaborative drawing: Interaction between visual and verbal modes of representation. *Science Education*, 105(5), 1013–1045. <https://doi.org/10.1002/sce.21668>
- Patrick, P. (2017). Can I get directions to my kidneys please? In P. Katz (Hrsg.), *Drawing for science education: An international perspective* (S. 41–54). Sense Publishers.
- Peirce, C. S. (1906). Prolegomena to an apology for pragmatism. *The Monist*, 16(4), 492–546.
- Pelaez, N. J., Boyd, D. D., Rojas, J. B. & Hoover, M. A. (2005). Prevalence of blood circulation misconceptions among prospective elementary teachers. *Advances in physiology education*, 29(3), 172–181. <https://doi.org/10.1152/advan.00022.2004>
- Pozzer, L. L. & Roth, W.-M. (2003). Prevalence, function, and structure of photographs in high school biology textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(10), 1089–1114. <https://doi.org/10.1002/tea.10122>
- Praetorius, A.-K., Lipowsky, F. & Karst, K. (2012). Diagnostische Kompetenz von Lehrkräften: Aktueller Forschungsstand, unterrichtspraktische Umsetzbarkeit und Bedeutung für den Unterricht. In R. Lazarides & A. Ittel (Hrsg.), *Differenzierung im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht: Implikationen für Theorie und Praxis* (S. 115–146). Klinkhardt.
- Prain, V. & Tytler, R. (2012). Learning through constructing representations in science: A framework of representational construction affordances. *International Journal of Science Education*, 34(17), 2751–2773. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.626462>
- Prain, V. & Waldrip, B. (2006). An exploratory study of teachers' and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1843–1866. <https://doi.org/10.1080/09500690600718294>
- Przyborski, A. & Wohlrab-Sahr, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung: Ein Arbeitsbuch* (4. Aufl.). Oldenbourg Wissenschaftsverlag. <https://doi.org/10.1524/9783486719550>
- Quillin, K. & Thomas, S. (2015). Drawing-to-learn: A framework for using drawings to promote model-based reasoning in biology. *CBE - Life Sciences Education*, 14(1), 1–16. <https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128>
- Rafi, A., Rauf, A. & Anwar, M. I. (2017). Significance of actually drawing microscopic images and its impact on students' understanding of histology. *Journal of the Dow University of Health Sciences*, 11(3), 77–81.
- Rasco, R. W., Tennyson, R. D. & Boutwell, R. C. (1975). Imagery instructions and drawings in learning prose. *Journal of Educational Psychology*, 67(2), 188–192. <https://doi.org/10.1037/h0077014>
- Rathnam, K. (2018). *A first course in engineering drawing*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-5358-0>

- Retzlaff-Fürst, C. (2020). Protokollieren, Zeichnen und Mathematisieren. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., 312-324). Aulis Verlag.
- Rheinberg, F. (2001). Bezugsnormen und schulische Leistungsbeurteilung. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 59–71). Beltz Verlag.
- Richardson, J. S., Morgan, R. F. & Fleener, C. E. (2012). *Reading to learn in the content areas* (8. Aufl.). Cengage Learning.
- Ridley, P. & Rogers, A. (2010). *Drawing to learn: Science, technology, engineering & maths*. Centre for Learning and Teaching, University of Brighton.
- Roam, D. (2008). *The back of the napkin: Solving problems and selling ideas with pictures*. Penguin.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/ science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Hrsg.), *Handbook of research on science education* (S. 729–780). Lawrence Erlbaum Associates.
- Robin, H. (1992). *Die wissenschaftliche Illustration: Von der Höhlenmalerei zur Computergraphik*. Springer Verlag.
- Rohr, V. (2018). *Der Zusammenhang zwischen akkurater Selbsteinschätzung und Performance im wirtschaftswissenschaftlichen Kontext*. Universität Mannheim, Mannheim.
- Roth, W.-M., Pozzer-Ardenghi, L. & Han, J. Y. (2007). *Critical graphicacy: Understanding visual representation practices in school science*. Springer Verlag.
- Sacher, W. (2014). *Leistungen entwickeln, überprüfen und beurteilen: Bewährte und neue Wege für die Primar- und Sekundarstufe* (6. Aufl.). Klinkhardt.
- Salter, C. (2017). *Science is beautiful. Disease and medicine. Under the Microscope*. Pavilion Books.
- Salter, C. (2018). *Science is beautiful. Botanical life. Under the microscope*. Pavilion Books.
- Sandmann, A. (2014). Lautes Denken - die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 179–188). Springer Spektrum.
- Sarodnick, F. & Brau, H. (2016). *Methoden der Usability Evaluation: Wissenschaftliche Grundlagen und praktische Anwendung* (3. Aufl.). Verlag Hans Huber.
- Saunders, G. (1988). *Ehret's flowering plants*. H. N. Abrams.
- Schanze, S. & Girwidz, R. (2018). Lernen mit digitalen Medien. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 177–192). Springer Spektrum.
- Scheiter, K., Schleinschok, K. & Ainsworth, S. (2017). Why sketching may aid learning from science texts: Contrasting sketching with written explanations. *Topics in Cognitive Science*, 9(4), 866–882. <https://doi.org/10.1111/tops.12261>
- Scheiter, K., Wiebe, E. & Holsanova, J. (2009). Theoretical and instructional aspects of learning with Visualizations. In R. L. Zeng (Hrsg.), *Cognitive effects of multimedia learning* (S. 67–88). Information Science Reference.
- Scherb, C. A. (2015). *Stellenwert des Zeichnens im Biologieunterricht: Eine explorative Interviewstudie zur Einstellung von Biologielehrkräften*. Universität Koblenz-Landau, Landau.
- Scherb, C. A. (2018). Biologie besser verstehen und erinnern dank eigener Schaubilder. *Unterricht Biologie Kompakt*(438), 22–26.
- Scherb, C. A. & Nitz, S. (2020). Attitudes of biology teachers towards learner-generated external visual representations. *Research in Science Education*, 50(6), 2533–2558. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9792-x>
- Scherb, C. A. & Wolowski, J. (2020). Digitaler Durchblick. Zellen mikroskopieren und mit Smartphones dokumentieren. *Digital Unterrichten Biologie*(3), 6–7.

- Scherb, C. A. & Wolowski, J. (2022). Digitaler Durchblick: Zellen mikroskopieren und mit Smartphones dokumentieren. *Biologie 5-10*(37), 34–35.
- Schleinschok, K., Eitel, A. & Scheiter, K. (2017). Do drawing tasks improve monitoring and control during learning from text? *Learning and Instruction, 51*, 10–25. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.02.002>
- Schmeck, A. (2010). *Visualisieren naturwissenschaftlicher Sachverhalte: Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Visualisierungen als Textverstehenshilfen beim Lernen aus naturwissenschaftlichen Sachtexten*. Universität Duisburg-Essen, Essen.
- Schmidgall, S. P., Eitel, A. & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learning and Instruction, 60*, 138–153. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.01.006>
- Schneider, W., Schlagmüller, M. & Ennemoser, M. (2007). *LGVT 6-12. Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12*. Hogrefe.
- Schnotz, W. (2002). Wissenserwerb mit Texten, Bildern und Diagrammen. In L. J. Issing (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis* (3. Aufl., S. 65–81). Beltz PVU.
- Schnotz, W. (2005). An integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 49–69). Cambridge University Press.
- Schnotz, W. (2006). *Pädagogische Psychologie: Workbook*. Beltz Verlag.
- Schnotz, W. (2014). Integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2. Aufl., S. 72–103). Cambridge University Press.
- Schnotz, W. (2022). Integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer & L. Fiorella (Hrsg.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3. Aufl., S. 82–99). Cambridge University Press.
- Schnotz, W. & Bannert, M. (1999). Einflüsse der Visualisierungsform auf die Konstruktion mentaler Modelle beim Text- und Bildverstehen. *Experimental Psychology, 46*(3), 217–236. <https://doi.org/10.1026//0949-3964.46.3.217>
- Schnotz, W. & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representation. *Learning and Instruction, 13*(2), 141–156. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00017-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00017-8)
- Schreier, M. (2013a). Qualitative Analyseverfahren. In W. Hussy, M. Schreier & G. Echterhoff (Hrsg.), *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor* (2. Aufl., S. 245–275). Springer Verlag.
- Schreier, M. (2013b). Qualitative Erhebungsmethoden. In W. Hussy, M. Schreier & G. Echterhoff (Hrsg.), *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor* (2. Aufl., S. 222–244). Springer Verlag.
- Schreier, M. (2013c). Qualitative Forschungsmethoden. In W. Hussy, M. Schreier & G. Echterhoff (Hrsg.), *Forschungsmethoden in Psychologie und Sozialwissenschaften für Bachelor* (2. Aufl., S. 189–221). Springer Verlag.
- Schreier, M. (2014). Varianten qualitativer Inhaltsanalyse: Ein Wegweiser im Dickicht der Begrifflichkeiten. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research, 15*(1). <https://doi.org/10.17169/fqs-15.1.2043>
- Schroeder, N. L., Nesbit, J. C., Anguiano, C. J. & Adesope, O. O. (2018). Studying and constructing concept maps: A meta-analysis. *Educational Psychology Review, 30*(2), 431–455. <https://doi.org/10.1007/s10648-017-9403-9>

- Schukajlow-Wasjutinski, S. (2010). *Schüler-Schwierigkeiten und Schüler-Strategien beim Bearbeiten von Modellierungsaufgaben als Bausteine einer lernprozessorientierten Didaktik*. Universität Kassel, Kassel.
- Schumacher, R. (2008). Der produktive Umgang mit Fehlern: Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Hrsg.), *Nur wer Fehler macht, kommt weiter: Wege zu einer neuen Lernkultur* (S. 49–72). Herder.
- Schwamborn, A., Mayer, R. E., Thillmann, H., Leopold, C. & Leutner, D. (2010). Drawing as a generative activity and drawing as a prognostic activity. *Journal of Educational Psychology*, 102(4), 872–879. <https://doi.org/10.1037/a0019640>
- Schwamborn, A., Thillmann, H., Leopold, C., Sumfleth, E. & Leutner, D. (2010). Der Einsatz von vorgegebenen und selbst generierten Bildern als Textverstehenshilfe beim Lernen aus einem naturwissenschaftlichen Sachtext. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 24(3-4), 221–233. <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000018>
- Schwamborn, A., Thillmann, H., Opfermann, M. & Leutner, D. (2011). Cognitive load and instructionally supported learning with provided and learner-generated visualizations. *Computers in Human Behavior*, 27, 89–93. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.028>
- Schwarz, C. V., Reiser, B. J., Davis, E. A., Kenyon, L., Achér, A., Fortus, D., Shwartz, Y., Hug, B. & Krajcik, J. (2009). Developing a learning progression for scientific modeling: Making scientific modeling accessible and meaningful for learners. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(6), 632–654. <https://doi.org/10.1002/tea.20311>
- Scott, D. B. & Dreher, M. J. (2016). Student thinking processes while constructing graphic representations of textbook content: What insights do think-alouds provide? *Reading Psychology*, 37(2), 286–317. <https://doi.org/10.1080/02702711.2015.1052602>
- Selting, M., Auer, P., Barth-Weingarten, D., Bergmann, J., Bergmann, P., Birkner, K., Couper-Kuhlen, E., Deppermann, A., Gilles, P., Günthner, S., Hartung, M., Kern, F., Mertzlufft, C., Meyer, C., Morek, M., Oberzaucher, F., Peters, J., Quasthoff, U., Schütte, W., . . . Uhmann, S. (2009). Gesprächsanalytisches Transkriptionssystem 2 (GAT 2). *Gesprächsforschung - Online-Zeitschrift zur verbalen Interaktion*(10), 353–402.
- Shepardson, D. P., Wee, B., Priddy, M. & Harbor, J. (2007). Students' mental models of the environment. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(2), 327–348. <https://doi.org/10.1002/tea.20161>
- Sjöström, J. & Eilks, I. (2017). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In Y. J. Dori, Z. R. Mevarech & D. R. Baker (Hrsg.), *Cognition, metacognition, and culture in STEM education: Learning, Teaching and Assessment* (S. 65–88). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4
- Spörhase, U. (2010a). Wider den Methodensalat - für eine Klassifikation von Methoden. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (1. Aufl., S. 11–19). Cornelsen Verlag.
- Spörhase, U. (2010b). Zeichnen. In U. Spörhase & W. Ruppert (Hrsg.), *Biologie-Methodik: Handbuch für die Sekundarstufe I und II* (1. Aufl., S. 145–153). Cornelsen Verlag.
- Stahl-Biskup, E. & Reichling, J. (2015). *Anatomie und Histologie der Samenpflanzen: Mikroskopisches Praktikum für Pharmazeuten* (4. Aufl.). Deutscher Apotheker Verlag.
- Stapelkamp, T. (2012). *Informationsvisualisierung: Web - Print - Signalistik. Erfolgreiches Informationsdesign: Leitsysteme, Wissensvermittlung und Informationsarchitektur*. Springer Verlag.

- Steinke, I. (1999). *Kriterien qualitativer Forschung: Ansätze zur Bewertung qualitativ-empirischer Sozialforschung*. Juventa.
- Stern, E., Aprea, C. & Ebner, H. G. (2003). Improving cross-content transfer in text processing by means of active graphical representation. *Learning and Instruction*, 13(2), 191–203. [https://doi.org/10.1016/S0959-4752\(02\)00020-8](https://doi.org/10.1016/S0959-4752(02)00020-8)
- Stieff, M. (2017). Drawing for promoting learning and engagement with dynamic visualizations. In R. Lowe & R. Plötzner (Hrsg.), *Learning from dynamic visualization: Innovations in research and application* (333–356). Springer Verlag.
- Stieff, M. & DeSutter, D. (2021). Sketching, not representational competence, predicts improved science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(1), 128–156. <https://doi.org/10.1002/tea.21650>
- Storch, V. & Welsch, U. (2009). *Kükenthal Zoologisches Praktikum* (26. Aufl.). Spektrum Akademischer Verlag.
- Stull, A. T. & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808–820. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.808>
- Sun, M., Cao, X., Song, H., Izadi, S., Benko, H., Guimbretiere, F., Ren, X. & Hinckley, K. (2011). Enhancing naturalness of pen-and-tablet drawing through context sensing. In J. Rekimoto (Hrsg.), *Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces* (S. 83–86). ACM. <https://doi.org/10.1145/2076354.2076371>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J. (1989). Cognitive technology: Some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *Journal of Educational Psychology*, 81(4), 457–466. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.81.4.457>
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22, 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J., Ayres, P. & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Tang, K.-S. & Danielsson, K. (2018). The expanding development of literacy research in science education around the world. In K.-S. Tang & K. Danielsson (Hrsg.), *Global developments in literacy research for science education* (S. 1–11). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8_1
- Tirre, W. C., Manelis, L. & Leicht, K. L. (1979). The effects of imaginal and verbal strategies on prose comprehension by adults. *Journal of Reading Behavior*, 11(2), 99–106. <https://doi.org/10.1080/10862967909547313>
- Tornincasa, S. (2021). *Technical drawing for product design: Mastering ISO GPS and ASME GD&T*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-60854-5>
- Tsui, C.-Y. (2003). *Teaching and learning genetics with multiple representations*. Curtin University of Technology, Perth. <http://hdl.handle.net/20.500.11937/1614>
- Tsui, C.-Y. & Treagust, D. F. (2013). Introduction to multiple representations: Their importance in biology and biological education. In D. F. Treagust & C.-Y. Tsui (Hrsg.), *Multiple representations in biological education* (Bd. 7, S. 3–18). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4192-8_1

- Tytler, R. & Hubber, P. (2016). Constructing representations to learn science. In B. Hand, M. McDermott & V. Prain (Hrsg.), *Using multimodal representations to support learning in the science classroom* (S. 159–181). Springer Verlag.
- Tytler, R., Peterson, S. & Prain, V. (2006). Picturing evaporation: Learning science literacy through a particle representation. *Teaching Science, the Journal of the Australian Science Teachers*, 52(1), 12–17.
- Tytler, R., Prain, V., Aranda, G., Ferguson, J. & Gorur, R. (2020). Drawing to reason and learn in science. *Journal of Research in Science Teaching*, 57(2), 209–231.
<https://doi.org/10.1002/tea.21590>
- Tytler, R., Prain, V. & Hannigan, S. (2022). Expanding the languages of science and how they are learnt. *Research in Science Education*, 52(1), 379–392.
<https://doi.org/10.1007/s11165-020-09952-8>
- Tytler, R., Prain, V. & Hubber, P. (2018). Representation construction as a core science disciplinary literacy. In K.-S. Tang & K. Danielsson (Hrsg.), *Global developments in literacy research for science education* (S. 301–317). Springer Verlag.
https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8_18
- Tytler, R., Prain, V., Hubber, P. & Haslam, F. (2013). Reasoning in science through representation. In R. Tytler, V. Prain, P. Hubber & B. Waldrup (Hrsg.), *Constructing representations to learn in science* (83–107). SensePublishers.
- van Meter, P. (2001). Drawing construction as a strategy for learning from text. *Journal of Educational Psychology*(69), 129–140.
- van Meter, P., Aleksic, M., Schwartz, A. & Garner, J. (2006). Learner-generated drawing as a strategy for learning from content area text. *Contemporary Educational Psychology*, 31(2), 142–166. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2005.04.001>
- van Meter, P. & Firetto, C. M. (2013). Cognitive model of drawing construction. In G. J. Schraw, M. T. McCrudden & D. R. Robinson (Hrsg.), *Learning through visual displays* (S. 247–280). Information Age Publishing.
- van Meter, P. & Garner, J. (2005). The promise and practice of learner-generated drawing: Literature review and synthesis. *Educational Psychology Review*, 17(4), 285–325.
<https://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3>
- van Meter, P. & Riley, S. (1999). Writing and drawing: What do we gain with different representational formats. In T. Shanahan & F. Rodriguez-Brown (Hrsg.), *47th Yearbook of the National Reading Conference* (S. 146–156). National Reading Conference.
- van Sommers, P. (1989). A system for drawing and drawing-related neuropsychology. *Cognitive Neuropsychology*, 6(2), 117–164.
<https://doi.org/10.1080/02643298908253416>
- van Sommers, P. (2009). *Drawing and cognition: Descriptive and experimental studies of graphic production processes*. Cambridge University Press.
- Vanides, J., Yin, Y., Tomita, M. & Ruiz-Primo, M. A. (2005). Using concept maps in the science classroom. *Science Scope*, 28(8), 27–31.
- Verhoeff, R. P. (2003). *Towards systems thinking in cell biology education*. CD-β Press.
- Vogt, H. (2007). Theorie des Interesses und des Nicht-Interesses. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 9–20). Springer Verlag.
- von Zerssen, D. (1973). Methoden der Konstitutions- und Typenforschung. In M. Thiel (Hrsg.), *Enzyklopädie der geisteswissenschaftlichen Arbeitsmethoden. 9. Lieferung: Methoden der Anthropologie, Anthro-Geographie, Völkerkunde und Religionswissenschaft* (S. 35–143). Enbourg Verlag.

- Waldrip, B., Prain, V. & Carolan, J. (2006). Learning junior secondary science through multi-modal representations. *Electronic Journal of Science Education*, 11(1), 87-107.
- Wanner, G. (2004). *Mikroskopisch-botanisches Praktikum*. Georg Thieme Verlag.
- Wavering, M. J. (1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373-379.
<https://doi.org/10.1002/tea.3660260502>
- Weidenmann, B. (2002). Abbilder in Multimediaanwendungen. In L. J. Issing (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet: Lehrbuch für Studium und Praxis* (3. Aufl., S. 83-96). Beltz PVU.
- Weidenmann, B. (2006). Lernen mit Medien. In A. Krapp & B. Weidenmann (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie: Ein Lehrbuch* (5. Aufl., S. 423-476). Beltz Verlag.
- Weidle, R. & Wagner, A. C. (1994). Die Methode des Lauten Denkens. In G. L. Huber & H. Mandl (Hrsg.), *Verbale Daten: Eine Einführung in die Grundlagen und Methoden der Erhebung und Auswertung* (2. Aufl., S. 81-103). Beltz Verlag.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen - eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessungen in Schulen* (S. 17-32). Beltz Verlag.
- Weinstein, C. E., Acee, T. W. & Jung, J. (2011). Self-regulation and learning strategies. *New Directions for Teaching and Learning*(126), 45-53. <https://doi.org/10.1002/tl.443>
- Weiss, J. (2021). *The hidden beauty of the microscopic world: What the tiniest forms of life can tell us about existence and our place in the universe*. Watkins Media.
- Wellburn, A. R. (1997). *Luftverschmutzung und Klimaänderung: Auswirkungen auf Flora, Fauna und Mensch*. Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-59037-5>
- Widodo, E., Rahmat, A. & Nuraeni, E. (2019). Analysis of ability to use microscope and its relation with visual and verbal representation in representing microscopic objects in anatomy of plant lecture. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, 22107.
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022107>
- Winne, P. H. & Hadwin, A. F. (1998). Studying as self-regulated learning. In D. J. Hacker, J. Dunlosky & A. C. Graesser (Hrsg.), *Metacognition in educational theory and practice* (S. 277-304). Lawrence Erlbaum Associates.
- Wirtz, M. A. & Caspar, F. (2002). *Beurteilerübereinstimmung und Beurteilerreliabilität: Methoden zur Bestimmung und Verbesserung der Zuverlässigkeit von Einschätzungen mittels Kategoriensystemen und Ratingskalen*. Hogrefe Verlag.
- Wittrock, M. C. (1974). Learning as a generative process. *Educational Psychologist*, 11(2), 87-95.
- Wittrock, M. C. (1980). Learning and the brain. In M. C. Wittrock (Hrsg.), *The brain and psychology* (S. 371-403). Academic Press.
- Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24(4), 345-376. https://doi.org/10.1207/s15326985ep2404_2
- Wolowski, J. & Scherb, C. A. (2022). Digital mikroskopisch Zeichnen: Digitale Dokumentation mikroskopischer Präparate. *Digital Unterrichten Biologie*(4), 8-9.
- Wright, L. K., Fisk, J. N. & Newman, D. L. (2014). DNA -> RNA: What do students think the arrow means? *CBE - Life Sciences Education*, 13(2), 338-348.
<https://doi.org/10.1187/cbe.CBE-13-09-0188>
- Wu, H.-K. & Puntambekar, S. (2012). Pedagogical affordances of multiple external representations in scientific processes. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 754-767. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9363-7>
- Yore, L. D. (2012). Science literacy for all: More than a slogan, logo, or rally flag! In K. C. D. Tan & M. Kim (Hrsg.), *Issues and challenges in science education research: Moving*

- Forward* (S. 5–23). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-94-007-3980-2_2
- Yore, L. D. (2018). Commentary on the expanding development of literacy research in science education. In K.-S. Tang & K. Danielsson (Hrsg.), *Global developments in literacy research for science education* (S. 379–397). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69197-8_22
- Yore, L. D. & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a research agenda for multiple representations, multiple modality, and multimodal representational competency. *Research in Science Education*, 40(1), 93–101. <https://doi.org/10.1007/s11165-009-9160-y>
- Yore, L. D., Pimm, D. & Tuan, H.-L. (2007). The literacy component of mathematical and scientific literacy. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(4), 559–589.
- Zabel, J. (2020). Erkenntnistheorie und Lernen. In H. Gropengießer, U. Harms & U. Kattmann (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (9. Aufl., S. 98–104). Aulis Verlag.
- Zhang, Q. & Fiorella, L. (2019). Role of generated and provided visuals in supporting learning from scientific text. *Contemporary Educational Psychology*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101808>
- Zhang, Q. & Fiorella, L. (2021). Learning by drawing: When is it worth the time and effort? *Contemporary Educational Psychology*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2021.101990>
- Zoelch, C., Berner, V.-D. & Thomas, J. (2019). Gedächtnis und Wissenserwerb. In D. Urhahne, M. Dresel & F. Fischer (Hrsg.), *Psychologie für den Lehrberuf* (S. 23–52). Springer Verlag.
- Zöllner, F. & Nathan, J. (2021). *Leonardo da Vinci: Das zeichnerische Werk*. Taschen Verlag.
- Zwick, C. & Schmitz, B. (2004). *Farbe digital*. Rowohlt.

Abkürzungsverzeichnis

(3), (3.4), (3.4.5)	Verweise in diesem Format stellen stets Kapitelverweise dar
Abb.	Abbildung
a12	Transkript Teil A, 12. Absatz (Anhang 6)
AD	Ablaufdiagramm(e)
b34	Transkript Teil B, 34. Absatz (Anhang 6)
bzgl.	bezüglich
bzw.	beziehungsweise
CLT	Cognitive Load Theory (3.3)
CMDC	Cognitive Model of Drawing Construction (3.4.3)
d. h.	das heißt
en.	englisch
GB	Gigabyte
ggf.	gegebenenfalls
GML	Generatives Modell des Lernens (3.4.1)
Hrsg.	Herausgeberin, Herausgeber
κ	Maß der Intracoder-/Intercoder-Übereinstimmung (8.2, 8.4)
LGVT	Lesegeschwindigkeits- und verständnistest (5.4)
M	Mittelwert (mean)
MSMG	Mehrspeichermodell des Gedächtnisses (3.3)
MZ	Mikroskopische Zeichnung(en)
MZO	Modell zum Zeichnen von Objekten (3.5.2)
N, n	Stichprobengröße oder Anzahl
o. Ä.	oder Ähnlichem
o. J.	ohne Jahrgang
pot.	potenzielle Schwierigkeit
pt	Punkt
px	Pixel
R. E.	Eine Abkürzung des Vornamens erfolgt, wenn Autorinnen oder Autoren die gleichen Nachnamen besitzen.
S.	Seite
S7A	Kürzel für Teilnehmende (Tab. 6.1 in 6.2)
SD	Standardabweichung (standard deviation)
SRM	Selbstregulationsmechanismen (3.4.3)
Tab.	Tabelle
vgl.	vergleiche
z. B.	zum Beispiel

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 2.1 DREIDIMENSIONALES THEORETISCHES MODELL ODER „THE CUBE MODEL“ FÜR DAS LERNEN BIOLOGISCHER ZUSAMMENHÄNGE DURCH DIE TRANSLATION ZWISCHEN MULTIPLLEN EXTERNEN REPRÄSENTATIONEN, VERÄNDERT NACH TSUI UND TREAGUST (2013, S. 10), EIGENE ÜBERSETZUNG	10
ABBILDUNG 3.1 EXTERNE UND INTERNE RESSOURCEN FÜR DIE GENERIERUNG VON ZEICHNUNGEN SOWIE KAPITELREFERENZEN	23
ABBILDUNG 3.2 MODIFIZIERTES DREISTUFEN-VERARBEITUNGSMODELL DES GEDÄCHTNISSES, VERÄNDERT NACH MYERS UND WILSON (2014, S. 330)	24
ABBILDUNG 3.3 ILLUSTRATION ZUR GENERATIVE THEORY OF DRAWING CONSTRUCTION VON VAN METER UND GARNER (2005), NACH SCHMECK (2010, S. 29)	29
ABBILDUNG 3.4 ILLUSTRATION DES COGNITIVE MODEL OF DRAWING CONSTRUCTION, NACH VAN METER UND FIRETTO (2013, S. 256), EIGENE ÜBERSETZUNG	34
ABBILDUNG 3.5 CHARAKTERISTISCHE STRUKTUR UNTERSCHIEDLICHER DARSTELLUNGSFORMEN: A) ABLAUFDIAGRAMM, B) CONCEPT-MAP UND C) FLUSSDIAGRAMM, VERÄNDERT NACH SCHERB (2018)	38
ABBILDUNG 3.6 MODELL DES ZEICHENPROZESSES AUF GRUNDLAGE VON OBJEKTEN NACH VAN SOMMERS (1989, S. 118, 120, 143), ZUSAMMENGEFÜHRTE DARSTELLUNG, EIGENE ÜBERSETZUNG	43
ABBILDUNG 3.7 PRÄPARIEREN, ZEICHNEN UND MIKROSKOPIEREN SOWIE DIGITALE DOKUMENTATION VON MIKROSKOPISCHEN OBJEKTEN, VERÄNDERT NACH SCHERB UND WOLOWSKI (2020, S. 6)	47
ABBILDUNG 5.1 MIKROSKOPISCHE PRÄPARATE: A) WASSERNETZ (<i>HYDRODICTYON SPEC.</i>), B) LAUBMOOSBLÄTTCHEN (<i>MNIUM SPEC.</i>), C) EPIDERMIS DER TULPE (<i>TULIPA SPEC.</i>)	82
ABBILDUNG 5.2 BESCHRIFTUNGSVORLAGE: A) WASSERNETZ (<i>HYDRODICTYON SPEC.</i>), B) AMÖBE (<i>AMOEBIA PROTEUS</i>), C) LAUBMOOS (<i>MNIUM SPEC.</i>), D) EPIDERMISZELLEN DER TULPE (<i>TULIPA SPEC.</i>); PRÄPARATION: A), C), D) JOHANNES LIEDER GMBH UND B) MEINLEHRMITTEL.DE	84
ABBILDUNG 5.3 AUFBAU DES STUDIENEQUIPMENTS IN EINER SCHULE: [1] TOP-KAMERA, [2] ARBEITSBEREICH DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER, [3] SCHREIBTISCHLAMPE, [4] MIKROSKOP, [5] FRONT-KAMERA, [6] MIKROFON, [7] DIKTIERGERÄT, [8] BEIDE VIDEOSPUREN IM PICTURE-BY-PICTURE-FORMAT, [A] SITZPOSITION DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER, [B] SITZPOSITION DES VERSUCHSLEITERS, [C] SITZPOSITION DER ASSISTENZ	106
ABBILDUNG 7.1 ÜBERSICHT ZUM ABLAUF DER AUSWAHL EINER GEEIGNETEN QUALITATIVEN ANALYSETECHNIK AUF GRUNDLAGE DER ERLÄUTERUNGEN IN MAYRING (2015, S. 54-69)	133
ABBILDUNG 7.2 DOKUMENTE, DIE DEN KODIERENDEN FÜR JEDE SCHÜLERIN BZW. JEDEN SCHÜLER ZUR VERFÜGUNG STANDEN	134
ABBILDUNG 7.3 ABLAUFMODELL INHALTLICHER STRUKTURIERUNG; ZUSAMMENGEFÜHRTE DARSTELLUNG, VERÄNDERT NACH MAYRING (2015, S. 98, 104)	136
ABBILDUNG 7.4 SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN UND MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN	138
ABBILDUNG 7.5 KODIERUNGEN A) EINER TEXTPASSAGE IM TRANSKRIPT, B) EINES AUSSCHNITTS DER VISUALISIERTEN TÄTIGKEITSABFOLGE (VGL. 7.13), C) EINER ZEICHNUNG SOWIE D) EINES ABSCHNITTS DER VIDEOSPUR	142
ABBILDUNG 7.6 TÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION DER ABLAUFDIAGRAMME	156
ABBILDUNG 7.7 TÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN	157
ABBILDUNG 7.8 MULTIMEDIABROWSER IN MAXQDA 2018 (VERSION 18.2.5) MIT IMPORTIERTER AUDIO- UND VIDEOSPUR SOWIE KODIERUNGEN	164
ABBILDUNG 7.9 KODIERVERHALTEN BEI TÄTIGKEITEN, DIE WENIGER ALS 0.5 SEKUNDEN ANDAUERN	165

ABBILDUNG 7.10 a) ÜBERFÜHRUNG DER KODIERTEN AUDIOSPUR IN b) EINE KOMPAKTE DARSTELLUNG UND c) INTEGRATION IN DIE GESAMTÜBERSICHT ZUR VISUALISIERTEN TÄTIGKEITSABFOLGE.....	166
ABBILDUNG 7.11 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DES ABLAUFDIAGRAMMS DURCH LAURA (S7A)	172
ABBILDUNG 7.12 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG DURCH JONAS (S7D)	173
ABBILDUNG 7.13 STUFENMODELL EMPIRISCH BEGRÜNDETER TYPENBILDUNG NACH KELLE UND KLUGE (2010, S. 92).....	174
ABBILDUNG 8.1 INHALTSANALYTISCHE GÜTEKRITERIEN NACH KRIPPENDORFF (1980, S. 158), ÜBERSETZUNG NACH MAYRING (2015, S. 126)	187
ABBILDUNG 9.1 ZEICHNUNGEN VON LAURA (S7A, LINKS) ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i> UND VON KLARA (S10.1A, RECHTS) ZUM KONTEXT 10.1: <i>HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	204
ABBILDUNG 9.2 ZEICHNUNGEN VON LISA (S8B, LINKS) UND VON NORA (S8C, RECHTS) ZUM KONTEXT 8: <i>KOHLNSTOFFKREISLAUF</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	206
ABBILDUNG 9.3 LINEARE DARSTELLUNG DER TEXTGRUNDLAGE VON PAUL (S10.1B, LINKS) UND LEAH (S10.1D, RECHTS) ZUM KONTEXT 10.1: <i>HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	207
ABBILDUNG 9.4 ZEICHNUNGEN VON JOHANNA (S8D, LINKS) ZUM KONTEXT 8: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i> UND VON CAROLIN (S10.1C, RECHTS) ZUM KONTEXT 10.1: <i>HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	209
ABBILDUNG 9.5 ZEICHNUNGEN VON FLORIAN (S7E, LINKS) ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i> UND VON EMMA (S8F, RECHTS) ZUM KONTEXT 8: <i>KOHLNSTOFFKREISLAUF</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN)	210
ABBILDUNG 9.6 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON ISABELLE (S7B, LINKS), JONAS (S7D, MITTE) UND MARA (S7F, RECHTS) ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	210
ABBILDUNG 9.7 ZEICHNUNG VON MELINDA (S10.2B) ZUM KONTEXT 10.2: <i>SCHILDDRÜSE UND HORMONELLE REGULATION</i>	213
ABBILDUNG 9.8 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON SARA (S8A) WÄHREND DER ANFERTIGUNG DES ABLAUFDIAGRAMMS	216
ABBILDUNG 9.9 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON PABLO (S10.2D) WÄHREND DER ANFERTIGUNG DES ABLAUFDIAGRAMMS	217
ABBILDUNG 9.10 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON MARA (S7F) WÄHREND DER ANFERTIGUNG DES ABLAUFDIAGRAMMS ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i>	222
ABBILDUNG 9.11 INHALTLICHER ERWARTUNGSHORIZONT (ANHANG 1) MIT RELATIVER HÄUFIGKEIT DER IN DEN ZEICHNUNGEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLERN DARGESTELLTEN ELEMENTE UND RELATIONEN A: ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i> (N = 6).....	225
ABBILDUNG 9.12 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON LAURA (S7A) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (ABLAUFDIAGRAMM)	228
ABBILDUNG 9.13 TÄTIGKEITEN VON NATHALIE (S7C, OBEN) UND JONAS (S7D, UNTEN) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE.....	230

ABBILDUNG 9.14 AUSSCHNITT AUS DER ZEICHNUNG VON HANNAH (S10.2A, LINKS) ZUM KONTEXT 10.2: <i>GASAUSTAUSCH UND TRANSPIRATION – WIE ATMEN PFLANZEN?</i> IM VERGLEICH ZUM MIKROSKOPISCHEN OBJEKT (RECHTS), DAS DER SCHÜLERIN VORLAG (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNG).....	242
ABBILDUNG 9.15 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON FLORIAN (S7E) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	243
ABBILDUNG 9.16 ZEICHNUNGEN VON EMMA (S8F, LINKS) UND BEN (S8G, RECHTS) ZUM KONTEXT 8: <i>DIE AMÖBE – „EXPERTE“ FÜR FAST JEDEN LEBENSRAUM</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	245
ABBILDUNG 9.17 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON NATHALIE (S7C) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	246
ABBILDUNG 9.18 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON NATHALIE (S7C, LINKS UND MITTE) ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> UND VON CAROLIN (S10.1C, RECHTS) ZUM KONTEXT 10.1: <i>MOOSE – WASSERSPEICHER DES WALDES</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN)	247
ABBILDUNG 9.19 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON NORA (S8C) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	248
ABBILDUNG 9.20 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON SOPHIA (S8E, LINKS) ZUM KONTEXT 8: <i>DIE AMÖBE – „EXPERTE“ FÜR FAST JEDEN LEBENSRAUM</i> UND VON KLARA (S10.1A, RECHTS) ZUM KONTEXT 10.1: <i>MOOSE – WASSERSPEICHER DES WALDES</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	249
ABBILDUNG 9.21 AUSSCHNITTE AUS DEN STARK ABSTRAHIERTEN ZEICHNUNGEN VON ISABELLE (S7B, LINKS) UND MARA (S7F, RECHTS) ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN)	250
ABBILDUNG 9.22 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON JONAS (S7D, OBEN) UND MARA (S7F, UNTEN) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	251
ABBILDUNG 9.23 AUSSCHNITT AUS DER ZEICHNUNG VON LAURA (S7A) ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> (VGL. ANHANG 7)	252
ABBILDUNG 9.24 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON LAURA (S7A) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	252
ABBILDUNG 9.25 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON PAUL (S10.1B, LINKS OBEN) UND LEAH (S10.1D, RECHTS OBEN) ZUM KONTEXT 10.1: <i>MOOSE – WASSERSPEICHER DES WALDES</i> UND VON PABLO (S10.2D, UNTEN) ZUM KONTEXT 10.2: <i>GASAUSTAUSCH UND TRANSPIRATION – WIE ATMEN PFLANZEN?</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	255
ABBILDUNG 9.26 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON VICTORIA (S10.2C, LINKS OBEN) UND PABLO (S10.2D, LINKS UNTEN) ZUM KONTEXT 10.2: <i>GASAUSTAUSCH UND TRANSPIRATION – WIE ATMEN PFLANZEN?</i> UND VON BEN (S8G, RECHTS) ZUM KONTEXT 8: <i>DIE AMÖBE – „EXPERTE“ FÜR FAST JEDEN LEBENSRAUM</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN).....	257
ABBILDUNG 9.27 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON EMMA (S8F) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	258
ABBILDUNG 9.28 AUSSCHNITT AUS DER ZEICHNUNG VON EMMA (S8F, LINKS) ZUM KONTEXT 8: <i>DIE AMÖBE – „EXPERTE“ FÜR FAST JEDEN LEBENSRAUM</i> IM VERGLEICH ZUM MIKROSKOPISCHEN OBJEKT (RECHTS), DAS DER SCHÜLERIN VORLAG (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNG)	258
ABBILDUNG 9.29 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON PAUL (S10.1B, OBEN) UND HANNAH (S10.2A, UNTEN) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	259
ABBILDUNG 9.30 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON LISA (S8B, LINKS), JOHANNA (S8D, MITTE) UND BEN (S8G, RECHTS) ZUM KONTEXT 8: <i>DIE AMÖBE – „EXPERTE“ FÜR FAST JEDEN LEBENSRAUM</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNG)	261
ABBILDUNG 9.31 AUSSCHNITTE AUS DEN ZEICHNUNGEN VON PAUL (S10.1B, LINKS) UND CAROLIN (S10.1C, MITTE) ZUM KONTEXT 10.1: <i>MOOSE – WASSERSPEICHER DES WALDES</i> SOWIE VON HANNAH (S10.2A,	

RECHTS) ZUM KONTEXT 10.2: <i>GASAUSTAUSCH UND TRANSPIRATION – WIE ATMEN PFLANZEN?</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN)	261
ABBILDUNG 9.32 ZU ZEICHNENDER AUSSCHNITT AUS DEM SICHTFELD DES MIKROSKOPS GEMÄß AUFGABENSTELLUNG UND ZEICHNUNG VON JONAS (S7D) ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNG)	263
ABBILDUNG 9.33 ZU ZEICHNENDER AUSSCHNITT AUS DEM SICHTFELD DES MIKROSKOPS GEMÄß AUFGABENSTELLUNG UND ZEICHNUNGEN DER TEILNEHMENDEN S10.1A BIS S10.1D VON LINKS NACH RECHTS ZUM KONTEXT 10.1: <i>MOOSE – WASSERSPEICHER DES WALDES</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNGEN)	263
ABBILDUNG 9.34 ZU ZEICHNENDER AUSSCHNITT AUS DEM SICHTFELD DES MIKROSKOPS GEMÄß AUFGABENSTELLUNG UND ZEICHNUNG VON NATHALIE (S7C) ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> (VGL. ANHANG 7 FÜR VERGRÖßERTE ZEICHNUNG)	267
ABBILDUNG 9.35 OBERER ABSCHNITT DES ZEICHENBLATTS, DER DIE AUFGABENSTELLUNG UND DEN ZU ZEICHNENDEN AUSSCHNITT DES MIKROSKOPISCHEN BILDS ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> ZEIGT	268
ABBILDUNG 9.36 PAULS (S10.1B) ZEICHNUNG DREIER PFLANZLICHER (LINKS) UND TIERISCHER (RECHTS) ZELLEN (VGL. ANHANG 7)	272
ABBILDUNG 9.37 VERTEILUNG DER FÄLLE AUF DIE DIE KONSTRUKTION DER ABLAUFDIAGRAMME BETREFFENDEN SCHÜLERTYPEN I-III	277
ABBILDUNG 9.38 ZEICHNUNG VON JONAS (S7D, LINKS OBEN, TYP I) ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i> , ZEICHNUNG VON PABLO (S10.2D, RECHTS OBEN, TYP III) ZUM KONTEXT 10.2: <i>SCHILDDRÜSE UND HORMONELLE REGULATION</i> SOWIE ZEICHNUNG VON LISA (S8B, UNTEN, TYP II) ZUM KONTEXT 8: <i>KOHLENSTOFFKREISLAUF</i>	278
ABBILDUNG 9.39 VERTEILUNG DER FÄLLE AUF DIE DIE KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN BETREFFENDEN SCHÜLERTYPEN I-III	283
ABBILDUNG 9.40 ZEICHNUNG VON EMMA (S8F, LINKS OBEN, <i>AH_MIKROSKOPIERT_{MZ} = 3</i> , TYP I), JOHANNA (S8D, RECHTS OBEN, <i>AH_MIKROSKOPIERT_{MZ} = 19</i> , TYP II), NORA (S8C, LINKS UNTEN, <i>AH_MIKROSKOPIERT_{MZ} = 67</i> , TYP II) ZUM KONTEXT 8: <i>DIE AMÖBE – „EXPERTE“ FÜR FAST JEDEN LEBENSRAUM</i> UND AUSSCHNITT DES SICHTFELDS DES MIKROSKOPS (RECHTS UNTEN, ANHANG 2.2)	283
ABBILDUNG 9.41 TÄTIGKEITEN VON EMMA (S8F, TYP I) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE, A) TÄTIGKEITSABFOLGE UND B) TÄTIGKEITSWECHSEL, -DAUER- UND -ANTEIL	286
ABBILDUNG 9.42 TÄTIGKEITEN VON NORA (S8C, TYP III) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE, A) TÄTIGKEITSABFOLGE UND B) TÄTIGKEITSWECHSEL, -DAUER- UND -ANTEIL	287
ABBILDUNG 9.43 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON LAURA (S7A) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (ABLAUFDIAGRAMM)	291
ABBILDUNG 9.44 ZEICHNUNG VON LAURA (S7A) ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i>	292
ABBILDUNG 9.45 ZUSAMMENFASSEND E DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DES ABLAUFDIAGRAMMS DURCH LAURA (S7A)	294
ABBILDUNG 9.46 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON LISA (S8B) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (ABLAUFDIAGRAMM)	298
ABBILDUNG 9.47 ZEICHNUNG VON LISA (S8B) ZUM KONTEXT 8: <i>KOHLENSTOFFKREISLAUF</i>	299
ABBILDUNG 9.48 ZUSAMMENFASSEND E DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DES ABLAUFDIAGRAMMS DURCH LISA (S8B)	302

ABBILDUNG 9.49 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON KLARA (S10.1A) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (ABLAUFDIAGRAMM)	304
ABBILDUNG 9.50 ZEICHNUNG VON KLARA (S10.1A) ZUM KONTEXT 10.1: <i>HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN</i>	305
ABBILDUNG 9.51 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DES ABLAUFDIAGRAMMS DURCH KLARA (S10.1A).....	307
ABBILDUNG 9.52 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON CAROLIN (S10.1C) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	309
ABBILDUNG 9.53 ZEICHNUNG VON CAROLIN (S10.1C) ZUM KONTEXT 10.1: <i>MOOSE – WASSERSPEICHER DES WALDES</i>	310
ABBILDUNG 9.54 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG DURCH CAROLIN (S10.1C)	312
ABBILDUNG 9.55 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON HANNAH (S10.2A) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	314
ABBILDUNG 9.56 ZEICHNUNG VON HANNAH (S10.2A) ZUM KONTEXT 10.2: <i>GASAUSTAUSCH UND TRANSPIRATION – WIE ATMEN PFLANZEN?</i>	315
ABBILDUNG 9.57 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG DURCH HANNAH (S10.2A)	318
ABBILDUNG 9.58 ABFOLGE DER TÄTIGKEITEN VON JONAS (S7D) WÄHREND DER BEARBEITUNG DER ZEICHENAUFGABE (MIKROSKOPISCHE ZEICHNUNG)	320
ABBILDUNG 9.59 ZEICHNUNG VON JONAS (S7D) ZUM KONTEXT 7: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i>	321
ABBILDUNG 9.60 ZUSAMMENFASSENDE DARSTELLUNG DES ANTEILS UND DER DAUER DER TÄTIGKEITEN, DER TÄTIGKEITSWECHSEL UND DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG DURCH JONAS (S7D)	323
ABBILDUNG 9.61 VISUALISIERUNG DES DURCHSCHNITTLICHEN ANTEILS UND DER DAUER EINZELNER TÄTIGKEITEN SOWIE DER TÄTIGKEITSWECHSEL WÄHREND DER KONSTRUKTION DER A) ABLAUFDIAGRAMME UND DER B) MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN.....	325
ABBILDUNG 9.62 SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER WÄHREND DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN UND MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN	327

Tabellenverzeichnis

TABELLE 2.1 INHALTLICHE DIMENSIONEN DER SCIENTIFIC LITERACY NACH YORE ET AL. (2007, S. 568), EIGENE ÜBERSETZUNG.....	8
TABELLE 2.2 FÄHIGKEITEN (KATEGORIEN) IM UMGANG MIT REPRÄSENTATIONEN AUF GRUNDLAGE DER REPRESENTATIONAL COMPETENCE NACH KOZMA UND RUSSELL (1997, 2005) UND DER META-REPRESENTATIONAL COMPETENCE NACH diSESSA (2004; diSESSA & SHERIN, 2000), VERÄNDERT NACH NITZ (2012, S. 9).....	9
TABELLE 3.1 GRÜNDE FÜR DEN EINSATZ DES ZEICHNENS IM UNTERRICHT UND ANZAHL DER BELEGE (N) AUS DEN INTERVIEWS MIT LEHRKRÄFTEN (N = 13), VERÄNDERT NACH SCHERB UND NITZ (2020, S. 2544).....	20
TABELLE 3.2 KATEGORIEN FÜR DIE KODIERUNG DER TRANSKRIPTE DES LAUTEN DENKENS UND DER VIDEOSPUR MIT FOKUS AUF SELBST-MONITORING-EREIGNISSEN, VERÄNDERT NACH VAN METER (2001, S. 132), EIGENE ÜBERSETZUNG UND GRUPPIERUNG.....	49
TABELLE 3.3 KATEGORIEN FÜR DIE KODIERUNG DER TRANSKRIPTE DES LAUTEN DENKENS, VERÄNDERT NACH SCOTT UND DREHER (2016, S. 297, 315-317), EIGENE ÜBERSETZUNG, PROZENTANGABEN BEZIEHEN SICH AUF N = 943 KODIERUNGEN.....	52
TABELLE 3.4 VON LEHRKRÄFTEN (N = 13) BEIM EINSATZ DES ZEICHNENS IM UNTERRICHT WAHRGENOMMENE SCHWIERIGKEITEN SOWIE ANZAHL DER BELEGE (N) AUS DEN INTERVIEWS, VERÄNDERT NACH SCHERB UND NITZ (2020, S. 2549).....	58
TABELLE 5.1 KONTEXTE DER ABLAUFDIAGRAMME, ANZAHL ENTHALTENER ELEMENTE UND RELATIONEN SOWIE KLASSENSTUFE.....	70
TABELLE 5.2 BEURTEILUNG DER SCHWIERIGKEIT DER JEWEILIGEN TEXTGRUNDLAGE FÜR DIE KONSTRUKTION DER ABLAUFDIAGRAMME ANHAND DER EINSCHÄTZUNG DER LEHRKRÄFTE, DER ANZAHL DER WÖRTER, SÄTZE UND LANGER WÖRTER SOWIE DER ERGEBNISSE DER BERECHNUNG DES LESBARKEITSINDEX (LIX) NACH BJÖRNSSON (1968).....	75
TABELLE 5.3 MIKROSKOPISCHE PRÄPARATE, BEZEICHNUNG DER KONTEXTE SOWIE ANGABEN ZUR KLASSENSTUFE.....	79
TABELLE 5.4 BEURTEILUNG DER SCHWIERIGKEIT DES JEWEILIGEN EINFÜHRUNGSTEXTS ZUM KONTEXT DER MIKROSKOPISCHEN PRÄPARATE ANHAND DER EINSCHÄTZUNG DER LEHRKRÄFTE, DER ANZAHL DER WÖRTER, SÄTZE UND LANGER WÖRTER SOWIE DER ERGEBNISSE DER BERECHNUNG DES LESBARKEITSINDEX (LIX) NACH BJÖRNSSON (1968).....	81
TABELLE 5.5 INTERVIEWFRAGEN ZUR ERFASSUNG FACHLICHER VORERFAHRUNG ZUM KONTEXT DES ABLAUFDIAGRAMMS: <i>HORMONELLE REGULATION, SCHILDDRÜSE</i>	90
TABELLE 5.6 INTERVIEWFRAGEN ZUR ERFASSUNG DER VORERFAHRUNG ZUM MIKROSKOPISCHEN ZEICHNEN.....	90
TABELLE 5.7 INTERVIEWFRAGEN ZUR ERFASSUNG FACHLICHER VORERFAHRUNG ZUM KONTEXT DES MIKROSKOPISCHEN OBJEKTS: <i>GASAUSTAUSCH UND TRANSPIRATION – WIE ATMEN PFLANZEN?</i> PRÄPARAT: EPIDERMIS DER TULPE.....	91
TABELLE 5.8 INTERVIEWFRAGEN ZUM VERSTÄNDNIS DES KONTEXTS DES ABLAUFDIAGRAMMS AM BEISPIEL: <i>HERZ-KREISLAUF-ERKRANKUNGEN</i>	92
TABELLE 5.9 INTERVIEWFRAGEN ZUM VERSTÄNDNIS DES KONTEXTS DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG AM BEISPIEL: <i>DAS WASSERNETZ – EIN LEBENDES NETZ AUS ZELLEN</i> . PRÄPARAT: ZELLEN DES WASSERNETZES ..	92
TABELLE 5.10 SELBSTEINSCHÄTZUNGSAUSSAGEN ZUM ANGEFERTIGTEN ABLAUFDIAGRAMM AM BEISPIEL: <i>KOHLSTOFFKREISLAUF</i> ; (ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU, 4 = STIMME GAR NICHT ZU).....	94

TABELLE 5.11 SELBSTEINSCHÄTZUNGSAUSSAGEN ZUR ANGEFERTIGTEN MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG UND ZUM INTERESSE AM ZEICHNEN; (ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU, 4 = STIMME GAR NICHT ZU).....	94
TABELLE 5.12 MÜNDLICHE REFLEXIONSFRAGEN ZUM ANGEFERTIGTEN ABLAUFDIAGRAMM UND DEM DAMIT VERBUNDENEN VORGEHEN.....	96
TABELLE 5.13 MÜNDLICHE REFLEXIONSFRAGEN ZUR ANGEFERTIGTEN MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG UND DEM DAMIT VERBUNDENEN VORGEHEN	96
TABELLE 5.14 ÜBERSICHT ZUM ABLAUF DER UNTERSUCHUNGSDURCHFÜHRUNG UND DER DAUER DER JEWEILIGEN PHASEN	98
TABELLE 5.15 AUFGABENHEFTE UND KONTEXTKOMBINATIONEN	102
TABELLE 6.1 AUSGEWÄHLTE MERKMALE UND PSEUDONYME DER TEILNEHMENDEN SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER	111
TABELLE 7.1 ÜBERSICHT ZUR DATENAUFBEREITUNG, -AUSWERTUNG BZW. -ANALYSE.....	114
TABELLE 7.2 AUSSCHNITT DES TRANSKRIPTS TEIL B VON JONAS (S7D; ANHANG 6.1).....	118
TABELLE 7.3 KRITERIEN ZUR BEURTEILUNG VON ABLAUFDIAGRAMMEN.....	120
TABELLE 7.4 KRITERIEN ZUR BEURTEILUNG VON MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN.....	121
TABELLE 7.5 AUSWERTUNG DER INTERVIEWFRAGEN ZUR VORERFAHRUNG ZUM KONTEXT DER ABLAUFDIAGRAMME AM BEISPIEL VON CAROLIN (S10.1C).....	123
TABELLE 7.6 AUSWERTUNG DER INTERVIEWFRAGEN ZU DEN BISHERIGEN ERFAHRUNGEN DER TEILNEHMENDEN IM UMGANG MIT DEM MIKROSKOP UND ZUM MIKROSKOPISCHEN ZEICHNEN (VOR_MZ_1-7) SOWIE ZU DEN VORERFAHRUNGEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZUM KONTEXT DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN (VOR_MZ_8 UND VOR_MZ_9).....	124
TABELLE 7.7 AUSSCHNITT AUS DEM SCHÜLERPROFIL VON KLARA (S10.1A) ZUM ZEICHNEN-TEST.....	125
TABELLE 7.8 AUSSCHNITT AUS DEM SCHÜLERPROFIL VON PABLO (S10.2D) ZUR BEURTEILUNG DES ABLAUFDIAGRAMMS	126
TABELLE 7.9 AUSSCHNITT AUS DEM SCHÜLERPROFIL VON PABLO (S10.2D) ZUR BEURTEILUNG DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG.....	126
TABELLE 7.10 AUSSCHNITT AUS DEM SCHÜLERPROFIL VON PABLO (S10.2D) ZUR BESCHRIFTUNG DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG.....	127
TABELLE 7.11 AUSSCHNITT AUS DEM SCHÜLERPROFIL VON PABLO (S10.2D) ZUM LAUTEN DENKEN AM BEISPIEL DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG.....	127
TABELLE 7.12 AUSWERTUNG DER VERSTÄNDNISFRAGEN ZUM KONTEXT DES ABLAUFDIAGRAMMS AM BEISPIEL VON MELINDA (S10.2B).....	128
TABELLE 7.13 ANTWORTEN AUF DIE VERSTÄNDNISFRAGEN AM BEISPIEL VON UNTERSCHIEDLICHEN TEILNEHMENDEN	130
TABELLE 7.14 AUSSCHNITT AUS DEM KODIERMANUAL FÜR MANIFESTE SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER ABLAUFDIAGRAMME	141
TABELLE 7.15 AUSSCHNITT AUS DEM KODIERMANUAL FÜR MANIFESTE SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN.....	141
TABELLE 7.16 BEZUG ZWISCHEN DEN GEBILDETEN KATEGORIEN DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN UND DEN IN DER THEORETISCHEN RAHMUNG BESCHRIEBENEN MODELLEN UND THEORIEN (3.3, 3.4).....	146

TABELLE 7.17 BEZUG ZWISCHEN DEN GEBILDETEN KATEGORIEN DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER WÄHREND DER KONSTRUKTION VON MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN UND DEN IN DER THEORETISCHEN RAHMUNG BESCHRIEBENEN MODELLEN UND THEORIEN (3.3, 3.5).....	151
TABELLE 7.18 BEZUG ZWISCHEN DEN GEBILDETEN KATEGORIEN DER SCHÜLERTÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN UND DEN IN DER THEORETISCHEN RAHMUNG BESCHRIEBENEN MODELLEN UND THEORIEN (3.3, 3.4).....	162
TABELLE 7.19 BEZUG ZWISCHEN DEN GEBILDETEN KATEGORIEN DER SCHÜLERTÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION VON MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN UND DEN IN DER THEORETISCHEN RAHMUNG BESCHRIEBENEN MODELLEN UND THEORIEN (3.3, 3.4, 3.5).....	163
TABELLE 7.20 VARIABLEN ZU DEN TÄTIGKEITEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER ABLAUFDIAGRAMME (AD).....	168
TABELLE 7.21 VARIABLEN ZU DEN TÄTIGKEITEN DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER WÄHREND DER KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN (Mz).....	169
TABELLE 8.1 ANGABEN ZUR INTERCODER-ÜBEREINSTIMMUNG HINSICHTLICH DER KRITERIALEN BEURTEILUNG UNTERSCHIEDLICHER ZEICHNUNGEN.....	181
TABELLE 8.2 ÜBEREINSTIMMUNGEN UND ABWEICHUNGEN BEI DER INHALTLICHEN BEURTEILUNG UNTERSCHIEDLICHER ZEICHNUNGEN.....	182
TABELLE 8.3 ANGABEN ZUR INTERCODER-ÜBEREINSTIMMUNG HINSICHTLICH DER IDENTIFIZIERTEN SCHWIERIGKEITEN.....	183
TABELLE 8.4 ANGABEN ZUR INTRACODER-ÜBEREINSTIMMUNG HINSICHTLICH DER IDENTIFIZIERTEN SCHWIERIGKEITEN.....	183
TABELLE 8.5 ÜBEREINSTIMMUNGEN UND ABWEICHUNGEN BEI DER KODIERUNG DER SCHÜLERTÄTIGKEITEN	184
TABELLE 9.1 ÜBERSICHT ZU DEN TÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN.....	193
TABELLE 9.2 ÜBERSICHT ZU DEN TÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION VON MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN.....	195
TABELLE 9.3 ÜBERSICHT ZU DEN SCHWIERIGKEITEN DER TEILNEHMENDEN BEI DER ANFERTIGUNG DER ABLAUFDIAGRAMME.....	197
TABELLE 9.4 DAUER DER ABLENKUNGEN (VGL. $T_{OFF-TASK-AKTIVITÄTAD}$ IN ANHANG 9.6) VON DER ZEICHENAUFGABE WÄHREND DER ANFERTIGUNG DER ABLAUFDIAGRAMME IN SEKUNDEN (S) UND KENNZEICHNUNG DER ABLENKUNG ALS SCHWIERIGKEIT (*).....	198
TABELLE 9.5 SELBSTEINSCHÄTZUNG DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZU DEN AUSSAGEN A) „DIE ANFERTIGUNG MEINES SCHAUBILDS HAT MIR DABEI GEHOLFEN, EINEN ÜBERBLICK ÜBER [KONTEXT 7, 8, 10.1 BZW. 10.2] ZU ERLANGEN.“ (SE_AD_1, ANHANG 4) UND B) „DIE ANFERTIGUNG MEINES SCHAUBILDS HAT MIR DABEI GEHOLFEN, [KONTEXT 7, 8, 10.1 BZW. 10.2] ZU VERSTEHEN.“ (SE_AD_2, ANHANG 4) IM ZUSAMMENHANG MIT DEM JEWEILIGEN ABLAUFDIAGRAMM MIT DEN ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU UND 4 = STIMME GAR NICHT ZU.....	200
TABELLE 9.6 SELBSTEINSCHÄTZUNG DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZU DEN AUSSAGEN A) „ICH ZEICHNE GERNE IM BIOLOGIEUNTERRICHT.“ UND B) „ICH ZEICHNE GERNE AUßERHALB DES BIOLOGIEUNTERRICHTS.“ MIT DEN ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU UND 4 = STIMME GAR NICHT ZU.....	202
TABELLE 9.7 SELBSTEINSCHÄTZUNG DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZU DEN AUSSAGEN A) „BEIM LESEN WAR ICH GANZ BEI DER SACHE.“ UND B) „BEI DER ANFERTIGUNG DES SCHAUBILDS (ZEICHNEN) WAR ICH GANZ BEI DER SACHE.“ IM ZUSAMMENHANG MIT DEM JEWEILIGEN ABLAUFDIAGRAMM MIT DEN ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU UND 4 = STIMME GAR NICHT ZU.....	203
TABELLE 9.8 AUSZUG DER KRITERIALEN BEURTEILUNG DER GEZEICHNETEN ABLAUFDIAGRAMME FÜR DAS KRITERIUM <i>ZWECKMÄßIGE STRUKTURIERUNG</i> (ANHANG 9.5), DIE AUSPRÄGUNGEN 0 = GAR NICHT, 1 = IN	

ANSÄTZEN, 2 = TEILWEISE, 3 = MEHRHEITLICH, 4 = VOLLSTÄNDIG GEBEN AN, INWIEWEIT DAS JEWEILIGE KRITERIUM ERFÜLLT WURDE	205
TABELLE 9.9 AUSPRÄGUNGEN DER VARIABLE <i>T_SCHAUT_STILL_AUF_DIE_ZEICHNUNG_{AD}</i> IM KONSTRUKTIONSPROZESS DER ABLAUFDIAGRAMME IN SEKUNDEN (S).....	214
TABELLE 9.10 DAUER AUSGEWÄHLTER SCHÜLERTÄTIGKEITEN ZUM KONTEXT 7: <i>AUSWIRKUNG VON LUFTSCHADSTOFFEN AUF WÄLDER</i>	221
TABELLE 9.11 SELBSTEINSCHÄTZUNG DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZUR AUSSAGE „ES FIEL MIR SCHWER, DIE FÜR DAS SCHAUBILD NOTWENDIGEN BEGRIFFE IM TEXT AUSZUWÄHLEN.“ IN BEZUG ZUM JEWEILIGEN ABLAUFDIAGRAMM MIT DEN ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU UND 4 = STIMME GAR NICHT ZU SOWIE PROZENTUALER ANTEIL DER AUS DER TEXTGRUNDLAGE DARGESTELLTEN ELEMENTE.....	223
TABELLE 9.12 LESEGESCHWINDIGKEIT (PR-WERT) NACH SCHNEIDER ET AL. (2007): 96-100 = AUSGEZEICHNETE LEISTUNG, 76-95 = ÜBERDURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG, 51-75 = DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG (OBERER DURCHSCHNITT), 26-50 = DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG (UNTERER DURCHSCHNITT), 11-25 = UNTERDURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG, 6-10 = SCHWACHE LEISTUNG UND 0-5 = SEHR SCHWACHE LEISTUNG SOWIE DAUER DER INITIALEN AUSEINANDERSETZUNG MIT DER TEXTGRUNDLAGE (<i>T_LIEST_VORAB_{AD}</i>) IN SEKUNDEN (S)	233
TABELLE 9.13 LESEVERSTÄNDNIS (PR-WERT) NACH SCHNEIDER ET AL. (2007): 96-100 = AUSGEZEICHNETE LEISTUNG, 76-95 = ÜBERDURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG, 51-75 = DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG (OBERER DURCHSCHNITT), 26-50 = DURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG (UNTERER DURCHSCHNITT), 11-25 = UNTERDURCHSCHNITTLICHE LEISTUNG, 6-10 = SCHWACHE LEISTUNG UND 0-5 = SEHR SCHWACHE LEISTUNG SOWIE DAUER DES INITIALEN (<i>LIEST_VORAB_{AD}</i>) UND GESAMTEN LESENS (<i>LIEST_GESAMT_{AD}</i>) IN SEKUNDEN (S)	234
TABELLE 9.14 ÜBERSICHT ZU DEN SCHWIERIGKEITEN DER TEILNEHMENDEN BEI DER ANFERTIGUNG DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN	237
TABELLE 9.15 DAUER DER ABLENKUNGEN (VGL. <i>T_OFF-TASK-AKTIVITÄT_{MZ}</i> IN ANHANG 9.7) VON DER ZEICHENAUFGABE WÄHREND DER ANFERTIGUNG DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN IN SEKUNDEN (S) UND KENNZEICHNUNG DER ABLENKUNG ALS SCHWIERIGKEIT (*)	239
TABELLE 9.16 SELBSTEINSCHÄTZUNG DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZU DEN AUSSAGEN A) „DAS ZEICHNEN HAT MIR DABEI GEHOLFEN, EINEN ÜBERBLICK ÜBER DEN AUFBAU DES MIKROSKOPIERTEN OBJEKTS ZU ERLANGEN.“ (SE_MZ_1, ANHANG 4) UND B) „DAS ZEICHNEN HAT MIR DABEI GEHOLFEN, DIE ZUSAMMENHÄNGE ZU VERSTEHEN.“ (SE_MZ_2, ANHANG 4) IM ZUSAMMENHANG MIT DER JEWEILIGEN MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG MIT DEN ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU UND 4 = STIMME GAR NICHT ZU	239
TABELLE 9.17 SELBSTEINSCHÄTZUNG DER SCHÜLERINNEN UND SCHÜLER ZU DEN AUSSAGEN A) „BEIM LESEN WAR ICH GANZ BEI DER SACHE.“ UND B) „BEIM ZEICHNEN WAR ICH GANZ BEI DER SACHE.“ IM ZUSAMMENHANG MIT DER JEWEILIGEN MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNG MIT DEN ANTWORTALTERNATIVEN: 1 = STIMME VOLL UND GANZ ZU, 2 = STIMME EHER ZU, 3 = STIMME EHER NICHT ZU UND 4 = STIMME GAR NICHT ZU.....	241
TABELLE 9.18 DAUER DER OPTIONALEN TÄTIGKEIT <i>PUNKTET_SCHRAFFIERT_MALT_AUS_{MZ}</i> WÄHREND DER ERSTEN AUFGABENSTELLUNG IN SEKUNDEN (S).....	248
TABELLE 9.19 AUSZUG AUS DER KRITERIALEN BEURTEILUNG DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN FÜR DAS KRITERIUM <i>ABSTRAKTIONSGRAD</i> (ANHANG 9.5), DIE AUSPRÄGUNGEN 0 = GAR NICHT, 1 = IN ANSÄTZEN, 2 = TEILWEISE, 3 = MEHRHEITLICH, 4 = VOLLSTÄNDIG GEBEN AN, INWIEWEIT DAS JEWEILIGE KRITERIUM ERFÜLLT WURDE.....	250
TABELLE 9.20 AUSPRÄGUNG DER VARIABLE <i>T_SCHAUT_STILL_AUF_DIE_ZEICHNUNG_{MZ}</i> IM KONSTRUKTIONSPROZESS DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN IN SEKUNDEN (S)	260
TABELLE 9.21 AUSWERTUNG DER ANZAHL DESKRIPTIONAL, DEPIKTIONAL ODER HYBRID DARGESTELLTER ELEMENTE	277

TABELLE 9.22 TYPBEZOGENE MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN ZUM PROZENTUALEN ANTEIL DER DARGESTELLTEN TEXTINFORMATIONEN SOWIE ZUM VERHÄLTNIS DES ANTEILS DER DEPIKTIONAL UND DESKRIPTIONAL DARGESTELLTEN ELEMENTE.....	279
TABELLE 9.23 VERTEILUNG DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER AUF DIE DREI TYPEN, DIE DIE KONSTRUKTION DER ABLAUFDIAGRAMME BETREFFEN	281
TABELLE 9.24 TYPBEZOGENE MITTELWERTE UND STANDARDABWEICHUNGEN ZUR VOLLSTÄNDIGKEIT GEZEICHNETER STRUKTUREN UND ZUR HÄUFIGKEIT DES MIKROSKOPIERENS	285
TABELLE 9.25 VERTEILUNG DER SCHWIERIGKEITEN BZW. FEHLER AUF DIE DREI TYPEN, DIE DIE KONSTRUKTION DER MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN BETREFFEN	288
TABELLE 9.26 VERORTUNG DER FALLBESCHREIBUNGEN UND BEZUG ZU DEN REPRÄSENTATIONSSPEZIFISCHEN SCHÜLERTYPEN.....	289
TABELLE 9.27 ÜBERSICHT ZU DEN TÄTIGKEITEN WÄHREND DER KONSTRUKTION VON ABLAUFDIAGRAMMEN UND MIKROSKOPISCHEN ZEICHNUNGEN	324

Anhang

Anhang 1: Materialien und Erwartungshorizonte zu den Kontexten der Ablaufdiagramme

Nachfolgend sind die vier Textgrundlagen der Ablaufdiagramme dargestellt. Diese stellen die Basis dar, auf der die Schülerinnen und Schüler jeweils ein Ablaufdiagramm anfertigten. Den Textgrundlagen sind die inhaltlichen Erwartungshorizonte angegliedert, die bei der Beurteilung der Zeichnungen der Schülerinnen und Schüler zum Einsatz kamen.

Anhang 1.1: Kontext 7 - Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Textgrundlage

Rauchgase aus Schornsteinen privater Häuser und Fabriken können besonders bei Nadelbäumen zu erheblichen Schäden führen (vgl. Abb. 1¹). Doch nicht nur Nadelbäume, sondern auch Laubbäume sind durch Luftschadstoffe belastet. Die größte Schädigung der Wälder in Deutschland fand in den 1980er Jahren statt. Damals wurde noch sehr viel Braunkohle zur Energiegewinnung genutzt und regenerative Energien (Sonnenenergie, Windenergie, Erdwärme) spielten noch eine eher untergeordnete Rolle.

Bei der Verbrennung von fossilen Brennstoffen (z. B. Erdöl, Braunkohle) entstehen Verbrennungsgase, die Luftschadstoffe wie z. B. Schwefeloxide und Stickstoffoxide enthalten. Kommen diese Gase in der Atmosphäre mit Wasser in Berührung, bilden sich Säuren, die vor allem als saurer Regen, aber auch in Form von Nebel, Nadeln und Blätter schädigen. Das saure Regenwasser zerstört den Wachsüberzug auf der Oberfläche von Nadelblättern. Damit sind, im Falle einer Fichte, die Nadeln nur noch wenig vor Verdunstung geschützt. Dies ist vor allem dann problematisch, wenn wenig Wasser im Boden zur Verfügung steht, also z. B. in kalten Wintermonaten oder wenn in den Sommermonaten eine hohe Sonneneinstrahlung vorliegt und wenig Niederschlag fällt. Durch den erhöhten Wasserverlust ergibt sich für den Gesamtorganismus eine verringerte Widerstandskraft gegenüber Frost- und Hitzeperioden. Die Infektion durch Schädlinge, wie z. B. Insekten, Pilze, Bakterien und Viren, wird begünstigt. Außerdem führt saurer Regen im Boden zur Auswaschung von Mineralsalzen, die Bäume über ihre Wurzel normalerweise aus dem Boden aufnehmen. Zudem setzt saurer Regen giftige Metallionen frei, die die Wurzeln der Bäume zusätzlich schädigen. Dies hat zur Folge, dass die gesamte Wasser- und Mineralstoffaufnahme gestört ist und der Baum somit zusätzlich anfälliger gegenüber Frost- und Hitzeperioden sowie Infektionen durch Schädlinge ist.

Stickstoffverbindungen, die durch Regen wieder auf die Erde gelangen, führen außerdem zu einer übermäßigen Düngung des Waldes. Infolgedessen wachsen Pflanzen deutlich schneller, verlieren durch schnelles Höhenwachstum jedoch an Stabilität. Gleichzeitig stehen aber nicht genügend Mineralsalze für gesundes Wachstum zur Verfügung. Heranwachsende Bäume werden somit geschädigt und sind vermehrt anfällig gegen Frost- und Hitzeperioden, Sturm und Schädlinge.

¹ Hier nicht dargestellt.

Die Schädigung der Wälder hat seit den 1980er Jahren zwar nachgelassen, dennoch sprechen Experten davon, dass der globale Ausstoß von Luftschadstoffen und Stickstoff weiter reduziert werden muss und vermehrt erneuerbare Energiequellen genutzt werden sollten.

Die zur Erstellung der Texte verwendete Literatur ist in Unterkapitel 5.1.2 benannt.

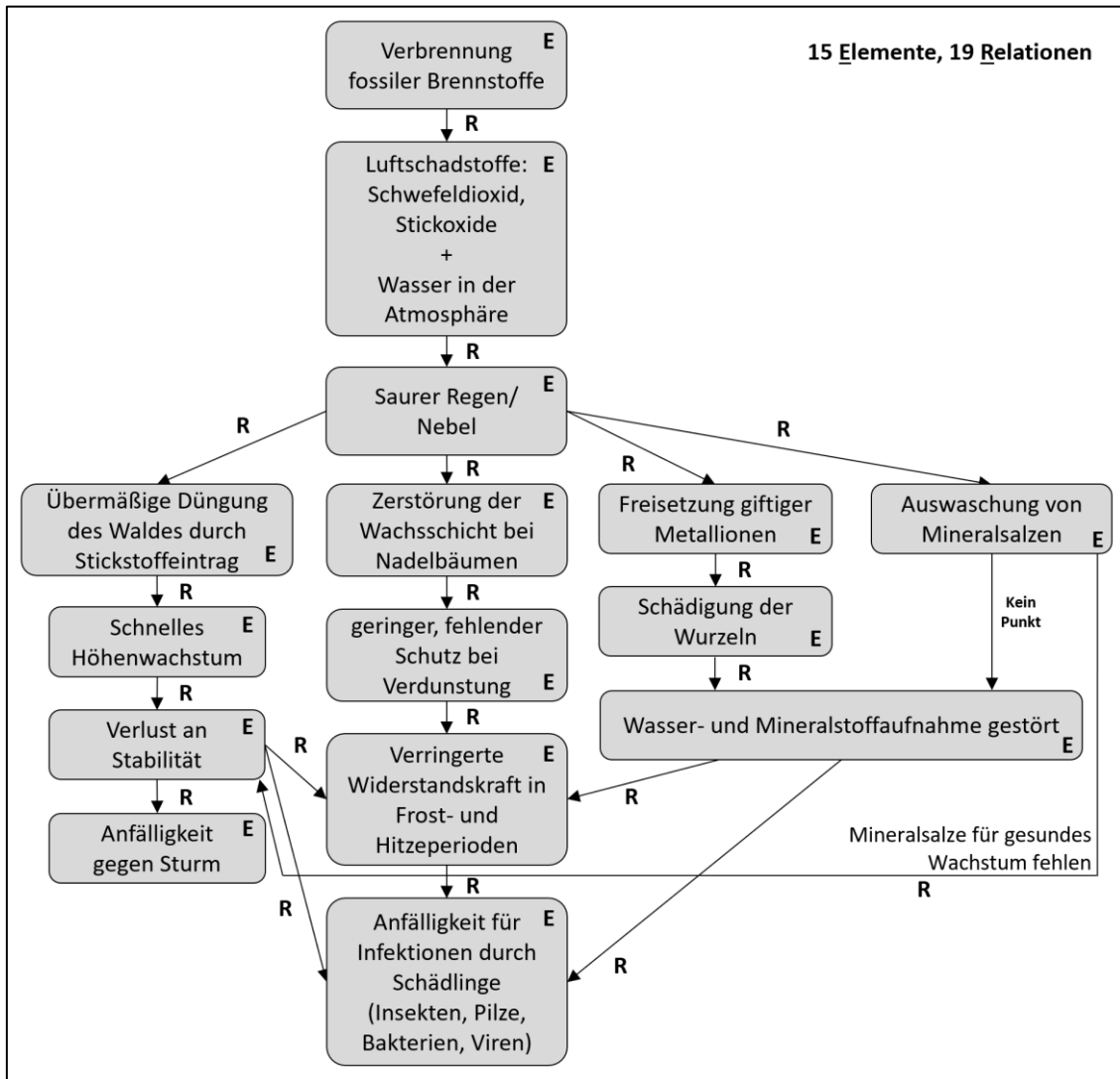


Abbildung A1.1 Inhaltlicher Erwartungshorizont zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Anhang 1.2: Kontext 8 – Kohlenstoffkreislauf

Textgrundlage

Der Kohlenstoffkreislauf ist aktueller denn je, da er uns vor Augen führt, welche entscheidende Rolle der Mensch beim Klimawandel spielt.

Betrachtet man den globalen Kohlenstoffkreislauf, so wird die Erde als geschlossenes System betrachtet, aus dem Kohlenstoff in bedeutsamen Mengen weder entweicht (z. B. Raumfahrt) noch hinzukommt (z. B. Meteorite).

Kohlenstoff (C) kommt in der Atmosphäre vor allem in Form von Kohlenstoffdioxid (CO₂) vor. Der Name dieses bedeutsamen Gases ist dir bestimmt noch aus Debatten über den Klimawandel in Erinnerung geblieben. In der Luft, die wir atmen, liegt der Anteil an CO₂ gerade mal bei 0,04%. Diese geringe Konzentration reicht dennoch aus, dass Pflanzen CO₂-Moleküle über ihre Oberfläche aufnehmen und beim Vorhandensein von Wasser und Licht Photosynthese betreiben können. Pflanzen gelten als Primärproduzenten, da sie aus energiereichen anorganischen Substanzen (CO₂, H₂O) energiereiche organische Substanzen (Glukose und weitere Kohlenhydrate, sowie Fette und Proteine) herstellen können. Der Verzehr dieses kohlenstoffhaltigen Pflanzenmaterials dient Primärkonsumenten/Pflanzenfressern (z. B. Hamster, Maus) als Nahrungsquelle, da diese ja keine Fotosynthese zur Energiegewinnung betreiben können. Die Sekundärkonsumenten/Fleischfresser (z. B. Eule) wiederum decken ihren Energiebedarf, indem sie verschiedene Primärkonsumenten fressen. Der Mensch als Endkonsument nimmt Kohlenstoffe in den unterschiedlichsten organischen Formen durch jede Mahlzeit auf. Menschen, Tiere, Pflanzen und Pilze produzieren bei der (Zell-)Atmung CO₂, das letztendlich an die Umgebung, also die uns umgebende Atmosphäre, abgegeben wird.

Sterben Produzenten und Konsumenten ab, so werden diese von Destruenten zersetzt. Zu diesen gehören Mikroorganismen, wie z. B. verschiedene Bakterien, Algen und Pilze. Mikroorganismen geben beim Abbau organischer Substanz Kohlenstoffdioxid an die Atmosphäre ab. An dieser Stelle könnte man behaupten, dass sich der Kohlenstoffkreislauf wieder geschlossen hat. Doch es gibt zahlreiche weitere Teilprozesse, die Bestandteile des Kohlenstoffkreislaufs sind. Einige weitere werden nachfolgend vorgestellt.

Produzenten und Konsumenten können nach deren Tod an den Grund von Meeren und Seen absinken (Sedimentation) und sich dort über große Zeiträume zu massiven Schichten auflagern. Im Lauf der Erdgeschichte sind durch diese Form der Ablagerung beispielsweise Braun-/Steinkohle, Erdöl und Erdgas entstanden. Viele Jahrtausende später hat der Mensch große Vorkommen dieser gefördert. Bei deren industriellen Nutzung, z. B. Verbrennung zur Energiegewinnung, wird Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre abgegeben. Roden Menschen Wälder und verbrennen organisches Material, wird ein beträchtlicher Teil des in

Organismen gebundenen Kohlenstoffs ebenso in Form von Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre abgegeben, der auf natürlichem Wege nicht freigegeben wäre. Wächst weder an der gleichen noch an einer anderen Stelle Wald nach, so steigt die atmosphärische Konzentration an Kohlenstoffdioxid. Letztere wird als eine von mehreren Gründen für den Klimawandel angesehen. Die CO₂-Konzentration in der Atmosphäre ist in den letzten 250 Jahren, seit Beginn der industriellen Revolution, um etwa 30% gestiegen.

Die zur Erstellung der Texte verwendete Literatur ist in Unterkapitel 5.1.2 benannt.

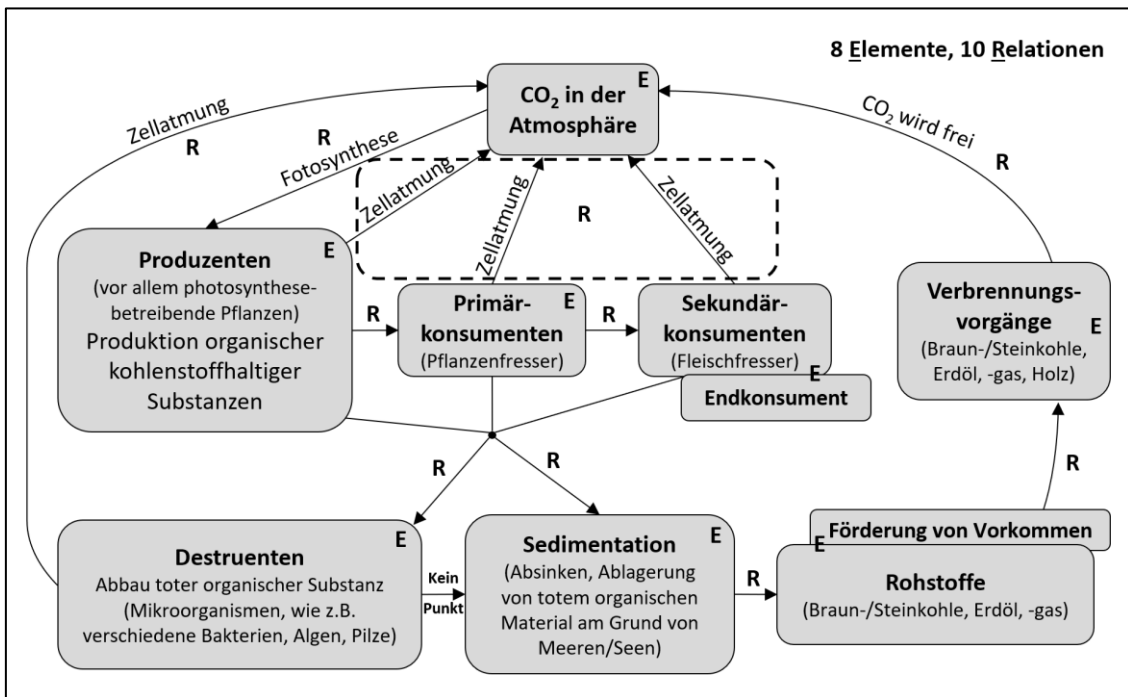


Abbildung A1.2 Inhaltlicher Erwartungshorizont zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Anhang 1.3: Kontext 10.1 – Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Textgrundlage

Das heutige Leben ist dank vielfältiger technischer Errungenschaften, wie z. B. Auto oder Waschmaschine, deutlich bequemer, als es noch vor 100 Jahren der Fall war. Parallel dazu ist das Lebensmittelangebot über die letzten Jahrzehnte deutlich reichhaltiger geworden, als es früher der Fall war. Der übermäßige und unreflektierte Nahrungskonsum kann jedoch zu erheblichen gesundheitlichen Risiken führen.

Viele Menschen bewegen sich in ihrer Freizeit deutlich weniger als früher. Sofa, Streamingdienste, Computer und Ähnliches sind zu einer bequemen Alternative geworden. Auch der berufliche Alltag ist für viele Menschen mit wenig körperlicher Belastung verbunden. Aus diesen Gründen ist die Energieaufnahme oftmals größer als der Energieverbrauch. Den Überschuss speichert der Körper als Fettreserve. Übergewicht ist langfristig die unausweichliche Folge.

Doch es geht nicht nur um die Menge der aufgenommenen Nahrung. Viele Menschen nehmen zu viele Süßigkeiten oder zu fette und sehr salzige Nahrungsmittel auf. Dies kann nicht nur zu Diabetes führen, sondern häufig auch zu einem hohen Blutdruck, der wiederum Blutgefäße schädigt und die Entstehung weiterer Herz-Kreislauf-Erkrankungen fördert.

Gelangen durch falsche Ernährung viele Fettbestandteile in unser Blut, so werden diese nicht immer vollständig verbraucht. Ein Teil davon lagert sich an den Innenwänden von Blutgefäßen ab. Diese Ablagerungen bezeichnet man als Plaques. Die Folge davon sind Verhärtungen und dauerhafte Entzündungen in der Gefäßwand. Die auf diese Weise zustande gekommene Schädigung der Blutgefäße kann durch Rauchen, genetische Veranlagung und einen generell erhöhten Blutdruck begünstigt werden. Die so beeinträchtigten Gewebe können sich bei körperlicher Belastung nicht mehr erweitern. Es kommt zu Durchblutungsstörungen, die sich z. B. in Form von Muskelschmerzen ausdrücken können.

Platzen Plaques auf, können Blutgefäße in Folge freiwerdender Entzündungsstoffe durch anschließende Blutgerinnung verstopfen. Es bildet sich ein Blutgerinnsel, das auch als Thrombus bezeichnet wird (vgl. Abb. 1¹). Ereignet sich dieser Vorgang in einem das Herz versorgenden Blutgefäß, kommt es zum sogenannten Herzinfarkt. Ereignet sich dieser Vorgang jedoch in einem das Gehirn versorgenden Blutgefäß, spricht man von einem Hirninfarkt bzw. Schlaganfall. In beiden Fällen stirbt ein Teil der Gewebe (Herzgewebe, Hirnareal), die nicht mehr versorgt werden können, ab. Laut einer aktuellen Statistik des Robert Koch-Instituts gehen 40% der Sterbefälle in Deutschland auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen zurück.

¹ Hier nicht dargestellt.

Die zur Erstellung der Texte verwendete Literatur ist in Unterkapitel 5.1.2 benannt.

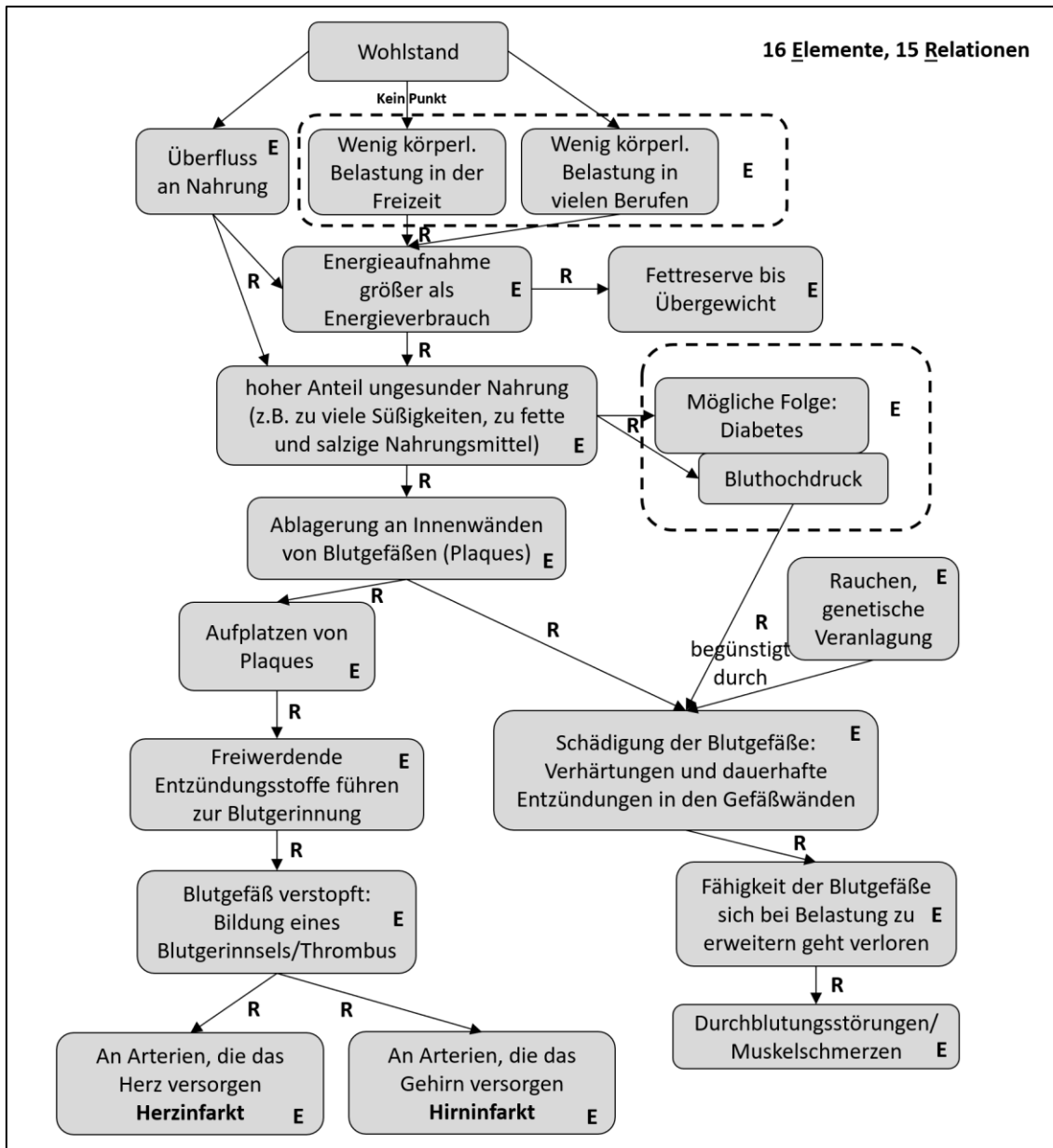


Abbildung A1.3 Inhaltlicher Erwartungshorizont zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Anhang 1.4: Kontext 10.2 – Schilddrüse und hormonelle Regulation

Textgrundlage

Die Schilddrüse sitzt bei uns unterhalb des Kehlkopfs (vgl. Abb. 1¹). Sie ist für die Produktion des jodhaltigen Hormons Thyroxin verantwortlich. Aus diesem Grund müssen wir Jod über unsere Nahrung aufnehmen. Thyroxin übernimmt eine wesentliche Steuerungsfunktion beim Energiestoffwechsel, erhöht die Sauerstoffaufnahme und spielt bei Heranwachsenden im Entwicklungsprozess eine Rolle.

Den Zeitpunkt der Ausschüttung des Thyroxins regelt allerdings nicht die Schilddrüse selbst, da diese ebenfalls hormonell gesteuert wird. Im Gehirn bilden die Zellen des Hypothalamus das Thyreotropin-Releasing-Hormon (abgekürzt: TRH). Die Freisetzung dieses Hormons wird unmittelbar durch das Gehirn gesteuert. Zur Freisetzung kommt es beispielsweise bei Kälte und Stress.

TRH bindet in einer benachbarten Gehirnregion, der Hypophyse, an spezifische Rezeptoren*, die in den Zellmembranen der einzelnen Hypophyse-Zellen verankert sind. Daraufhin produziert die Hypophyse das sogenannte Thyreoidea-stimulierende Hormon (abgekürzt: TSH). Dieses gelangt zur Schilddrüse und bindet dort wiederum an spezifische Rezeptoren, die in den Zellmembranen der einzelnen Schilddrüsen-Zellen verankert sind. Die Schilddrüse setzt daraufhin Thyroxin frei. Das Blut befördert die Hormone bis zu den entferntesten Regionen des Körpers. Nahezu alle Körperzellen besitzen spezifische Rezeptoren für Thyroxin, allerdings befinden sich diese Rezeptoren im Zellinneren und nicht in der Zellmembran. Körperzellen, die Rezeptoren für Thyroxin besitzen, können als Zielzellen für dieses Hormon bezeichnet werden.

Auch die Zellen des Hypothalamus und der Hypophyse besitzen spezifische Rezeptoren, an denen Thyroxin binden kann, jedoch befinden sich diese Rezeptoren an der Zellmembran. Die Bindung von Thyroxin hemmt dort die weitere Synthese und Freisetzung von TRH bzw. TSH. Diese gegenseitige Hemmung bezeichnet man als negative Rückkopplung. Sie trägt damit zur Stabilisierung des Hormonhaushaltes bei.

* Spezifische Rezeptoren = Rezeptoren, an die nur eine ganz bestimmte Substanz binden kann, z. B. Thyroxin oder TRH oder TSH.

Die zur Erstellung der Texte verwendete Literatur ist in Unterkapitel 5.1.2 benannt.

¹ Hier nicht dargestellt.

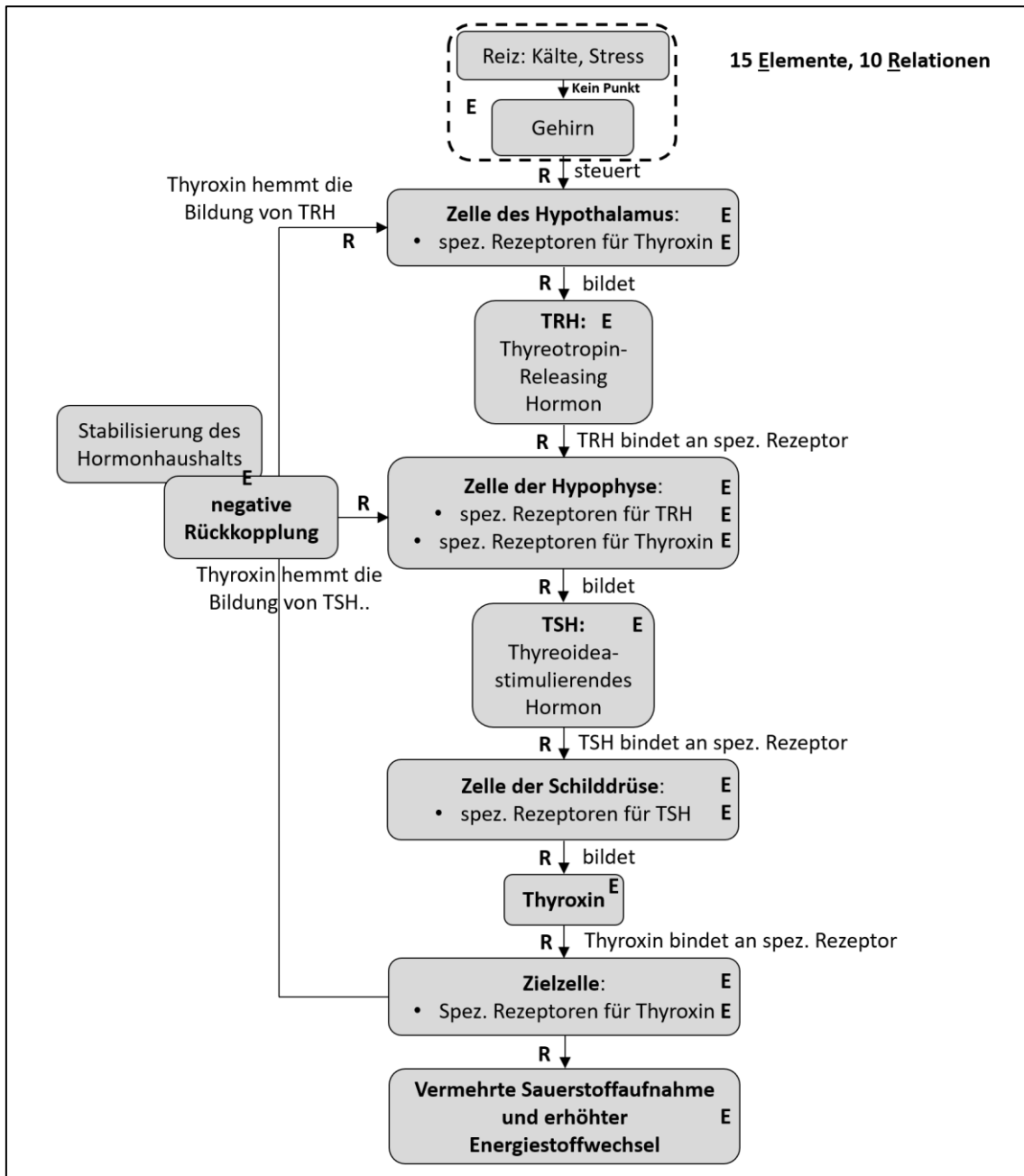


Abbildung A1.4 Inhaltlicher Erwartungshorizont zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation

Anhang 2: Materialien und Erwartungshorizonte zu den Kontexten der mikroskopischen Zeichnungen

Nachfolgend sind jeweils der Einführungstext, die Aufgabenstellung, ein Foto des Sichtfelds des Mikroskops, eine fotografische Referenz zur Beschriftung der Zeichnung und der Erwartungshorizont zu einem der vier Kontexte dargestellt.

Anhang 2.1: Kontext 7 – Zellen des Wassernetzes

Einführungstext und Aufgabenstellung

Vielleicht bist du dem Wassernetz (*Hydrodictyon*; eine Gattung der Grünalgen) bereits einmal begegnet, als du einen See besucht hast. Charakteristisch für diese Grünalge ist die Netzstruktur (Abb. 1)¹. Diese mikroskopierst du heute.

1.) Aufgabe

- Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld.
- Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- Zeichne keine Zellorganellen ein.

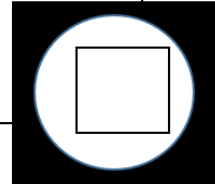


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

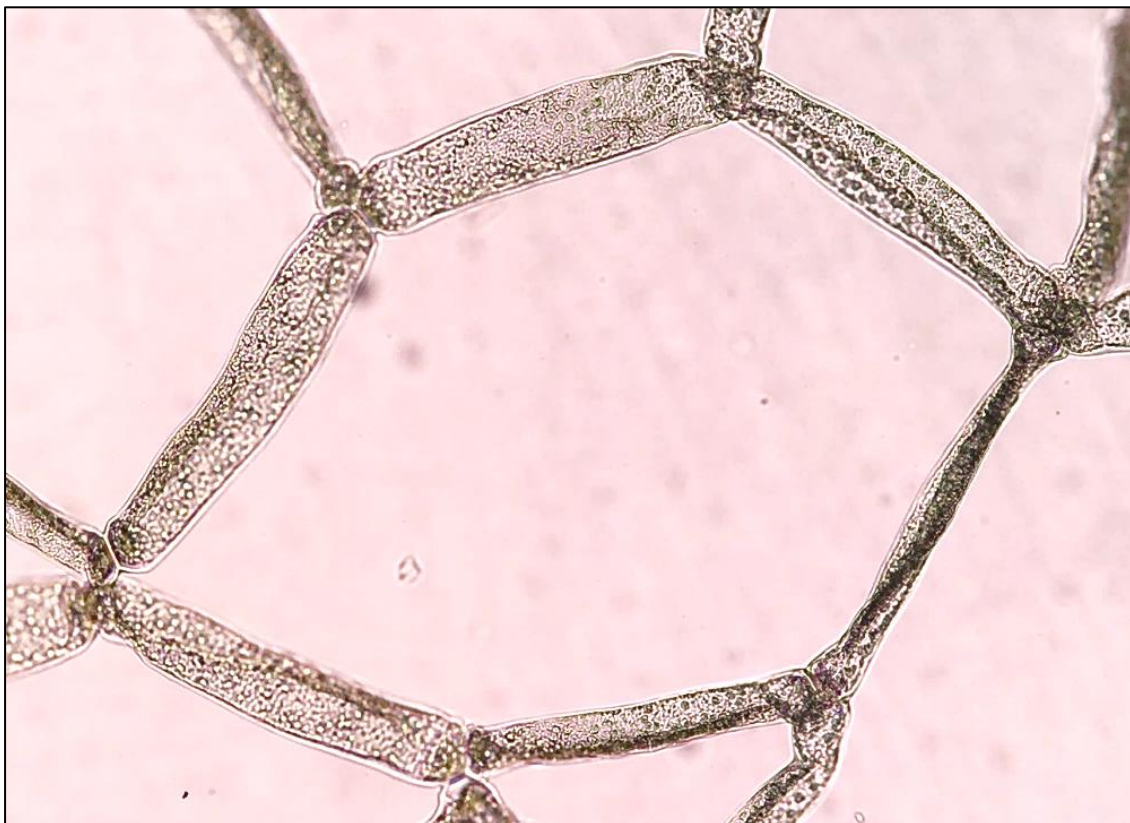


Abbildung A2.1 Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung, Zellen des Wassernetzes (*Hydrodictyon spec.*)

¹ Hier nicht dargestellt.

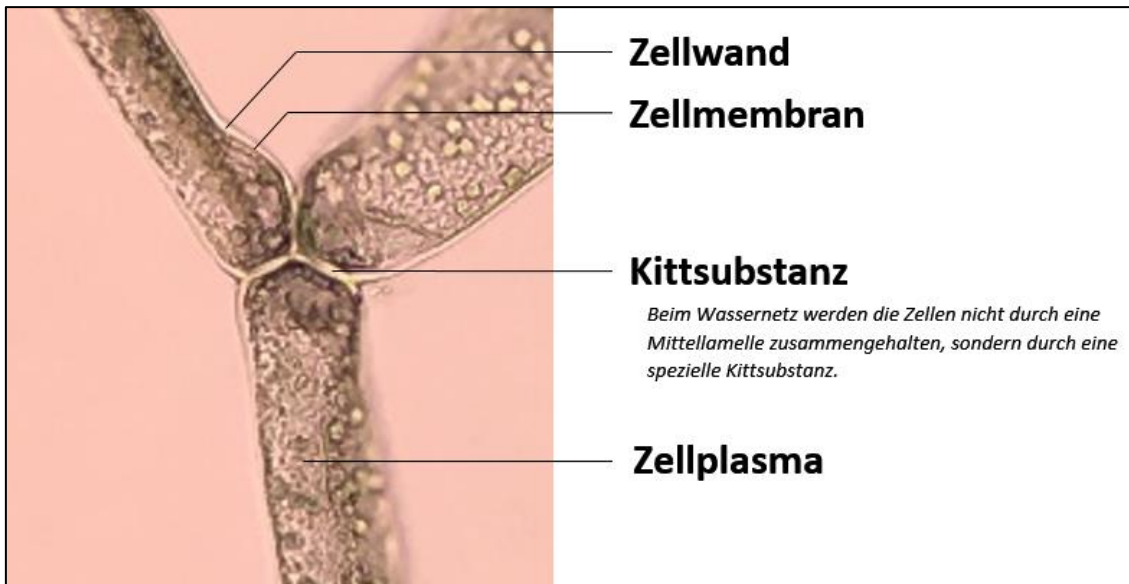


Abbildung A2.2 Fotografie dreier Wassernetz-Zellen (*Hydrodictyon spec.*), die als Referenz für die Beschriftung der Zeichnung (Beschriftungsvorlage) während der zweiten Aufgabenstellung diente

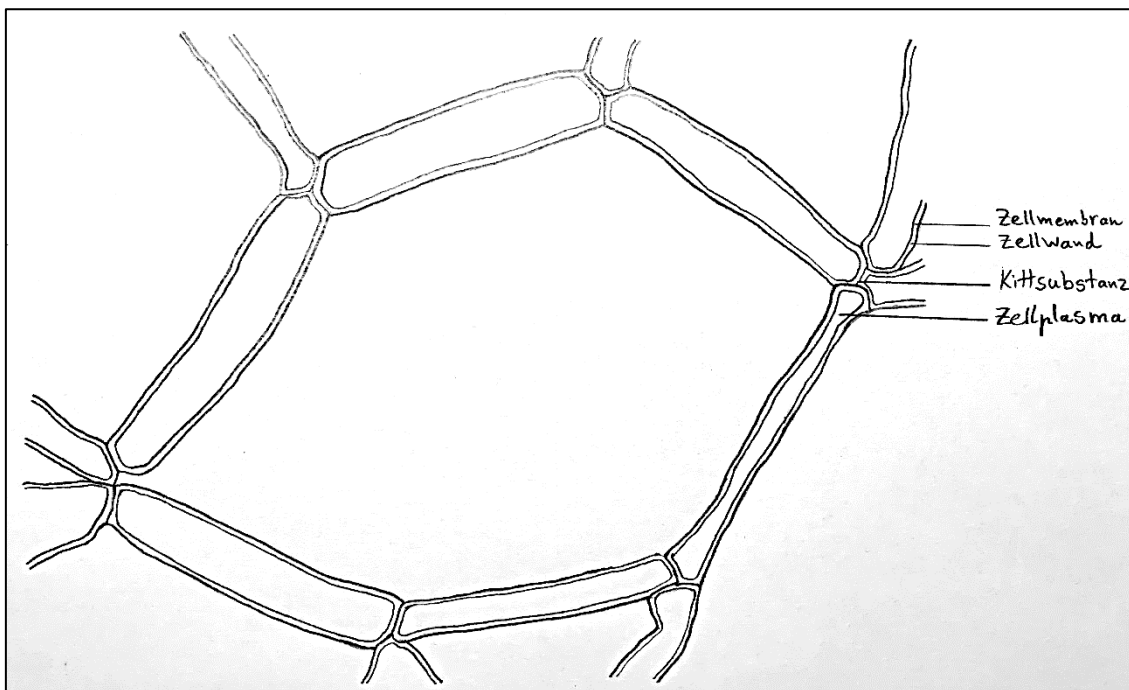


Abbildung A2.3 Erwartungshorizont zu Kontext 7: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen

Anhang 2.2: Kontext 8 – Amöbe

Einführungstext und Aufgabenstellung

Das Präparat, das du unter dem Mikroskop siehst, zeigt eine Amöbe (*Amoeba proteus*). Es gibt viele unterschiedliche Amöbenarten. Amöben sind sowohl über die gesamte Nord- als auch die gesamte Südhalbkugel verbreitet. Sie kommen nahezu überall vor, wo Wasser anzutreffen ist (z. B. in feuchten Böden, Seen, Flüssen (Abb. 1)¹ oder im Meer), und ernähren sich dort vor allem von kleineren Einzellern und Bakterien.

Amöben werden zwischen 0,1 bis 0,8 mm groß. Im Vergleich dazu hat unser Kopfhaar einen Durchmesser von ca. 0,1 mm. Eine Amöbe ist eine einzige Zelle, die meist gänzlich farblos unter dem Mikroskop erscheint und für unser Auge nur bei sehr genauem Hinsehen als kleiner Punkt auf dem Objektträger erkennbar ist. Um die Zellorganellen sichtbar zu machen, haben wir die Amöbe, die du betrachtest, bläulich angefärbt.

1.) Aufgabe

- Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe.
- Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

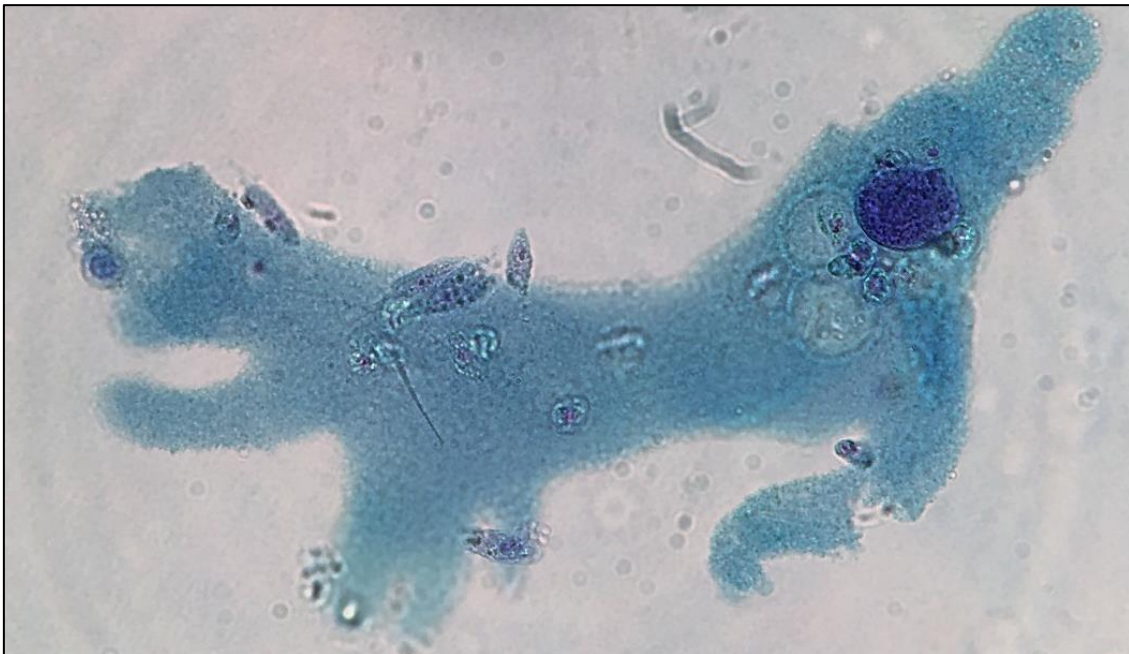


Abbildung A2.4 Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung, Amöbe (*Amoeba proteus*)

¹ Hier nicht dargestellt.

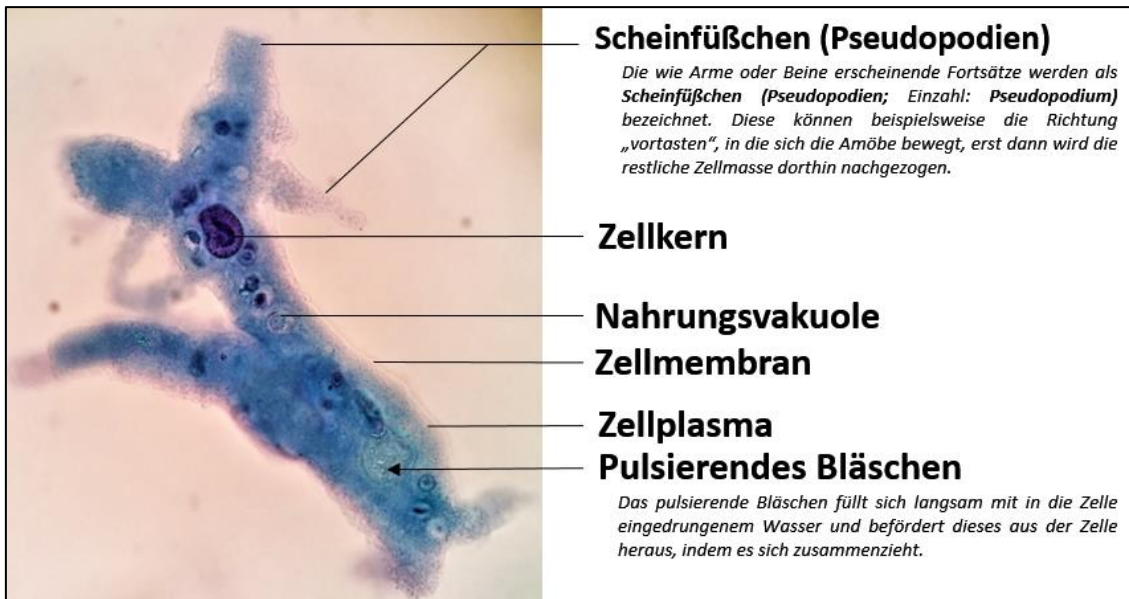


Abbildung A2.5 Fotografie einer Amöbe, die als Referenz für die Beschriftung der Zeichnung (Beschriftungsvorlage) während der zweiten Aufgabenstellung diente

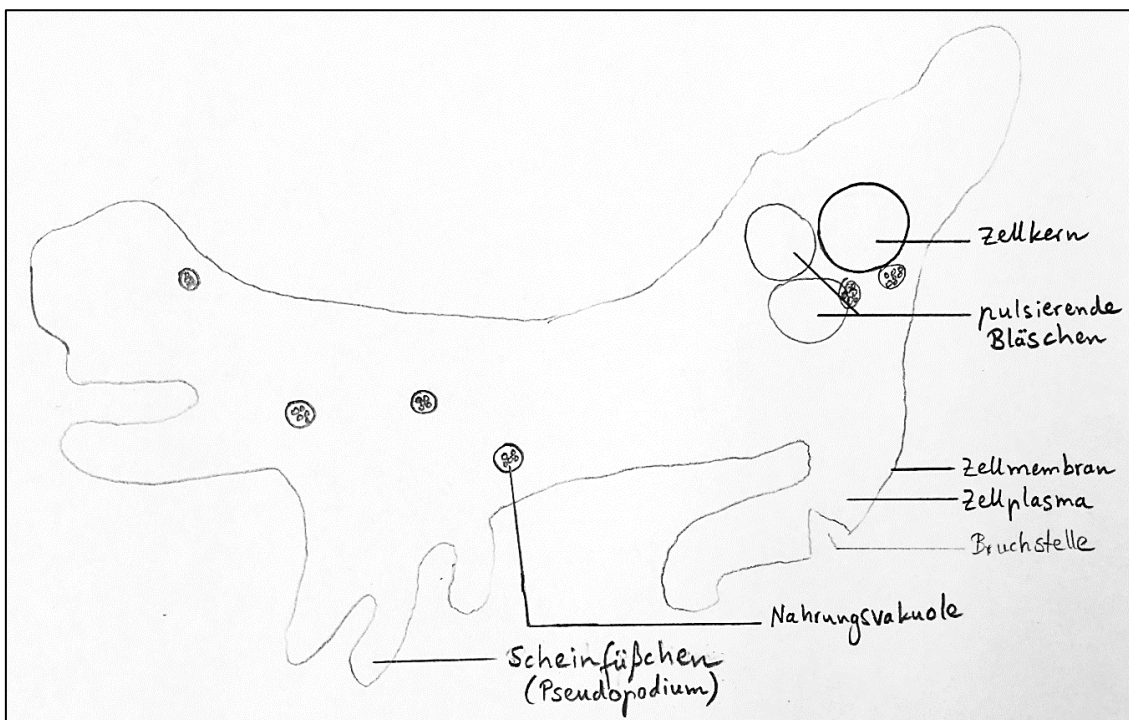


Abbildung A2.6 Erwartungshorizont zu Kontext 8: Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

Anhang 2.3: Kontext 10.1 – Zellen des Laubmoosblättchens

Einführungstext und Aufgabenstellung

Viele verschiedene Verwandtschaftsgruppen zählen zu den Moosen, so auch Vertreter der Gattung *Mnium*. Moose sind an schattige Standorte angepasst. Sie erreichen den Punkt, an dem sie optimal Fotosynthese betreiben können, bereits bei recht geringer Lichtverfügbarkeit. Die meisten anderen Waldpflanzen benötigen deutlich mehr Licht, um gut wachsen zu können.

Moose können große Mengen an Niederschlag aufnehmen und diesen teilweise mehrere Wochen lange speichern. Damit schützen sie den Boden zugleich vor Austrocknung. Du mikroskopierst heute ein Blättchen des in Abb. 1¹ abgebildeten Mooses.

1.) Aufgabe

- Zeichne sechs aneinandergrenzende Zellen des unter dem Mikroskop zu erkennenden Laubmoosblättchens. Orientiere dich bei der Wahl des Ausschnittes an Abbildung 2.
- Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.

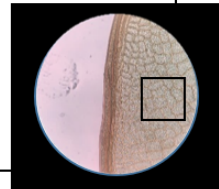


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

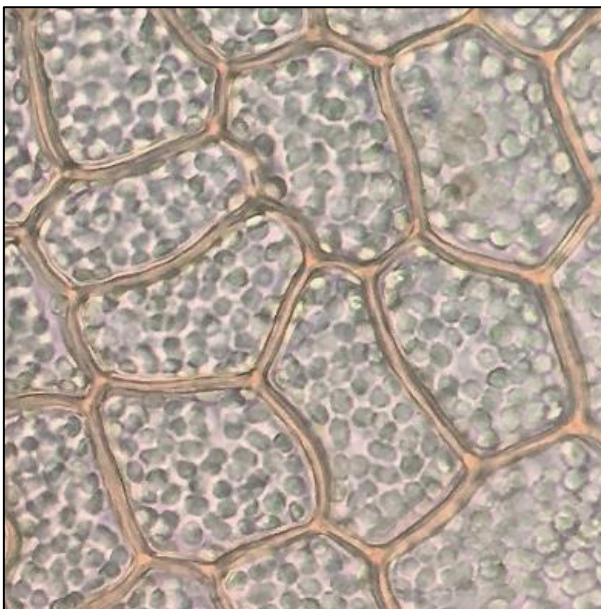


Abbildung A2.7 Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung, Zellen des Laubmoosblättchens (*Mnium spec.*)

¹ Hier nicht dargestellt.

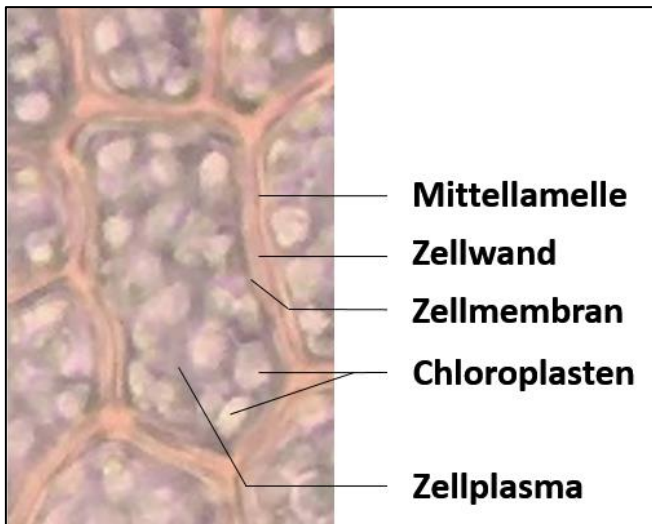


Abbildung A2.8 Fotografie von Zellen eines Laubmoosblättchens (*Mnium spec.*), die als Referenz für die Beschriftung der Zeichnung (Beschriftungsvorlage) während der zweiten Aufgabenstellung diente

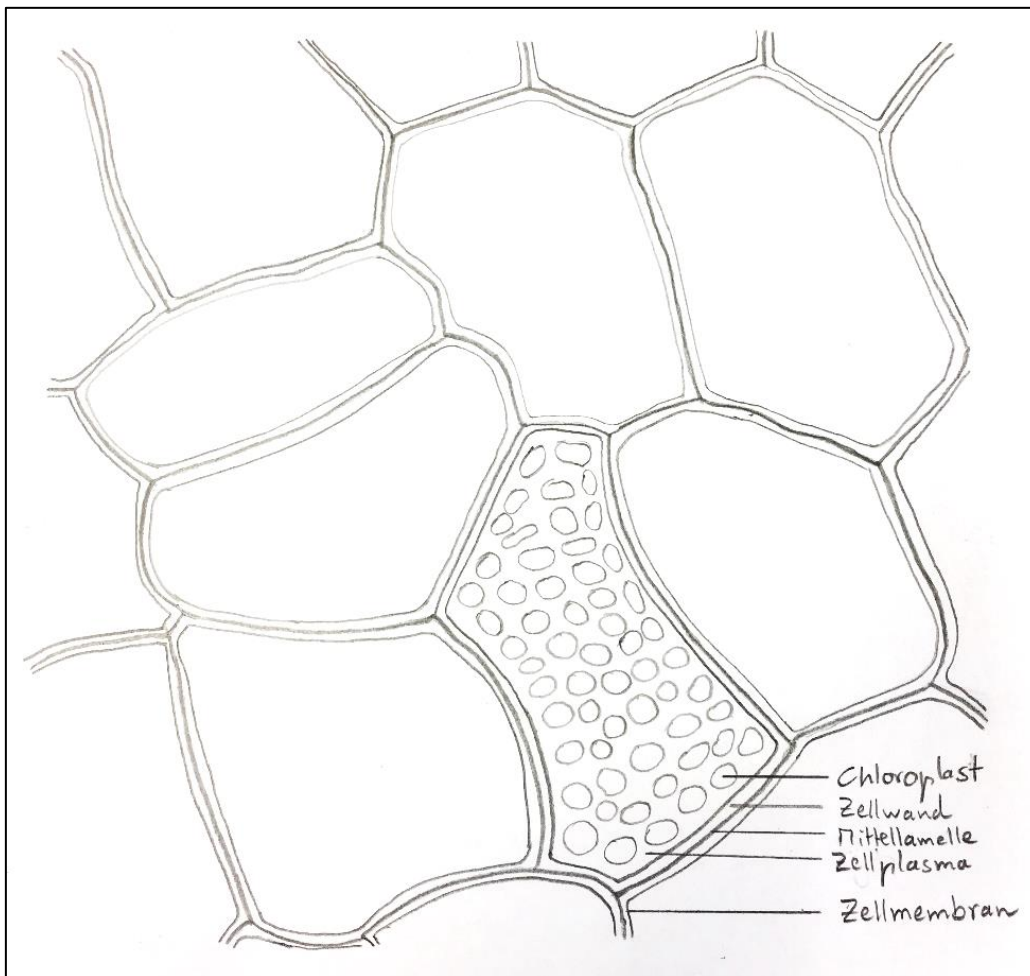


Abbildung A2.9 Erwartungshorizont zu Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes*

Anhang 2.4: Kontext 10.2 – Epidermis der Tulpe

Einführungstext und Aufgabenstellung

Pflanzen benötigen für die lebensnotwendige Fotosynthese Kohlenstoffdioxid, den sie aus der Atmosphäre aufnehmen müssen. Bei der Fotosynthese produzieren Pflanzen als Nebenprodukt Sauerstoff, der nach außen abgegeben werden muss. Gasaustausch und Transpiration erfolgen bei vielen Pflanzen durch Spaltöffnungen (Stomata, Singular: Stoma), so auch beispielsweise bei den nebenstehend abgebildeten Tulpen (Abb. 1)¹. Pflanzen können die Größe der Spaltöffnungen variieren. Der Gasaustausch kann so je nach Bedarf vermehrt oder vermindert stattfinden. Du mikroskopierst heute die Blattoberfläche der Tulpe.

1.) Aufgabe

- Zeichne die unter dem Mikroskop zu erkennende Spaltöffnung und die angrenzenden Zellen. Beschränke dich dabei auf den in Abbildung 2 umrandeten Ausschnitt.
- Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

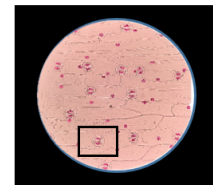


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.



Abbildung A2.10 Ausschnitt aus dem Sichtfeld des Mikroskops gemäß Aufgabenstellung, Epidermis der Tulpe (*Tulipa spec.*)

¹ Hier nicht dargestellt.

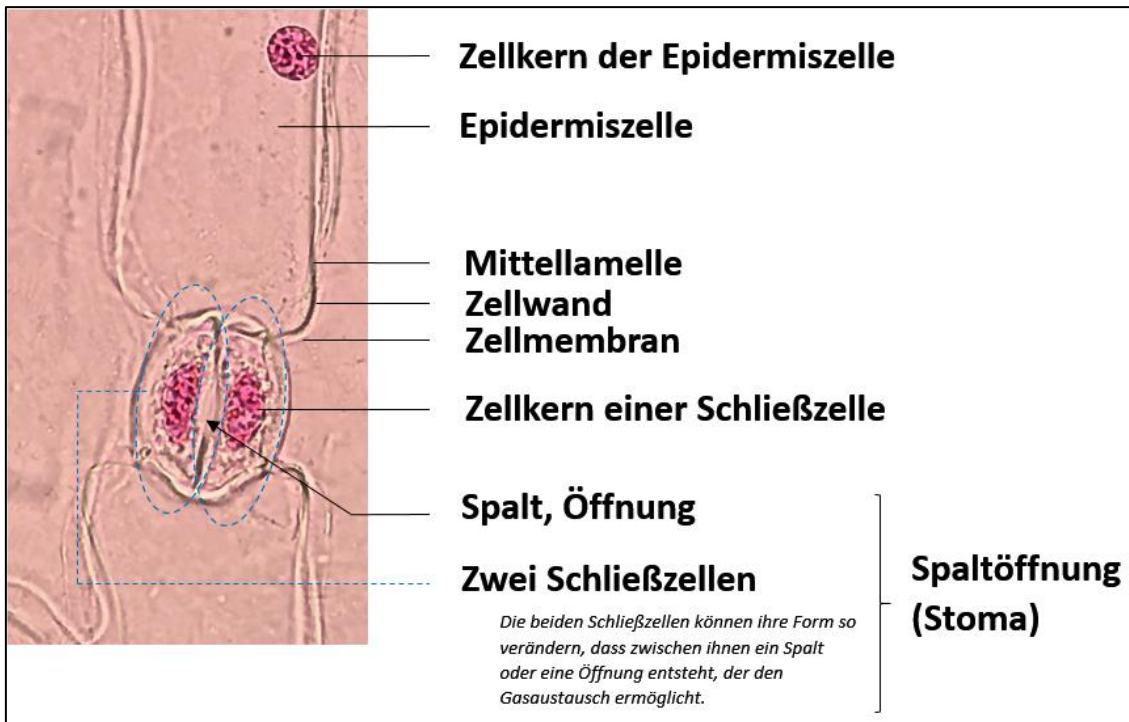


Abbildung A2.11 Fotografie der Epidermis der Tulpe (*Tulipa spec.*) die als Referenz für die Beschriftung der Zeichnung (Beschriftungsvorlage) während der zweiten Aufgabenstellung diente

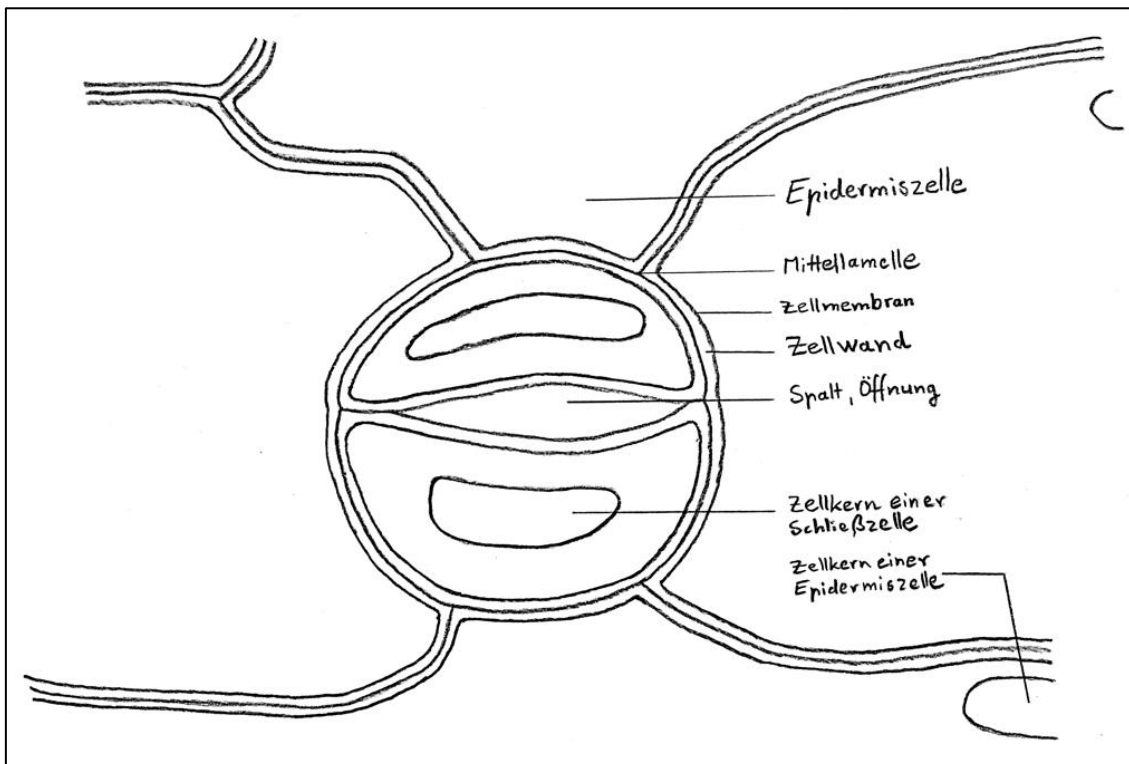


Abbildung A2.12 Erwartungshorizont zu Kontext 10.2: Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?

Anhang 3: Erwartungshorizont zum Zeichnen-Test

Nachfolgend sind die Erwartungshorizonte zu den beiden Zeichnungen des Zeichnen-Tests abgebildet. Gemäß der Aufgabenstellung mussten keine Zellorganellen eingezeichnet werden.

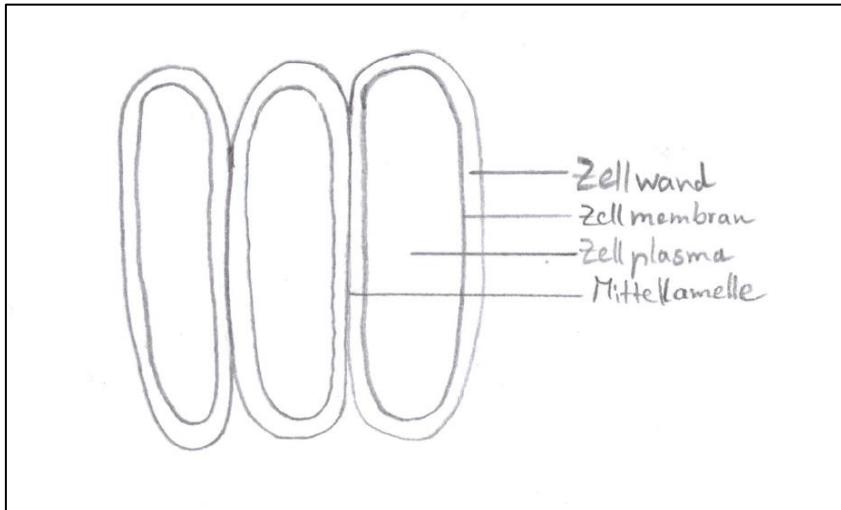


Abbildung A3.1 Erwartungshorizont zur Darstellung dreier aneinandergrenzender pflanzlichen Zellen

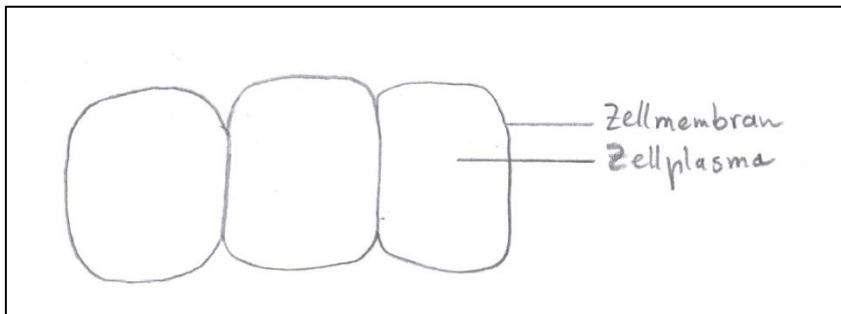


Abbildung A3.2 Erwartungshorizont zur Darstellung dreier aneinandergrenzender tierischer Zellen

Anhang 4: Exemplarisches Manual

Im Folgenden ist eine von zwei Versionen des in der Studie eingesetzten Manuals dargestellt. Die Reihenfolge der gestellten Fragen und der damit verbundenen Phasen variierte zwischen den beiden Versionen auf Grund der Berücksichtigung des Reihenfolgeeffekts (5.9.2), also abhängig davon, ob zuerst ein Ablaufdiagramm und dann eine mikroskopische Zeichnung angefertigt wurde oder umgekehrt. Zudem variierten die gestellten Fragen, wie nachfolgend kenntlich gemacht, in Abhängigkeit vom jeweiligen Kontext. Die Formulierung der gestellten Fragen konnte in den einzelnen Interviews geringfügig variieren.

Voruntersuchungsphase

- Materialcheckliste beachten
- Aufbau & Test des Kamera-Equipments
- Mikroskopisches Präparat voreinstellen

Untersuchungsphase A

A1 – Einführung

- Begrüßen, vorstellen & danken
- Besprechen der Modalitäten der Audio- und Videoaufzeichnung, z. B.: „Die Top-Kamera über deinem Tisch ist auf das Arbeitsblatt gerichtet.“
- „Du brauchst keine Angst zu haben. Es handelt sich hier nicht um eine Prüfungssituation wie manchmal im Unterricht. Wir versuchen herauszufinden, wie Schülerinnen und Schüler beim Zeichnen vorgehen, um so den Lehrkräften rückmelden zu können, wie sie dich besser beim Lernen unterstützen können.“
- „Wundere dich nicht, wenn ich einige Dinge wörtlich vorlese, dann kommt es auf die Formulierung an.“
- Austeilen des Deckblatts des Aufgabenhefts
- Schülerin oder Schüler füllt das Deckblatt aus
- Einsammeln des Deckblatts des Aufgabenhefts

A2 – LGVT 6-12 (Lesegeschwindigkeits- und -verständnisstest)

- Durchführung des LGVT 6-12 gemäß (Schneider et al., 2007)

Untersuchungsphase B

B1 – Interviewfragen

- Die Kamera wird gestartet.
- „Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein, wie du ihn aus der Schule kennst. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. Kennst du die Antworten nicht, ist das nicht weiter schlimm.“

Fachliche Vorerfahrung zum Kontext der Ablaufdiagramme

Kontext 7

Vor_AD_1	Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?
Vor_AD_2	Erkläre doch bitte kurz, was du unter dem Begriff „Saurer Regen“ verstehst.

Kontext 8

Vor_AD_1	Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
Vor_AD_2	Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?

Kontext 10.1

Vor_AD_1	Welchen Einfluss könnte unsere Ernährung auf die Entstehung von Krankheiten haben?
Vor_AD_2	Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Was verstehst du unter diesem Begriff?
Vor_AD_3	Sind dir die Begriffe Herzinfarkt und Schlaganfall bzw. Hirninfarkt schon einmal begegnet? Erkläre doch bitte kurz die Begriffe und den Zusammenhang zwischen ihnen.

Kontext 10.2

Vor_AD_1a	Weißt du, wo im Körper die Schilddrüse liegt?
Vor_AD_1b	Weißt du, welche Funktionen die Schilddrüse hat?
Vor_AD_2	Wie stellt unser Körper sicher, dass es von einem Hormon nicht zu viel gibt?
Vor_AD_3	Weißt du, was man unter negativer Rückkopplung versteht?

Vorerfahrung zum mikroskopischen Zeichnen

Vor_MZ_1	Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
Vor_MZ_2	Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
Vor_MZ_3	Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
Vor_MZ_4	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
Vor_MZ_5	Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
Vor_MZ_6	Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
Vor_MZ_7	Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?

Fachliche Vorerfahrung zum mikroskopischen Objekt**Kontext 7**

Vor_MZ_8	Hast du schon einmal das Wassernetz unter dem Mikroskop betrachtet?
Vor_MZ_9	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Hast du dieses auch gezeichnet?

Kontext 8

Vor_MZ_8	Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
Vor_MZ_9	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Hast du diese auch gezeichnet?

Kontext 10.1

Vor_MZ_8	Hast du schon einmal Moos unter dem Mikroskop betrachtet?
Vor_MZ_9	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Hast du dieses auch gezeichnet?

Kontext 10.2

Vor_MZ_8	Hast du schon einmal eine Spaltöffnung einer Pflanze unter dem Mikroskop betrachtet?
Vor_MZ_9	Folgefrage im Falle der Zustimmung: Hast du diese auch gezeichnet?

B2 - Zeichnen-Test

- Austeilen der Seite 5 des Aufgabenhefts
- Bearbeitung der Aufgabenstellung 1: Zeichne in nachfolgende Box drei aneinandergrenzende pflanzliche Zellen. Stelle diese genauso dar, wie du es auch im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zellorgangellen musst du nicht darstellen. Beschrifte deine Zeichnung anschließend.
- Bearbeitung der Aufgabenstellung 2: Zeichne in nachfolgende Box drei aneinandergrenzende tierische Zellen. Stelle diese genauso dar, wie du es auch im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zellorgangellen musst du nicht darstellen. Beschrifte deine Zeichnung anschließend.
- Einsammeln der Seite 5 des Aufgabenhefts

Untersuchungsphase C

Warm-up zum lauten Denken

- „Bevor wir richtig starten, werden wir mit einer Aufwärmübung zum lauten Denken weitermachen. Lautes Denken meint nichts anderes als das, was dir bei der Bearbeitung einer Aufgabe in den Kopf kommt, laut zu sagen. Am Anfang erscheint das vielleicht etwas merkwürdig, aber du wirst sehen, das ist halb so wild.“
- Hinweise gemäß (Sandmann, 2014)
- Austeilen der Seite 6 des Aufgabenhefts
- Bearbeitung der Aufgabenstellung: „Skizziere deinen Schulweg und erzähle alles, was dir dabei durch den Kopf geht.“
- Einsammeln der Seite 6 des Aufgabenhefts

Untersuchungsphase D

D1 – Aufgabe zur Anfertigung des Ablaufdiagramms

- Austeilen der Seiten 7 und 8 des Aufgabenhefts
- „Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut.“
- Bearbeitung der Aufgabenstellung:

Kontext 7

Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

Kontext 8

Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

Kontext 10.1

Stelle in Form eines Schaubilds dar, wie übermäßiger und unreflektierter Nahrungskonsum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt oder Hirninfarkt) führen kann. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

Kontext 10.2

Stelle die Hormonregulation der Schilddrüse in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

- Einsammeln der Seiten 7 und 8 des Aufgabenhefts.

D2 –Verständnisfragen zum Kontext des Ablaufdiagramms

- „Nachdem du nun den Text gelesen und eine Zeichnung angefertigt hast, möchte ich dir noch einige Fragen stellen.“

Kontext 7

Ver_AD_1	Erkläre die Entstehung des sauren Regens.
Ver_AD_2	Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.
Ver_AD_3	Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.
Ver_AD_4	Nenne die Folgen des erhöhten Stickstoffeintrags für heranwachsende Bäume.

Kontext 8

Ver_AD_1	Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.
Ver_AD_2	Was versteht man unter einem geschlossenen System?
Ver_AD_3	Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO ₂ -Konzentration?

Kontext 10.1

Ver_AD_1	Beschreibe noch einmal in deinen eigenen Worten, wie unsere Nahrung einen Einfluss auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen kann.
Ver_AD_2	Erläutere, wie Ablagerungen an den Innenwänden von Arterien zu Herz-/Hirninfarkt bzw. Schlaganfall führen können.

Kontext 10.2

Ver_AD_1	Nenne die Funktionen des von der Schilddrüse ausgeschütteten Thyroxins.
Ver_AD_2	Beschreibe die hormonelle Regulation der Schilddrüse ausgehend von einem Reiz des Gehirns, wie z. B. Kälte oder Stress.
Ver_AD_3	Erkläre in eigenen Worten, was man unter negativer Rückkopplung versteht.

D3.1 – Selbsteinschätzungsaussagen zum Ablaufdiagramm

- Austeilen der Seite 10 des Aufgabenhefts
- „Schätze dich selbst ehrlich ein und gib mir bitte den Bogen verdeckt wieder.“
(Antwortalternativen: „stimme voll und ganz zu“, „stimme eher zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme gar nicht zu“)

Kontext 7

Se_AD_1	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen Überblick über die Entstehung von Waldschäden zu erlangen.
Se_AD_2	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, die Entstehung von Waldschäden zu verstehen.

Kontext 8

Se_AD_1	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen Überblick über den Kohlenstoffkreislauf zu erlangen.
Se_AD_2	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, den Kohlenstoffkreislauf zu verstehen.

Kontext 10.1

Se_AD_1	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen Überblick über die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu erlangen.
Se_AD_2	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen zu verstehen.

Kontext 10.2

Se_AD_1	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen Überblick über die hormonelle Regulation im Zusammenhang mit der Schilddrüse zu erlangen.
Se_AD_2	Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, die hormonelle Regulation im Zusammenhang mit der Schilddrüse zu verstehen.

Alle Kontexte

Se_AD_3	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.
Se_AD_4	Bei der Anfertigung des Schaubilds war ich ganz bei der Sache.
Se_AD_5	Es fiel mir schwer, die für das Schaubild notwendigen Begriffe im Text auszuwählen.

- Einsammeln der Seite 10 des Aufgabenhefts.

D3.2 – Mündliche Reflexionsfragen zum Ablaufdiagramm

- „Abschließend hätte ich noch ein paar vertiefende Fragen.“

mRef_AD_1	Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
mRef_AD_2	Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
mRef_AD_3	Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
mRef_AD_4	Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
mRef_AD_5	Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?
mRef_AD_6	Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
mRef_AD_7	Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
mRef_AD_8a	[Insofern die Darstellung annähernd aussieht wie ein Ablaufdiagramm]: Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
mRef_AD_8b	Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?
mRef_AD_9	Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
mRef_AD_10	Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?

- „Wir sind nun mit etwas mehr als der Hälfte fertig. Möchtest du eine kurze Pause von fünf bis zehn Minuten machen? Du kannst gerne etwas trinken oder essen. Oder sollen wir direkt mit dem zweiten Teil weitermachen?“

Untersuchungsphase E

Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop

- Anpassung des Okularabstandes an den Augenabstand
- Nennung von Fachbegriffen beschränkt sich auf Grob- und Feintrieb sowie Sichtfeld
- Hinweis, dass keine Notwendigkeit besteht, mit dem Grobtrieb zu arbeiten
- Hinweis zur Funktion des Feintriebs
- Erläuterung, dass der weiße bzw. helle Kreis beim Blick durch das Mikroskop das Sichtfeld darstellt, wohingegen das Rechteck in der Abbildung auf dem Arbeitsblatt den zu zeichnenden Ausschnitt aus dem Sichtfeld darstellt

E1 – Aufgabe zur Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung

- Austeilen der Seiten 12 und 13 des Aufgabenhefts
- Impulse gemäß den im Methodenteil genannten Vorgaben
- Bearbeitung der Aufgabenstellung:

Kontext 7

Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.

Kontext 8

Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

Kontext 10.1

Zeichne sechs aneinandergrenzende Zellen des unter dem Mikroskop zu erkennenden Laubmoosblättchens. Orientiere dich bei der Wahl des Ausschnitts an Abbildung 2. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.

Kontext 10.2

Zeichne die unter dem Mikroskop zu erkennende Spaltöffnung und die angrenzenden Zellen. Beschränke dich dabei auf den in Abbildung 2 umrandeten Ausschnitt. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

Aufgabe zur Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung

- Austeilen der Seite „zu 13“ des Aufgabenhefts
- Bearbeitung der Aufgabenstellung: Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.
- Einsammeln der Seite 12, 13 und „zu 13“ des Aufgabenhefts

E2 – Verständnisfragen zum Kontext der mikroskopischen Zeichnung

- „Nachdem du nun die mikroskopische Zeichnung angefertigt hast, möchte ich dir noch einige Fragen stellen.“

Kontext 7

Ver_MZ_1	Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
Ver_MZ_2	Erkläre, wie sich die bereits mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt.

Kontext 8

Ver_MZ_1	Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
Ver_MZ_2	Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.

Kontext 10.1

Ver_MZ_1	Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
Ver_MZ_2	Nenne die Bedeutsamkeit von Moosen für den Wald.

Kontext 10.2

Ver_MZ_1	Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
Ver_MZ_2	Beschreibe, wie der Gasaustausch bei der Tulpe funktioniert.

E3.1 – Selbsteinschätzungsaussagen zur mikroskopischen Zeichnung

- Austeilen der Seite 15 des Aufgabenhefts
- „Schätze dich selbst ehrlich ein und gib mir bitte den Bogen verdeckt wieder.“
- (Antwortalternativen: „stimme voll und ganz zu“, „stimme eher zu“, „stimme eher nicht zu“, „stimme gar nicht zu“)

Se_MZ_1	Das Zeichnen hat mir dabei geholfen, einen Überblick über den Aufbau des mikroskopierten Objekts zu erlangen.
Se_MZ_2	Das Zeichnen hat mir dabei geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.
Se_MZ_3	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.

Se_MZ_4	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.
Se_MZ_5	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.
Se_MZ_6	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.

- Einsammeln der Seite 15 des Aufgabenhefts

E3.2 – Mündliche Reflexionsfragen zur mikroskopischen Zeichnung

- „Abschließend hätte ich noch ein paar vertiefende Fragen.“

mRef_MZ_1	Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
mRef_MZ_2	Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
mRef_MZ_3	Fiel dir beim Zeichnen etwas Bestimmtes besonders schwer?
mRef_MZ_4	Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
mRef_MZ_5	Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
mRef_MZ_6	Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

Ergänzend erhobene Merkmale

Note_Bio	Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
Note_Kunst	Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
Ergänzende Frage	Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?

- Die Kamera wird gestoppt
- Danken und verabschieden

Anhang 5: Exemplarisches Aufgabenheft

Nachfolgend ist eines der insgesamt acht eingesetzten unterschiedlichen Versionen des Aufgabenhefts abgebildet. Es handelt sich um Aufgabenheft 8A (5.9.3). Die Aufgabenhefte unterscheiden sich in Abhängigkeit von den Kontexten und variieren auf Grund der Berücksichtigung des Reihenfolgeeffekts hinsichtlich der Reihenfolge der anzufertigenden Zeichnungen. Obwohl nur eines der acht Versionen des Aufgabenhefts abgebildet ist, können im Manual sämtliche im Rahmen der Studie gestellte Fragen eingesehen werden (Anhang 4). Die alternativen Materialien zu den in diesem Aufgabenheft nicht dargestellten Kontexten können den Anhängen 1 und 2 entnommen werden.

Deckblatt



Institut für naturwissenschaftliche Bildung,
AG Biologiedidaktik, Fortstraße 7, 76829 Landau

Kürzel:

Testheft 8A
(Christian Alexander Scherb)

Deckblatt zur Archivierung der Unterlagen der SuS

Deckblatt wird nicht von den SuS ausgefüllt

Kürzel:	Schule:	
Vorname u. Nachname:		
Geburtsdatum:	Geschlecht (<i>bitte ankreuzen</i>): <input type="checkbox"/> männlich <input type="checkbox"/> weiblich	
Klasse:	Name des Biologielehrers oder der Biologielehrerin:	
Note in <u>Biologie</u> im letzten Jahresabschlusszeugnis:	Datum der Studiendurchführung:	
Note in <u>Kunst</u> im letzten Jahresabschlusszeugnis:		
Einschätzung durch die Lehrkraft : <input type="checkbox"/> „ÜD“ <i>überdurchschnittlich</i> vor dem Hintergrund bisheriger Zeichenanlässe <input type="checkbox"/> „D“ <i>durchschnittlich</i> <input type="checkbox"/> „UD“ <i>unterdurchschnittlich</i>		
Kontext 1 (ein Kreuz)	Ablaufdiagramm <input type="checkbox"/> A Waldschäden (7) <input type="checkbox"/> C Herz-Kreislauf-Erkrankung (9/10) <input checked="" type="checkbox"/> B Kohlenstoffkreislauf (8) <input type="checkbox"/> D Hormonelle Regulation (9/10)	Mikroskopische Zeichnung <input type="checkbox"/> E Wassernetz (7) <input type="checkbox"/> G Laubmoosblättchen (9/10) <input type="checkbox"/> F Amöbe (8) <input type="checkbox"/> H Spaltöffnung (9/10)
Kontext 2 (ein Kreuz)	Ablaufdiagramm <input type="checkbox"/> A Waldschäden (7) <input type="checkbox"/> C Herz-Kreislauf-Erkrankung (9/10) <input type="checkbox"/> B Kohlenstoffkreislauf (8) <input type="checkbox"/> D Hormonelle Regulation (9/10)	Mikroskopische Zeichnung <input type="checkbox"/> E Wassernetz (7) <input type="checkbox"/> G Laubmoosblättchen (9/10) <input checked="" type="checkbox"/> F Amöbe (8) <input type="checkbox"/> H Spaltöffnung (9/10)
Anmerkungen:		

1.

Vielen Dank, dass du teilnimmst!

Fülle bitte alle nachfolgenden Felder aus.

Vorname + Nachname:

Geburtsdatum:

Geschlecht (bitte ankreuzen): männlich weiblich

Klasse:

Name der Biologielehrkraft:

2. Einverständniserklärung zur Teilnahme an der Erhebung

Die Einverständniserklärung zur Studienteilnahme wurde jeweils dem Aufgabenheft beigefügt.

3. LGVT – Lesegeschwindigkeits- und -verständnis test für die Klassen 6-12

Korrekte Unterstreichung = 2 Punkte

Keine Unterstreichung = 0 Punkte

Mehrere oder falsche Unterstreichung(en) = -1 Punkt

Lesegeschwindigkeit

Summe:
PR-Wert:

Leseverständnis

Summe:
PR-Wert:

Nr.	Punkte	Begriffe
Die Auswertung erfolgte an dieser Stelle gemäß Schneider et al. (2007).		

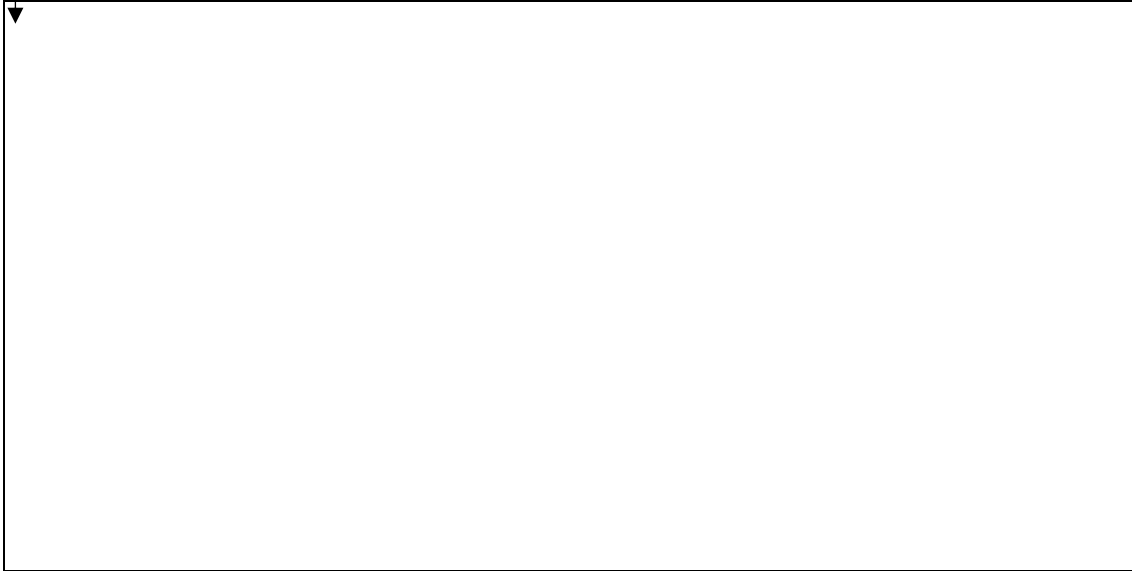
4. Transkript zur Untersuchungsphase B1

Das Transkript zur Untersuchungsphase B1 wurde an dieser Stelle nachträglich eingefügt. Dabei handelt es sich um die Interviewfragen und die Antworten, die sich auf die Vorerfahrungen der Schülerinnen und Schüler mit Ablaufdiagrammen und mikroskopischen Zeichnungen beziehen.

5.

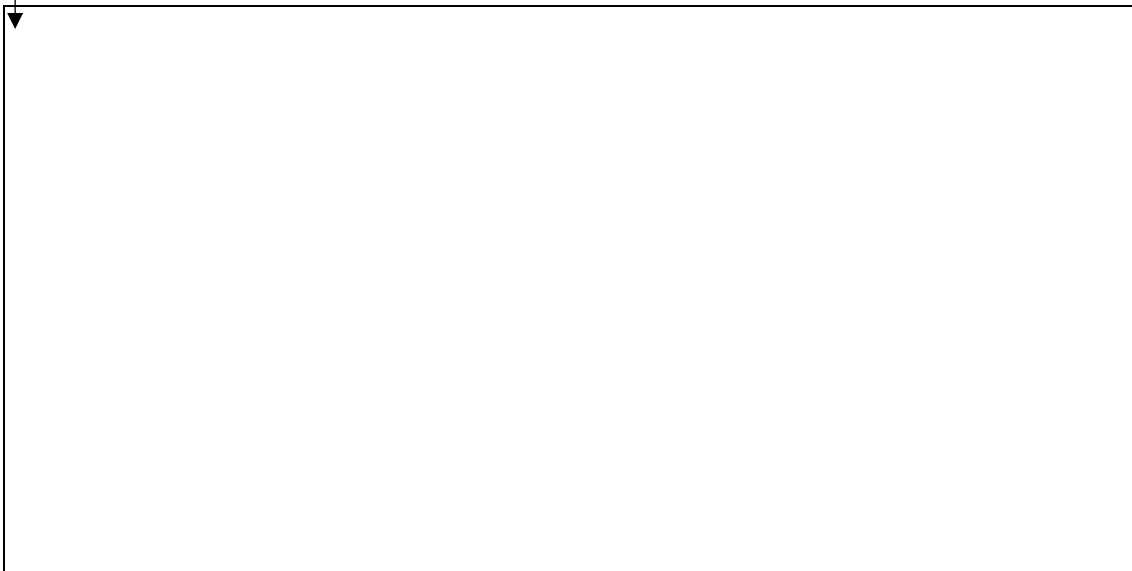
Aufgabe 1:

Zeichne in nachfolgende Box drei aneinandergrenzende pflanzliche Zellen. Stelle diese genauso dar, wie du es auch im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zellorganellen musst du nicht darstellen. Beschrifte deine Zeichnung anschließend.




Aufgabe 2:

Zeichne in nachfolgende Box drei aneinandergrenzende tierische Zellen. Stelle diese genauso dar, wie du es auch im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zellorganellen musst du nicht darstellen. Beschrifte deine Zeichnung anschließend.



6.

Skizziere deinen Schulweg und erzähle alles, was dir dabei durch den Kopf geht.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for a student to draw their school route and write their thoughts. A small black triangle points downwards from the top-left corner of the box.

7. Text zu Kontext 1 (Der Kohlenstoffkreislauf)

Der Kohlenstoffkreislauf ist aktueller denn je, da er uns vor Augen führt, welche entscheidende Rolle der Mensch beim Klimawandel spielt. Betrachtet man den globalen Kohlenstoffkreislauf, so wird die Erde als geschlossenes System betrachtet, aus dem Kohlenstoff in bedeutsamen Mengen weder entweicht (z. B. Raumfahrt) noch hinzukommt (z. B. Meteorite).

Kohlenstoff (C) kommt in der Atmosphäre vor allem in Form von Kohlenstoffdioxid (CO_2) vor. Der Name dieses bedeutsamen Gases ist dir bestimmt noch aus Debatten über den Klimawandel in Erinnerung geblieben. In der Luft, die wir atmen, liegt der Anteil an CO_2 gerade mal bei 0,04%. Diese geringe Konzentration reicht dennoch aus, dass Pflanzen CO_2 -Moleküle über ihre Oberfläche aufnehmen und beim Vorhandensein von Wasser und Licht Fotosynthese betreiben können. Pflanzen gelten als Primärproduzenten, da sie aus energiearmen anorganischen Substanzen (CO_2 , H_2O) energiereiche organische Substanzen (Glukose und weitere Kohlenhydrate, sowie Fette und Proteine) herstellen können. Der Verzehr dieses kohlenstoffhaltigen Pflanzenmaterials dient Primärkonsumenten/Pflanzenfressern (z. B. Hamster, Maus) als Nahrungsquelle, da diese ja keine Fotosynthese zur Energiegewinnung betreiben können. Die Sekundärkonsumenten/Fleischfresser (z. B. Eule) wiederum decken ihren Energiebedarf, indem sie verschiedene Primärkonsumenten fressen. Der Mensch als Endkonsument nimmt Kohlenstoffe in den unterschiedlichsten organischen Formen in jeder Mahlzeit auf. Menschen, Tiere, Pflanzen und Pilze produzieren bei der (Zell-)Atmung CO_2 , das letztendlich an die Umgebung, also die uns umgebende Atmosphäre, abgegeben wird.

Sterben Produzenten und Konsumenten ab, so werden diese von Destruenten zersetzt. Zu diesen gehören Mikroorganismen, wie z. B. verschiedene Bakterien, Algen und Pilze. Mikroorganismen geben beim Abbau organischer Substanz Kohlenstoffdioxid an die Atmosphäre ab. An dieser Stelle könnte man behaupten, dass sich der Kohlenstoffkreislauf wieder geschlossen hat. Doch es gibt zahlreiche weitere Teilprozesse, die Bestandteile des Kohlenstoffkreislaufs sind. Einige weitere werden nachfolgend vorgestellt.

Produzenten und Konsumenten können nach deren Tod an den Grund von Meeren und Seen absinken (Sedimentation) und sich dort über große Zeiträume zu massiven Schichten auflagern. Im Lauf der Erdgeschichte sind durch diese Form der Ablagerung beispielsweise Braun-/Steinkohle, Erdöl und Erdgas entstanden. Viele Jahrtausende später hat der Mensch große Vorkommen dieser gefördert. Bei deren industriellen Nutzung, z. B. Verbrennung zur Energiegewinnung, wird Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre abgegeben. Roden Menschen Wälder und verbrennen organisches Material, wird ein beträchtlicher Teil des in Organismen gebundenen Kohlenstoffs ebenso in Form von Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre abgegeben, der auf natürlichem Wege nicht freigeworden wäre. Wächst weder an der gleichen noch an einer anderen Stelle Wald nach, so steigt die atmosphärische Konzentration an Kohlenstoffdioxid. Letztere wird als eine von mehreren Gründen für den Klimawandel angesehen. Die CO_2 -Konzentration in der Atmosphäre ist in den letzten 250 Jahren, seit Beginn der industriellen Revolution, um etwa 30% gestiegen.

8. Zeichnung zu Kontext 1

Aufgabe 1

- Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar.
- Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge.
- Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.



9. Transkript zur Untersuchungsphase D2

Das Transkript zu Untersuchungsphase D2 wurde an dieser Stelle nachträglich eingefügt. Dabei handelt es sich um die Verständnisfragen zum Ablaufdiagramm und die Antworten der Schülerinnen und Schüler darauf.

10. Selbsteinschätzung

Kreuze an, inwiefern du den nachfolgenden Aussagen zustimmst.

Kreuze bitte jeweils nur ein Kästchen an.

	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme gar nicht zu
1. Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, einen <u>Überblick</u> über den Kohlenstoffkreislauf zu erlangen.				
2. Die Anfertigung meines Schaubilds hat mir dabei geholfen, den Kohlenstoffkreislauf zu <u>verstehen</u> .				
3. Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.				
4. Bei der Anfertigung des Schaubilds war ich ganz bei der Sache.				
5. Es fiel mir schwer, die für das Schaubild notwendigen Begriffe im Text auszuwählen.				

11. Transkript zur Untersuchungsphase D3.2

Das Transkript zur Untersuchungsphase D3.2 wurde an dieser Stelle nachträglich eingefügt. Dabei handelt es sich um die mündlichen Reflexionsfragen zum Kontext des Ablaufdiagramms und die Antworten der Schülerinnen und Schüler darauf.

12. Text zu Kontext 2 (Die Amöbe - „Experte“ für fast jeden Lebensraum)

Das Präparat, das du unter dem Mikroskop siehst, zeigt eine Amöbe (*Amoeba proteus*). Es gibt viele unterschiedliche Amöbenarten. Amöben sind sowohl über die gesamte Nord- als auch die gesamte Südhalbkugel verbreitet. Sie kommen nahezu überall vor, wo Wasser anzutreffen ist (z. B. in feuchten Böden, Seen, Flüssen (Abb. 1) oder im Meer), und ernähren sich dort vor allem von kleineren Einzel-



Abb. 1: Potenzieller Lebensraum von Amöben, Fluss und feuchte Böden am Ufer

lern und Bakterien. Amöben werden zwischen 0,1 bis 0,8 mm groß. Im Vergleich dazu hat unser Kopfhaar einen Durchmesser von ca. 0,1 mm. Eine Amöbe ist eine einzige Zelle, die meist gänzlich farblos unter dem Mikroskop erscheint und für unser Auge nur bei sehr genauem Hinsehen als kleiner Punkt auf dem Objektträger erkennbar ist. Um die Zellorganellen sichtbar zu machen, haben wir die Amöbe, die du betrachtest, bläulich angefärbt.

13. Zeichnung zu Kontext 2

Aufgabe 1

- Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe.
- Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.



Zu 13. Beschriftete mikroskopische Fotografie, Kontext 2

Aufgabe 2

- Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung.
- Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

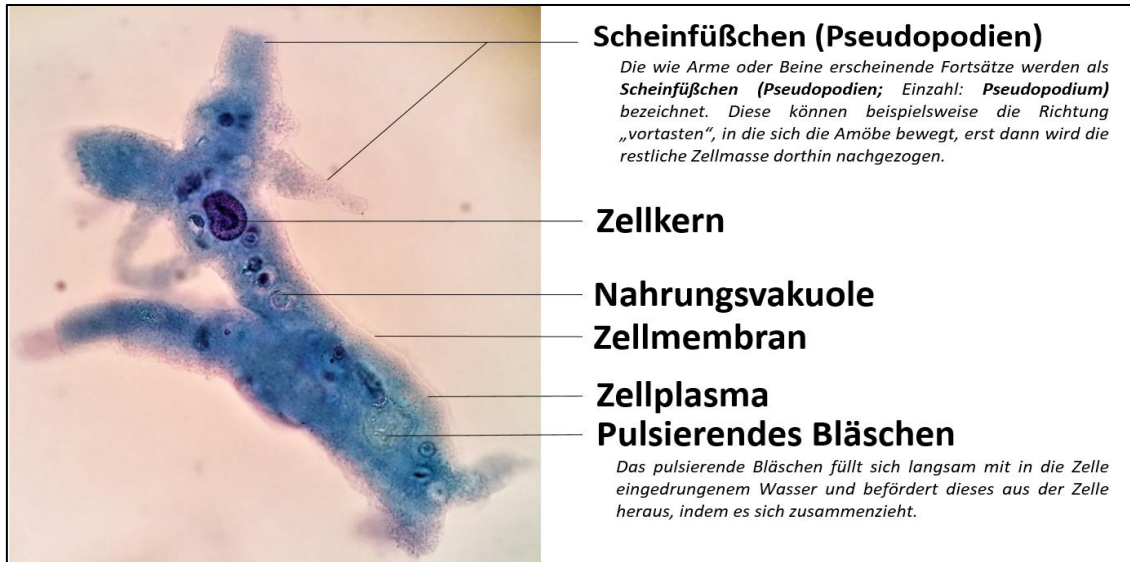


Abb. 1: Amöbe (*Amoeba proteus*), beschriftet, Präparation: Meinlehrmittel.de

14. Transkript zur Untersuchungsphase E2

Das Transkript zur Untersuchungsphase E2 wurde an dieser Stelle nachträglich eingefügt. Dabei handelt es sich um die Verständnisfragen zum Kontext zur mikroskopischen Zeichnung und die Antworten der Schülerinnen und Schüler darauf.

15. Selbsteinschätzung

Kreuze an, inwiefern du den nachfolgenden Aussagen zustimmst.

Kreuze bitte jeweils nur ein Kästchen an.

	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme gar nicht zu
1. Das Zeichnen hat mir dabei geholfen, einen Überblick über den Aufbau des mikroskopierten Objekts zu erlangen.				
2. Das Zeichnen hat mir dabei geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.				
3. Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.				
4. Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.				
5. Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.				
6. Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.				

16. Transkript zur Untersuchungsphase E3.2

Das Transkript zur Untersuchungsphase E3.2 wurde an dieser Stelle nachträglich eingefügt. Dabei handelt es sich um die mündlichen Reflexionsfragen zum Kontext der mikroskopischen Zeichnungen und die Antworten der Schülerinnen und Schüler darauf.

Anhang 6: Transkripte

Die nachfolgenden Transkripte sind nach Kontexten geordnet. Die Differenzierung in *Transkript Teil A* und *Transkript Teil B* ergibt sich vor dem Hintergrund des in Unterkapitel 5.9.1 skizzierten Studienablaufs. *Transkript Teil A* umfasst die Untersuchungsphasen A-D, wohingegen *Transkript Teil B* die Untersuchungsphase E beinhaltet.

Anhang 6.1: Kontext 7

Laura – S7A

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?**
- 3 **T:** Im Unterricht haben wir nicht wirklich etwas dazu gemacht. Schäden an Bäumen können entstehen, indem zum Beispiel ein Hirsch sein Geweih abkratzt. Ich weiß nicht mehr den Fachbegriff. Auch durch Wind und Wetter können Schäden an Bäumen entstehen, wenn zum Beispiel ein Sturm kommt, ein Tornado. Auch wenn andere Tiere den Baum annagen, zum Beispiel auch durch einen Biber.
- 4 **E:** **[Vor_AD_2] Erkläre doch bitte kurz, was du unter dem Begriff „Saurer Regen“ verstehst.**
- 5 **T:** Das haben wir auch noch nie im Unterricht gemacht. Also soweit ich mich erinnern kann nicht. Saurer Regen würde ich jetzt sagen, ist, wenn es hagelt. Da kann ich nichts Genaueres dazu sagen.
- 6 **E:** **[Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?**
- 7 **T:** Zweimal.
- 8 **E:** **[Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?**
- 9 **T:** Zwiebelzellen, das war in der fünften Klasse, und die Haarwurzel. Eigentlich sollten wir Blut machen, aber wir dürfen uns nicht in den Finger stechen, weil die Werkzeuge nicht so sauber waren.
- 10 **E:** **[Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?**
- 11 **T:** Genaue Regeln nicht, aber Größenverhältnisse beachten, also nicht die Hülle viel größer als der Kern und versuchen genau zu zeichnen.
- 12 **[Vor_MZ_4 entfällt]**
- 13 **T:** **[Ergänzende Frage] Wurden die Zeichnungen bewertet?**
- 14 **E:** Ja.
- 15 **E:** **[Vor_MZ_5]. Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?**
- 16 **T:** Uns wurde gesagt, dass der Maßstab [*gemeint sind die Größenverhältnisse innerhalb der Zeichnung*] und die Genauigkeit bewertet wird und dass wir nicht irgendwas Falsches dazu zeichnen.
- 17 **E:** **[Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?**
- 18 **T:** Jetzt wird es schwer. Das haben wir durchgenommen. Das kann ich auf jeden Fall sagen. Das steht in unserem Biobuch der fünften oder sechsten Klasse. Aber ich kann es so nicht mehr sagen.
- 19 **E:** **[Vor_MZ_7] Kennst du die Unterschiede zwischen tierischer und pflanzlicher Zelle?**
- 20 **T:** Ja. Ich weiß das haben wir durchgenommen, aber so konkret könnte ich das jetzt nicht sagen, weil ich viel vergessen habe.
- 21 **E:** **[Vor_MZ_8, 9] Hast du schon einmal das Wassernetz unter dem Mikroskop betrachtet?**
- 22 **T:** Nein.

23 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

24 **T:** [...] Ok. Jetzt fange ich mal an. Wie war die aufgebaut? Ich muss ehrlich sagen, ich weiß nicht, ob ich überhaupt noch etwas davon weiß davon. [unverständl.] Ich kann jetzt schon sagen, dass es nicht richtig ist, das merke ich, aber ich weiß, dass die [Zellen] irgendwie verbunden waren. Ich bin mir nicht sicher, ob die so verbunden waren. Ok, das ist falsch.

25 **E:** Und die tierischen Zellen?

26 **T:** Da weiß ich fast gar nichts mehr. Ich lasse es.

27 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*

28 **T:** [...]

29 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**

30 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

31 **T:** [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ich habe eine Frage. Soll ich auch laut denken, wenn ich mir den Text noch einmal durchlese? [E: Das würde dich nur stören, wenn du eine Passage nachliest und dabei laut denkst.] Ok. [_] Oh. [E: Du hast auch einen Radiergummi da, wenn du etwas falsch gemacht hast.] Ich habe jetzt nichts falsch gemacht, aber ich muss die Aufgabe drei ja auch in das selbe Schaubild mit reinbringen [gemeint ist, die Darstellung so zu wählen, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann]. [_] [unverständl.] [_] Ich habe keine Ahnung, wie die aufgebaut sind [sie zeichnet einen Ofen, in dem ein Feuer brennt] auf jeden Fall Kohleverbrennung [_] und eine Wolke. [_] Das heißt Kohleverbrennung und der Regen ist [unverständl.] [_] Regen [_] dann brauchen wir noch Nadelbäume [_] und ein Nadelbaum ok. [_] So und was habe ich dann noch nicht? [beschriftet die bisherige Zeichnung mit Wasser, Mineralsalz und Mineralien] [_] [unverständl.] [_] Das sind Mineralsalze. [_] [E: Versuche bitte, etwas lauter zu sprechen.] Das sind Mineralsalze, diese Kügelchen [zeichnet kleine Kreise an die Wurzelspitzen der Bäume und im Boden], die nehmen die Bäume durch die Wurzeln auf. [_] Und die [Mineralsalze] sind halt durch das hier, durch die Verbrennung, oder? [_] Kommen die in die Luft. [_] Naja, ob die dann schon Mineralsalze sind, ist eine andere Frage. [_] Dann machen wir es einfach mal als Beispiel, irgendwie so. Hier unten läuft Grundwasser rum, [_] auch wenn es nicht gerade aussieht, als wäre es unter dem Grund. [_] Das nehmen die Bäume dann nicht mehr auf, [_] das hätte ich vielleicht bei gesunden Bäumen machen sollen. [_] Dann mache ich das hier unten nochmal hin, [_] weil ich hier oben so wenig Platz habe. [_] Hier so eine Wolke mit dem vergifteten Regen sage ich jetzt [_] [unverständl.]. Und hier ein kleiner Baum, der eigentlich gar nicht so aussieht wie ein kleiner Baum, aber egal. [_] Viel viel schneller [_] und die Wurzeln breiten sich dann nicht so groß aus [gemeint ist der Verlust der Stabilität bei übermäßiger Stickstoffdüngung und in Folge von zu schnellem Wachstum], so, was weiß ich. Und am Ende fällt [der Baum um]. [_] [unverständl.] Hier sind auch wieder Mineralsalze [zeichnet rechts unten im Schaubild kleine Kreise ein]. [_] Egal. [_] Ich weiß nicht, ob man es versteht. Dann ist das hier übermäßige Düngung [fügt die Beschriftung ein]. [_] [Die Schülerin zeichnet innerhalb der Abbildung Trennlinien zwischen den Teilzeichnungen ein.] [_] [Sie blickt über das gesamte Schaubild.] Sieht witzig aus. [_] Jetzt muss ich nur noch eine Sache malen, [_] ein Mischwald [unverständl.], [_] wo es erst einmal regnet [_] und alles ganz normal ist und dann danach [_], wo kein Regen mehr ist und die Sonne scheint. [_] Nein, das sieht nicht aus wie ein Nadelbaum. [_] Oh jetzt habe ich die Kohleverbrennung nicht drin [unverständl.]. [_] Naja, ob man es versteht, ist eine andere Sache und ob es nur ein Schaubild ist, ist auch eine andere Sache. [_] Auf jeden Fall hängt es irgendwie alles zusammen. So ich bin fertig.

32 Kontext 1: Verständnisfragen

33 **E:** [Ver_AD_1] Erkläre die Entstehung des sauren Regens.

34 **T:** Der saure Regen entsteht auch durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen. Nein, das wäre ja nur Erdöl. Es entsteht auch durch die Verbrennung von Kohle, daraus entstehen *minerelle* Stoffe, die hoch in die Atmosphäre wandern und sich mit Wasser verbinden, soweit ich das verstanden habe. Die Moleküle verbinden sich. Und dann, wenn es auf die Erde niederschlägt oder auch als Nebel oder als viele mögliche Niederschlagsformen schadet es den Bäumen und auch wenn es auf den Waldboden gelangt, dann stoppt es auch ein bisschen die Wasserversorgung. Weil die Wurzeln von den Bäumen, vielleicht auch von Pilzen, ich weiß nicht ob die Wurzeln haben, egal jetzt, stoppt halt die Wasserversorgung ziemlich oder reduziert sie. Die Bäume nehmen die Mineralsalze auf, dadurch können sie nicht mehr geschickt Wasser aufnehmen und dadurch sterben sie schneller. Dadurch wird der Waldboden schnell gedüngt, das heißt kleine Bäume wachsen viel schneller und die können nicht so richtig. Ich vergleiche es jetzt einfach mal mit dem Menschen. Es gibt ja auch bei uns in der Pubertät so Wachstumsschübe. Die Knochen wachsen schneller als die Muskeln und die Muskeln kommen nicht hinterher. Das gibt es auch im Wald, sag ich jetzt mal, weil da kommen die Wurzeln nicht hinterher, die den Halt geben, aber der Baum wächst schneller, weil er so stark gedüngt wird, und dadurch fallen viele Bäume um, auch sehr schnell, wenn sie an Abhängen stehen. Ich weiß jetzt nicht. Ich glaube, ich bin vom Regen abgeschweift.

35 **E:** [Ver_AD_2] Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.

36 **T:** Oh, ok, ich sollte keine Zeile mehr überspringen, nein. Die Wasserversorgung wird reduziert und Instabilität, das gilt ja für alle Baumarten. Durch den Nebel zum Beispiel weiß ich nicht, ob das Holz schneller angefressen wird. Was habe ich da gelesen? Nein. Durch den Nebel gehen die Zapfen viel schneller kaputt. Nein, ich weiß es nicht mehr so genau.

37 **E:** [Ver_AD_3] Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.

38 **T:** Der Waldboden nimmt die Mineralsalze auf. [...] Der Boden, ich weiß nicht, ob es dringender hat, falls ja, habe ich es schon wieder halb vergessen. Wenn Mineralsalze die Wasserversorgung von Bäumen stoppen, denke ich auch, dass der Boden trockener würde ich jetzt nicht sagen, weil es kommt ja irgendwie mit dem Regen, aber es kann sein, dass die Mineralsalze mit zum Düngen beitragen, das weiß ich nicht. Salz trocknet ja eher aus, das sagt man ja so. Der Boden wird vielleicht etwas trockener, weil das Mineralsalz das Wasser aufzieht. So könnte ich es mir irgendwie leicht vorstellen. Oder, dass es halt zur Düngung mithilft.

39 **E:** [Ver_AD_4] Nenne die Folgen des erhöhten Stickstoffeintrags für heranwachsende Bäume.

40 **T:** Sie wachsen schneller oder sie sterben schneller ab. Hm, eines von beiden oder keines von beiden. [...] Bäume wandeln Kohlenstoffdioxid in Sauerstoff um. [...] Ich kann mir vorstellen, dass sie dadurch langsamer wachsen oder schneller absterben, weil sie halt, das stimmt jetzt nicht genau, weil sie die Nahrung durch die Wurzeln ziehen, aber keine Nahrung bekommen. Sie bekommen weniger Sauerstoff damit oder es ist schwerer für sie, aber das klingt für mich jetzt auch ein bisschen unrealistisch, aber egal. Ich glaube, ich belasse es dabei.

41 Kontext 1: Selbsteinschätzung

42 **[Se_AD_1-5]**

43 Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen

44 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

45 **T:** [...] Ich habe gelesen und dann habe ich mir die Unterabschnitte zwar nicht markiert, aber ein bisschen im Kopf gemerkt. Dann habe ich mir gemerkt, was in die Luft geht und dann mit den Waldschäden, vom Waldboden her und dass es schneller düngt. Ich habe den Text in zwei Teilen gelesen.

- 46 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 47 **T:** Ich bin vorgegangen, wie ich es mir am Anfang vorgestellt habe. Ich bin auch ein bisschen nach der Reihenfolge des Texts vorgegangen am Anfang. [...] Die Schadstoffe in der Luft wusste ich nicht genau, wie ich die zeichnen sollte. Da habe ich jetzt einfach Rauch gemalt und da kommen auch einfach Mineralsalze mit, weil die sind ja nachher für den Boden sehr wichtig, weil sie sehr oft erwähnt wurden und habe dann den Waldboden gemalt und mit den Bäumen das.
- 48 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 49 **T:** Ich weiß nicht, ob es für mich hilfreich war. [...] Ich finde, wenn man es malt, bleibt es einem länger im Kopf, aber, wenn ich vorher nicht korrigiert werde und es mir falsch merke, dann glaube ich, wäre es nicht gut für mich. Es wäre für mich nicht hilfreich, wenn es falsch aufgezeichnet ist, was es wahrscheinlich auch ist.
- 50 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 51 **T:** Den Schadstoff in der Luft darzustellen. Ich kann jetzt nicht ganz viele Moleküle dort hinalmalen.
- 52 **E:** [mRef_AD_5] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?
- 53 **T:** Manche Sachen darzustellen. Wenn ich die Moleküle kennen würde, würde ich es halt damit darstellen, so wie man es halt eher macht. Und das konnte ich halt nicht, weil ich aus dem Kopf nicht genau weiß, wie die aussehen.
- 54 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 55 **T:** Alles *lacht*. Von den Fragen jetzt bin ich etwas überrascht, wie viel ich vergesse über die Zeit, wenn ich es nicht wiederhole. Das war ziemlich alles in der fünften Klasse. Ok, irgendwie kann ich mich verstehen, dass ich es vergesse, weil wir haben jetzt ganz viel anderen Unterrichtsstoff jetzt noch, aber wenn ich überlege, ich hatte in den ganzen Arbeiten in Bio immer eine Eins und jetzt weiß ich halt nichts mehr. Das hat mich etwas erschrocken. Das Schaubild hat für mich nicht wie ein Schaubild gewirkt, sondern eher wie eine Kinderkritzelei. Das hätte ich auf jeden Fall besser machen können.
- 56 **E:** [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 57 **T:** Wenn ich am Anfang wüsste, worum es geht, würde ich mich dafür schlau machen, ein Stück lernen und sonst weiß ich nicht, ob ich es ändern würde. [...] Den Text markieren hat mir auch noch nie geholfen, weil ich fange immer wieder an, den Text zu lesen, egal was markiert ist. Ich hätte mit dem Bleistift vielleicht die Abschnitte markieren sollen, jetzt ohne Farben.
- 58 **E:** [mRef_AD_8a, 8b entfallen]
- 59 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 60 **T:** Das fand ich schwer. Ich habe auch ziemlich wenig gesagt, glaube ich. Aber ich denke halt auch ziemlich wenig, weil wenn ich denke, keine Ahnung. Ich sag mir halt nicht im Kopf, das ist jetzt ein gelbes Haus und so. [...] Ich habe ein Bild im Kopf, aber gedanklich, dass ich jetzt mit mir selbst reden würde, würde ich niemals sagen, da ist ein gelbes Haus, auch in meinen Selbstgesprächen, mache ich tatsächlich gar nicht oft und eigentlich nie beim Zeichnen oder so.
- 61 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 62 **T:** Wenn ich etwas für mich selbst darstellen soll, dann kapiert es, glaube ich, niemand. Bei mir sieht es aus wie eine Kritzelei und für mich ist es Ordnung pur und ich verstehe alles. So

sehen auch meine Notizen aus und da hatte ich schon oft das Problem, dass Lehrer zu mir kommen und fragen, was notierst du da und dann musste ich das erst erklären. Aber ich glaube, das ist auch nicht so ganz verständlich, weil jetzt halt nicht Schritte eins, zwei, drei und *blabla* und das ist das, sondern einfach nur Striche [...]. Ich glaube, ich hätte ganz viel aneinander gemalt und irgendwie noch ganz viele Details, auch wenn ich nicht wüsste, dass sie richtig sind.

Transkript Teil B

1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung: Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop**

2 **E:** Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.

3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [...] Wenn ich laut denke, dann tue ich es einfach, wenn nicht, dann lasse ich es. [...] *[Sie schaut sehr häufig zwischen dem Mikroskop und dem Blatt hin- und her, mikroskopiert und zeichnet. Die Zellwände der Zellen werden stets nur gestrichelt dargestellt.]* So ich glaube, ich habe so langsam alles. Ich gucke noch einmal drüber. [...]

4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

5 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung und beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

6 **T:** *[Auch bei der Beschriftung der Zeichnung denkt die Schülerin teilweise laut.]* Dann mache ich das hier etwas deutlicher, [...] am besten alles auf einer Seite, dann habe ich schön viel Platz. *[Sie zeichnet in drei Zellen ergänzend die Zellmembranen ein].* [...] Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal. [...] Ich weiß nicht, ob man es erkennen kann. Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht und nicht in der Reihenfolge, [...] aber man dürfte es irgendwie erkennen.

7 **Kontext 2: Verständnisfragen**

8 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

9 **T:** [...] Es war das Wassernetz zu sehen und man hat gesehen, wie sich so ein Netz zusammensetzt. Von der Struktur her jetzt nicht so Kästchen, Kästchen, Kästchen nebeneinander, nicht so akkurat wie ein Fischernetz, sondern natürlich. Was mir aufgefallen ist, es gab kein Zellkern. Ich weiß nicht, ob er nur nicht in der Beschriftung war oder ob ich ihn nicht gesehen habe. Dann habe ich natürlich die Zellwand gemalt, das war dieser Zwischenraum, den habe ich jetzt aber nicht so deutlich gemalt, lediglich bei den Zellen, die ich beschriftet habe. Das Zellplasma war innendrin das. Ich habe gesehen, das hatte eine körnige Struktur. [...] Die Zwischenräume, den Begriff habe ich vergessen, weil wir den noch nicht hatten, bei dem die Netzteile, Zellen aufeinandertreffen. Da habe ich auch nicht ganz verstanden, wie werden die genau zusammengehalten? [...]

10 **E:** [Ver_MZ_2 entfällt]

11 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

12 [Se_MZ_1-6]

13 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

14 **E:** [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

15 **T:** Ich habe zuerst das auffällige Dreieck *[gemeint ist die zentrale Struktur in Form einer Raute]* gemalt und dann habe ich außerhalb die kleinen Strukturen gemalt und geguckt, dick oder dünn, und dann wenn die eine auffällige Biegung hatten, die mit einzubringen. Ich weiß nicht, ob ich es geschafft habe. Mir ist auch aufgefallen, dass ich nach außen hin immer größer

gezeichnet habe, dann habe ich versucht, das in der Mitte nochmal etwas anzupassen. Das hat nicht so geklappt. Ich habe nicht immer den Maßstab eingehalten [*gemeint ist das Größenverhältnis, das laut der Lehrerin berücksichtigt werden soll*]. Ich bin von innen nach außen vorgegangen.

- 16 **E:** [**mRef_MZ_2**] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 17 **T:** Den Maßstab [*gemeint ist das Größenverhältnis*] immer beizubehalten und dieses Dick und Dünn [*Proportionen der Zelle*]. Ich glaube, das habe ich auch nicht so wirklich geschafft. [...] Es war auch schwer, die verschieden darzustellen und zu schauen, wie die zusammenhängen, wie die Enden bzw. Anfänge aufeinandertreffen.
- 18 [**mRef_MZ_3 entfällt**]
- 19 **E:** [**mRef_MZ_4**] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
- 20 **T:** [...] Auf jeden Fall der Maßstab [*gemeint ist das Größenverhältnis*], der hätte mir besser gelingen können. Und deutlicher zeichnen. Ich glaube ich hätte überall diese Zellmembran und *blabla* deutlicher zeichnen sollen. Ich habe alles eher so minimalistisch gemalt. Man bekommt ja meist ein ganzes Blatt, um auch ein ganzes Blatt zu nutzen, das habe ich jetzt nicht gemacht. Ich glaube das hätte ich besser machen können. [...] Ich habe gemerkt, dass die obere Zelle vom Dreieck [*gemeint ist der zentrale Ausschnitt der eigenen Zeichnung*] ein bisschen länger ist als das mittlere Stück und ich habe die [*Zellen*] nach außen hin immer ein Stück größer gemalt und das hat nicht immer gestimmt. Im Endeffekt war das Dreieck in der Mitte dann zu klein.
- 21 **E:** [**mRef_MZ_5**] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 22 **T:** Ich weiß nicht. [...] Ich würde vielleicht immer erst Anfang und Ende [*der Zellen*] zeichnen.
- 23 **E:** [**mRef_MZ_6**] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 24 **T:** Ich hatte mich am Anfang dagegen entschieden. Ich bleibe dann nicht bei der Sache. Wenn ich reden muss, lenkt mich das etwas ab.
- 25 **E:** [**Note_Bio**] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 26 **T:** Eine Zwei und vorletztes Jahr eine Eins.
- 27 **E:** [**Note_Kunst**] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 28 **T:** Eine Eins.
- 29 **E:** [**Ergänzende Frage**] Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 30 **T:** Ich muss sagen, das Ganze habt ihr besser rübergebracht als im Unterricht. Auch wenn es jetzt wahrscheinlich mehr war, als der Unterricht mit einer dreiviertel Stunde. Aber auch mit dem Zeichnen, dass man sich halt mehr mit einem Thema befasst. [...] Wir bleiben nie lange bei einer Sache, das war jetzt hier nicht, das fand ich gut.

Isabelle – S7B

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. [**Vor_AD_1**] Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?
- 3 **T:** Weiß nicht.
- 4 **E:** [**Vor_AD_2**] Erkläre doch bitte kurz, was du unter dem Begriff „Saurer Regen“ verstehst.
- 5 **T:** Weiß ich nicht.

- 6 **E:** [Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 7 **T:** Gezeichnet noch nicht.
- 8 **[Vor_MZ_2 entfällt]**
- 9 **E:** [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 10 **T:** Nein.
- 11 **[Vor_MZ_4, 5 entfällt]**
- 12 **E:** [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 13 **T:** Dazu hatten wir noch nicht so viel gemacht.
- 14 **[Vor_MZ_7, 8, 9 entfallen]**
- 15 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 16 **T:** Ich kann die nicht mehr auseinanderhalten.
- 17 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 18 **T:** [...]
- 19 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**
- 20 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 21 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Ok, ich wäre jetzt fertig mit dem Lesen. [...] Ok, also soll ich da jetzt etwas aufmalen? **[E:** Ja.] Kann ich dafür auch nochmal im Text nachlesen? **[E:** Ja.] Und ich soll jetzt auch wieder laut denken? **[E:** Ja.] Ja ok. Als erstes wird ja die Kohle verbrannt [...] und dadurch entstehen Luftschadstoffe, das sind so Gase [...] und wenn die mit Wasser in Berührung kommen, [...] bilden sich Säuren und die kommen in Form von saurem Regen. Der saure Regen [...] schädigt die Blätter [...] und dadurch verdunsten dann die Nadeln, also von den Nadelbäumen. [...] Ich kann nicht erklären irgendwie. [...] Ja ich kann das nicht erklären. **[E:** Du kannst auch einfach still vor dich hinzeichnen, wenn dich das laute Denken davon ablenkt.] Ja ok. *[Die Schülerin zeichnet einen Baum, Regentropfen und einen Pilz unter dem Baum und Sie nimmt dann die Beschriftung vor.]* [...] Ok, ich bin fertig.
- 22 **Kontext 1: Verständnisfragen**
- 23 **E:** [Ver_AD_1] Erkläre die Entstehung des sauren Regens.
- 24 **T:** Hier ist der saure Regen und wenn im Sommer diese Sonneneinstrahlung ist und wenn da wenig Wasser ist, entstehen da Pilze, Insekten und Schädlinge auf dem Baum. Und außerdem kommt es durch sauren Regen auf dem Boden zu Überdüngung und die Pflanzen wachsen schneller [unverständl.].
- 25 **E:** [Ver_AD_2] Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.
- 26 **T:** Auf den Nadelbäumen, das verdunstet, ich habe das so verstanden, dass das verdunstet und dass irgendwie die Nadelblätter, da ist so ein Wachsüberzug und das wird dann zerstört.
- 27 **E:** [Ver_AD_3] Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.
- 28 **T:** Beim Waldboden kommt es zu Überdüngung und dann wachsen die Pflanzen schneller.
- 29 **[Ver_AD_4 entfällt]**
- 30 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**
- 31 **[Se_AD_1-5]**
- 32 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**
- 33 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

- 34 **T:** Ich habe es gelesen und mir versucht, die Sachen, die da standen, zu merken und zu verstehen. Meistens lese ich dann noch ein zweites Mal drüber, damit ich nochmal schauen kann, ob ich wirklich alles aus dem Text entnommen und verstanden habe.
- 35 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 36 **T:** Ich habe versucht, aufzuschreiben und aufzumalen, was ich noch wusste. Wenn ich mir nicht mehr so sicher war, habe ich nochmal im Text nachgelesen an der Stelle, wo ich es gebraucht habe.
- 37 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 38 **T:** Ich habe es durch das Schaubild, als ich es gemacht habe, habe ich es vor mir gesehen und habe es dann auch ein bisschen mehr verstanden, worum es dabei eigentlich geht.
- 39 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 40 **T:** Es fiel mir schwer, die Informationen herauszusuchen.
- 41 **E:** [mRef_AD_5] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?
- 42 **T:** Ich fand eigentlich alles gleich.
- 43 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 44 **T:** Ja natürlich. Ich habe von dem Thema vorher noch nichts gehört und hätte ich das schon ein bisschen gekannt, dann wäre mir das natürlich besser gelungen. Aber jetzt so, dafür, dass ich es das erste Mal gemacht habe, ist es denke ich ganz in Ordnung.
- 45 **E:** [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 46 **T:** Das weiß ich jetzt noch nicht.
- 47 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 48 **T:** Ablaufdiagramme, hm, also Flussdiagramme ja. Das haben wir mal in Erdkunde gemacht. [...] In Erdkunde letztes Jahr haben wir es ganz oft gemacht. In Bio eher weniger.
- 49 **E:** [mRef_AD_8b] Folgefrage: Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?
- 50 **T:** Ich weiß nicht, ob man das auch so nennen kann, aber wir hatten die Entstehung von Lebewesen mit Pfeilen gemacht.
- 51 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 52 **T:** Bei dem Schulweg fand ich es gut, bei dem Schaubild hat es abgelenkt.
- 53 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 54 **T:** Ich glaube vielleicht, ja. Ich bin jetzt nicht so der Erklärtyp. Ich weiß nicht. Ich denke ich hätte es anders gemacht.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 **E:** Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.
- 3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Kann ich auch erstmal das Ganze malen und dann den Ausschnitt einzeichnen? [E: Ja klar, kannst du.] [_] [E: Wenn du

magst, kannst du dabei laut Denken, wenn du sagst, dass es dich zu sehr ablenkt, dann lass es.] Ja ok, dann probiere ich es mal so. [...] *[Die Schülerin mikroskopiert und zeichnet die Umrisse einiger Zellen. Sie zeichnet danach eine rechteckige Umrandung ein und radiert alle Zellen weg, die über das Rechteck hinausragen. Sie zeichnet abschließend die fehlenden Umrisse der Zellen im Zentrum ein.]* Ok, ich bin fertig.

4 **E: [Ergänzende Frage] Du hast gesagt, das laute Denken sei dir nicht so recht. Würdest du grade im Nachhinein noch etwas zu deinem Vorgehen sagen?**

5 **T:** Ich habe mir das angeschaut und versucht, mir einen Teil zu merken, habe den Teil aufgezeichnet und habe das dann immer wieder gemacht. Danach habe ich einen Ausschnitt eingezeichnet und habe geschaut, was in den Ausschnitt reinkommt. Dann habe ich es noch etwas verfeinert, dass man es erkennt.

6 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

7 **E: Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung und beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.**

8 **T:** *[Die Schülerin zeichnet nachträglich an Stellen, an denen Zellen aufeinandertreffen, Zellwände ein. Sie beschriftet die obere Zeichnung.]* Soll ich das einfach nochmal neu zeichnen, weil das erkennt man nicht so gut auf der Zeichnung?

9 **E:** Du kannst auch einfach einen Ausschnitt daraus neu zeichnen. Wie du möchtest.

10 **T:** Ja ok. *[Die Schülerin zeichnet eine Ausschnittvergrößerung unterhalb der ersten Zeichnung.]* Ja, ich habe das jetzt verschriftlicht.

11 **Kontext 2: Verständnisfragen**

12 **E: [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.**

13 **T:** *[Die Versprachlichung des soeben Gesehenen fällt der Schülerin schwer.]* Es sah halt aus wie das Wassernetz *[bezieht sich auf das Arbeitsblatt]*, nur eben sehr stark vergrößert. Man hat das Zellplasma und die Zellmembran sehr gut gesehen.

14 **E: [Ver_MZ_2] Erkläre, wie sich die bereits mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt.**

15 **T:** Vielleicht, dass sich das Zellplasma aneinander und dass es sich dann vermehrt und dass sich die dann einander. Ich weiß es nicht.

16 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

17 **[Se_MZ_1-6]**

18 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

19 **E: [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?**

20 **T:** Ich habe es mir angeschaut und darüber nachgedacht, wie ich das anfertigen will und dann habe ich mir einen Teil gemerkt und den aufgezeichnet und habe das immer wieder gemacht, bis ich fertig war. Danach habe ich den Ausschnitt markiert.

21 **E: [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?**

22 **T:** Ich habe es nicht ganz so genau gemacht. Ich habe eher so Striche gezeichnet. Ich hätte es genauer zeichnen können, dass man das Zellplasma und die Membran gut erkennt.

23 **[mRef_MZ_3 entfällt]**

24 **E: [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?**

25 **T:** Dass es etwas genauer ist und weniger abstrakt aussieht.

26 **E: [mRef_MZ_5] Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?**

27 **T:** Ich denke nicht.

28 **E: [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?**

- 29 T: Mich bringt das ein bisschen durcheinander, wenn ich laut denke und währenddessen irgendetwas arbeite. Ich denke dann im Kopf noch etwas anderes, wie ich sage und mache und das verwirrt mich dann irgendwie.
- 30 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 31 T: Letztes Jahr hatten wir kein Biologie aber in Nawi hatte ich eine Eins.
- 32 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 33 T: In Kunst hatte ich auch eine Eins.

Nathalie – S7C

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?
- 3 T: Keine Ahnung.
- 4 E: **[Vor_AD_2]** Weißt du, was man unter dem Begriff „Saurer Regen“ versteht?
- 5 T: Nein.
- 6 E: **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 7 T: Mehrere Male.
- 8 E: **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 9 T: Herzmuskel, Skelettmuskulatur, eine Amöbe, [...] Würmer, [...] Zwiebelzellen und Mundschleimhautzellen [...].
- 10 E: **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 11 T: Ja, mit einem Bleistift zeichnen und genau zeichnen. Wir sollen immer groß zeichnen und nicht so klein, immer eine halbe Seite ungefähr.
- 12 E: **[Vor_MZ_4]** Kennst du Regeln oder Kriterien, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 13 T: Nein.
- 14 E: **[Ergänzende Frage]** Wurden die Zeichnungen schon einmal benotet?
- 15 T: Nein.
- 16 **[Vor_MZ_5 entfällt]**
- 17 E: **[Vor_MZ_6]** Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 18 T: Die Zelle hat ein Zellkern, Chloroplasten, die Chlorophyll enthalten. Weiter weiß ich nicht.
- 19 E: **[Vor_MZ_7]** Weißt du, wie sich tierische und pflanzliche Zellen unterscheiden?
- 20 T: Nein.
- 21 T: **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal das Wassernetz unter dem Mikroskop betrachtet?
- 22 Nein.
- 23 **[Vor_MZ_9 entfällt]**

24 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

25 **T:** [...] Ich habe noch nie eine pflanzliche Zelle gezeichnet. [...] Ich weiß nicht, ob das richtig ist. [...] Das mache ich nicht. Ich weiß nicht, was ich da machen soll [*gemeint ist die Zeichnung dreier tierischer Zellen*].

26 **Warm-up zum lauten Denken** *Standardisierte Einführung*

27 **T:** [...]

28 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*

29 **E:** Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.

30 **T:** [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] [...] [*Sie beginnt, etwas in die Abbildung rechts oben einzuzichnen, die den zu zeichnenden mikroskopischen Ausschnitt anzeigt.*] [**E:** Bitte unten auf dem Blatt. Die Abbildung oben rechts ist nur zur Orientierung, dass du den Ausschnitt findest. Aber die eigentliche Zeichnung dann bitte unten anfertigen.] Soll ich so ein ganzes Ding abmalen oder nur eine kleine Zelle? [**E:** Den Ausschnitt, den du siehst.] [...] [**E:** Denke bitte an das laute Denken.] Achso. Ich male da jetzt eine Kugel und so ein Strich dann noch. [...] [**E:** Da sind so grüne Punkte [*gemeint sind Strukturen im Zellplasma*] und die mache ich jetzt ein bisschen dunkler und bei den hellen mache ich einfach nur einen Kreis und male sie nicht aus. [...] Soll ich alle anmalen oder reicht, wenn ich eins anmale? [**E:** Da reicht eines.] Ok. [*Die Schülerin zeichnet dennoch eine Vielzahl weiterer Strukturen.*] Bin fertig. [*Die Schülerin will die Zeichnung abgeben, obwohl nur wenige der Zellen gezeichnet wurden, die im markierten Ausschnitt liegen.*] [**E:** In dem Ausschnitt, den du rechts oben siehst, ist da noch mehr drin als nur das?] [...] [...] [*Sie beginnt erneut, etwas in die Abbildung rechts oben einzuzichnen, die den zu zeichnenden mikroskopischen Ausschnitt anzeigt.*] Ich verstehe nicht genau, was ich in Abbildung 2 einzeichnen soll. Das, was in der Zelle drin ist? [**E:** Abbildung 2 zeigt dir den Ausschnitt, den du zeichnen sollst.] [*Die Schülerin beginnt erneut, etwas in die Abbildung einzuzichnen, die den zu zeichnenden Ausschnitt anzeigt.*] [*Erneute Erklärung, dass es um den Ausschnitt des Sichtfelds geht und die Abbildung rechts nur den Ausschnitt verdeutlicht, der auf dem Blatt gezeichnet werden soll.*] Ich verstehe es nicht. [*Erneute Erklärung, was sich innerhalb des Sichtfelds befindet*] [*Die Schülerin zeichnet daraufhin unterhalb leicht vergrößert Strukturen des Zellplasmas, indem sie einige helle und dunkle Kreise einzeichnet.*] [*Trotz aller Hilfestellungen bleibt die Zeichnung unvollständig.*]

31 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

32 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung und beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

33 **T:** Ist eh falsch. [...] [*Die Schülerin ergänzt in der linken oberen Zelle die Zellmembran sowie die Kittsubstanz zwischen den Zellen und beschriftet die Zeichnung anschließend.*]

34 **Kontext 1: Verständnisfragen**

35 **E:** [**Ver_MZ_1**] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

36 **T:** Ich habe eine Zellwand, eine Zellmembran, das Zellplasma und die Kittsubstanz eingezeichnet. [...] Insgesamt habe ich drei Zellen gezeichnet.

37 **E:** [**Ver_MZ_2**] Erkläre, wie sich die bereits mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt.

38 **T:** Das sind so Äste, die aneinanderhängen.

39 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

40 [**Se_MZ_1-6**]

41 Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen

- 42 E: [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
- 43 T: Ich habe zuerst eine grobe Struktur [*die Zellwand*] gemalt, so wie ich es gesehen habe und dann habe ich in die Zelle geschaut, wie es innen drin aussieht mit den Punkten.
- 44 E: [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 45 T: Das Zellplasma zu malen.
- 46 **[mRef_MZ_3 entfällt]**
- 47 E: [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
- 48 T: Eigentlich nichts.
- 49 E: [mRef_MZ_5] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 50 T: Nichts.
- 51 E: [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 52 T: Ich fand es nicht gut, weil ich es nicht kann.
- 53 E: Hat es dich abgelenkt?
- 54 T: Nein, eigentlich nicht.

Transkript Teil B**1 Kontext 2: Ablaufdiagramm**

- 2 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 3 T: [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] Zuerst male ich ein paar Nadelbäume. [_] Muss das schön aussehen, nein oder? [E: Das ist deine Sache.] [_] [E: Schiebe das Blatt gerade noch ein Stück hoch bitte, dass es im Kamerabereich liegt.] [_] Ich male jetzt noch einen normalen Baum daneben. [_] Ich mal daneben ein kleines Feuer und mache ein Papier daneben und so Gase, die dann hoch entweichen. [_] [E: Sprich einfach selbst vor dich hin.] [_] Ich male bei dieser Flamme eine Wolke [_] und so kleine Regentropfen. [_] [*Die Schülerin zeichnet eine weitere Wolke und Regentropfen über dem Nadelbaum ein.*] [E: Falls der Bleistift stumpf ist, kannst du ihn auch anspitzen.] [*Sie nimmt die Beschriftung "Säure" und "saurer Regen" vor.*] Ja, ich denke, ich bin fertig.

4 Kontext 2: Verständnisfragen

- 5 E: [Ver_AD_1] Erkläre die Entstehung des sauren Regens.
- 6 T: Wenn man Feuer macht, dann geht der Dampf, das Gas, nach oben. Es kann zum Beispiel Schwefelgas sein und wenn das dann in Berührung mit Wasser kommt, kommt es in Form von Nebel oder Wasser als Säure wieder runter. Das schädigt die Pflanzen, die Blätter oder Nadeln von den Bäumen.
- 7 E: [Ver_AD_2] Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.
- 8 T: Die Nadeln fallen ab.
- 9 E: [Ver_AD_3] Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.
- 10 T: Das weiß ich nicht mehr.
- 11 E: [Ver_AD_4] Nenne die Folgen des erhöhten Stickstoffeintrags für heranwachsende Bäume.
- 12 T: Das habe ich vergessen.

13 Kontext 2: Selbsteinschätzung

- 14 **[Se_AD_1-5]**

15 Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen

- 16 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 17 **T:** [...] Ich habe erstmal den ersten Abschnitt kurz angeschaut und dann einfach von oben nach unten den Text gelesen.
- 18 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 19 **T:** Es ging um Bäume, deswegen habe ich erstmal Bäume gemalt und dann wegen dem Gas habe ich an Feuer gedacht. Wegen dem Wasser [unverständlich.] habe ich an Wolken und Regen gedacht. Wenn es regnet, mischt sich das Gas und danach fällt es halt runter.
- 20 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 21 **T:** Mit dem Schaubild ist es besser gewesen.
- 22 **E:** [mRef_AD_4] Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas schwer?
- 23 **T:** Nein, nicht wirklich.
- 24 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 25 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 26 **T:** Den Text etwas besser lesen.
- 27 **E:** [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 28 **T:** Mir mit dem Textmarker ein paar Textstellen markieren.
- 29 **[mRef_AD_8a, 8b entfallen]**
- 30 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 31 **T:** Unnötig.
- 32 **E:** War es störend?
- 33 **T:** Nein.
- 34 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 35 **T:** Nein, ich denke genau so.
- 36 **E:** [Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 37 **T:** Eine Drei.
- 38 **E:** [Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 39 **T:** Eine Zwei.
- 40 **E:** [Ergänzende Frage] Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 41 **T:** Nein.

Jonas – S7D**Transkript Teil A****1 Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**

- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?**

- 3 T: Schäden können durch starken Sturm entstehen oder durch Leute, die Holz hacken, also Bäume fällen, aber auch von verschiedenen Käfern oder halt Tieren, die den Baum abfressen.
- 4 E: [Vor_AD_2] Weißt du, was man unter dem Begriff „Saurer Regen“ versteht?
- 5 T: Nein.
- 6 E: [Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 7 T: Etwas mikroskopisch gezeichnet habe ich noch nicht, aber wir sollten mal durchschauen. [...]
- 8 **[Vor_MZ_2 entfällt]**
- 9 E: [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 10 T: Nicht wirklich.
- 11 **[Vor_MZ_4, 5 entfallen]**
- 12 E: [Vor_MZ_6] Weißt du, wie eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut ist?
- 13 T: Nein.
- 14 E: [Vor_MZ_7] Weißt du, wie sich tierische und pflanzliche Zellen unterscheiden?
- 15 T: Nein.
- 16 **[Vor_MZ_8, 9 entfallen]**
- 17 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 18 T: Mehr weiß ich jetzt nicht. [...] Ich weiß nicht, was tierische Zellen sind.
- 19 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 20 T: [...]
- 21 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 22 E: Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.
- 23 T: [...] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Was sind Zellorganellen? [Er schaut durch das Mikroskop und kann dadurch seine Frage selbst beantworten.] Achso, diese kleinen Pünktchen. [...] [E: Und wenn du dann loslegst mit dem Zeichnen, bitte wieder laut denken. Vielleicht ein kurzer Hinweis für Brillenträger. [...] Wenn ich durch das Mikroskop schaue, ziehe ich die meist auch ab.] [...] [E: Bitte denke an das laute Denken.] Erst so, dann dicker weiter [gemeint ist die Zellform], [...] dann geht es zusammen, [...] danach hier noch ein schmales Langes bis es auf den Großen trifft [gemeint sind die Zellen links oben im mikroskopischen Bild, die dreieckförmig verbunden sind] [...] und von dem Punkt, wo sich die beiden treffen, weiter unten nach oben [unverständl.]. [...] Eine ganz kleine Welle [unverständl.]. [Die nächsten Minuten mikroskopiert und zeichnet der Schüler abwechselnd. Dabei beschreibt er ausschließlich die Zellformen der rund zwanzig Zellen. Er zeichnet deutlich mehr Zellen des Wassernetzes, als in der Ausschnittmarkierung dargestellt ist.] [...] Das wird knapp. [unverständl.] [...] Dann ist hier noch so ein ganz Kleines, aber trotzdem dick. [...] Hier ist noch eines durch. [...] Hier geht jetzt Eines nach unten und das sollte normalerweise auf das [gemeint ist die Zelle rechts unten] treffen. Das muss ich dann nämlich anders zeichnen. Das ist nämlich kürzer. [Der Schüler kennt, dass er die Proportionen falsch eingeschätzt hat. Er radiert daraufhin einzelne Zellen aus.] [...] Ja, das soll so. Ein Kleines und Längeres. [...] [...] Habe ich jetzt alles gezeichnet? [unverständl.] [Er blickt mehrmals durch das Mikroskop und gleicht mit der eigenen Zeichnung ab.] [...] Hier ist noch eines, das leicht nach rechts geht. [...] Und das Leichte ist nämlich nur eines. [Er erkennt beim Blick durch das Mikroskop, dass es sich bei einer Struktur nicht um eine, sondern um zwei Zellen handelt.] [...] Und sonst habe ich alles.

24 Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung

25 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung und beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

26 **T:** Ist das hier irgendwo eine Stelle, die ich finden muss? [*Er fragt den Versuchsleiter, ob sich die beschriftete Abbildung in der eigenen Zeichnung wiederfinden lassen kann.*] [E: Nein, es ist egal, an welcher Stelle du die Beschriftung vornimmst.] [...] [*Er ergänzt an einer Zelle die Zellmembran sowie die Kittsubstanz zwischen den Zellen und beschriftet die Zeichnung anschließend.*]

27 Kontext 1: Verständnisfragen

28 **E:** [**Ver_MZ_1**] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

29 **T:** Ich habe geschaut, wie dick die [*Zellen*] in etwa sind und wie ich die zeichnen kann, wie lange die ungefähr sind und wie ich es mache, dass die ungefähr aufeinandertreffen. Am Ende habe ich nochmal geschaut, welche Formen dazwischen sind [*gemeint sind die Leerräume zwischen den Zellen*] und ob ich das auch habe.

30 **E:** Was genau hast du gezeichnet?

31 **T:** Wie hieß das nochmal? Es ist eine Struktur von grünen Algen, die auch in Seen vorkommen.

32 **E:** Und die einzelnen Strukturen, was war das? Das Wassernetz setzt sich ja aus Teilstrukturen zusammen.

33 **T:** Zellmembran, Zellplasma und Zellstruktur.

34 **E:** [**Ver_MZ_2**] Weißt du, wie sich die bereits mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt?

35 **T:** Nein, nicht wirklich.

36 Kontext 1: Selbsteinschätzung

37 [**Se_MZ_1-6**]

38 Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen

39 **E:** [**mRef_MZ_1**] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

40 **T:** Ich habe geschaut, wie dick die ungefähr sind und wie ich die dann zeichnen kann im Gegensatz zu den anderen, wie lang die ungefähr sind, auch im Gegensatz zu den anderen und wie die am Ende zusammenkommen. Am Ende habe ich kontrolliert, welche Muster zwischen den ganzen Zellen sind und ob ich die gleichen Muster dazwischen habe.

41 **E:** [**mRef_MZ_2**] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

42 **T:** Dass die Zellen am Ende aufeinanderstoßen, aber sonst eigentlich nichts.

43 [**mRef_MZ_3 entfällt**]

44 **E:** [**mRef_MZ_4**] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

45 **T:** Ja manche Sachen hätte ich noch etwas länger, dicker oder dünner machen können, also genauer.

46 **E:** [**mRef_MZ_5**] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?

47 **T:** Nein, ich würde dabei bleiben bei dem Gucken und Zeichnen.

48 **E:** [**mRef_MZ_6**] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

49 **T:** Nicht so schlimm. [...] Ich habe einfach das gesagt, was ich gedacht habe und manche finden das peinlich zu sagen, was sie denken, aber mir hat das nichts ausgemacht.

Transkript Teil B**1 Kontext 2: Ablaufdiagramm**

2 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

3 **T:** [...] Was ist "vgl."? [E: Vergleiche.] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Die Bäume. Erstmal den Boden, dann auch Bäume. [...] [unverständl.] Die Blätter kann ich so zeichnen, wie sie sind. So zeichnen, dass man auch erkennt, dass es Bäume sind. [...] Und hier noch so ein Baum. [Der Schüler zeichnet die Umrisse einer Fabrikanlage.] Eine etwas kleinere Fabrik und Rauch. [...] Hier steigt Rauch hoch zu den Bäumen. Und wenn dann mal zu viel Sonne scheint, hier ist zum Beispiel ein See, verdunstet das Wasser [zeichnet die Verdunstung über der Wasseroberfläche und über den Bäumen ein] geht noch zu den Bäumen dazu und wenn es dann regnet, kommt der Schaden von den Regentropfen und von der Fabrik hauptsächlich [...] hier auf die Bäume. Das schadet den Bäumen und dadurch können die schneller verrotten und kleinere Bäume oder generell Pflanzen wachsen nicht so schnell, das dauert dann länger. [...] Sonst gibt es eigentlich nicht mehr dazu zu sagen.

4 Kontext 2: Verständnisfragen

5 **E:** [Ver_AD_1] Erkläre die Entstehung des sauren Regens.

6 **T:** Der Rauch von Häusern und von Fabriken steigt auf und es bilden sich Wolken. Wenn stark die Sonne scheint, zum Beispiel auf einen See, steigt Wasserdampf auf und so bildet sich auch Regen, nur, dass jetzt auch noch die Schadstoffe der Fabrik oder von den Häusern dabei sind, wenn zum Beispiel Holz oder Chemikalien verbrannt werden. Mit dem Regen kommen auch die Chemikalien und das geht dann auf die Bäume und das schadet den Bäumen und anderen Pflanzen beim Wachsen oder die können dann auch kaputtgehen.

7 **E:** [Ver_AD_2] Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.

8 **T:** Die Nadeln fallen viel schneller ab und dann bekommen die viel mehr Wärme ab als normalerweise.

9 **E:** Weißt du noch, weshalb die Nadeln abfallen?

10 **T:** Wegen den Chemikalien fallen die Nadeln ab und deswegen bekommen die zu viel Sonne ab oder wenn es im Winter kalt ist, ist denen zu kalt.

11 **E:** [Ver_AD_3] Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.

12 **T:** Der Waldboden, da läuft das meiste Wasser auch hin und da sind auch die Wurzeln der Bäume. Das ist auch der Grund, weshalb die Bäume umfallen. Weil das Wasser versickert mit den Chemikalien und das geht dann auch in die Wurzeln, [...] schädigt die, dann brechen die sozusagen oder zerreißen und wenn der nur noch an einer Wurzel hängt, fällt der Baum um.

13 **E:** [Ver_AD_4] Nenne die Folgen des erhöhten Stickstoffeintrags für heranwachsende Bäume.

14 **T:** Die können nicht mehr so schnell wachsen. Die Ursache ist der saure Regen.

15 Kontext 2: Selbsteinschätzung

16 [Se_AD_1-5]

17 Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen

18 [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

19 **T:** Ich habe ganz normal von oben nach unten gelesen. Wenn ich irgendetwas im Satz nicht verstanden habe, dann habe ich den Satz nochmal von Anfang an gelesen, um nochmal zu verstehen, was das Wort bedeutet.

- 20 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 21 **T:** Ich habe mir alles gemerkt, was im Text gestanden hat und wie ich es mir vorgestellt habe, wie es dann passiert mit den Wolken und dem Verdunsten.
- 22 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 23 **T:** Das Bild hat einem noch zum Verständnis verholfen.
- 24 **E:** [mRef_AD_4] Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas schwer?
- 25 **T:** Nein.
- 26 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 27 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 28 **T:** Die Bäume hätte ich vielleicht etwas besser zeichnen können und vielleicht die Chemikalien markieren können.
- 29 **E:** **[mRef_AD_7 entfällt]**
- 30 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 31 **T:** Einmal. [...] Den Wasserkreislauf.
- 32 **[mRef_AD_8b entfällt]**
- 33 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 34 **T:** Genauso wie bei der mikroskopischen Zeichnung. [--> Nicht so schlimm. [...] Ich habe einfach das gesagt, was ich gedacht habe und manche finden das peinlich zu sagen, was sie denken, aber mir hat das nichts ausgemacht.]
- 35 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 36 **T:** Dann hätte ich wahrscheinlich kaum etwas zeichnen können außer Boden, Bäumen und einer Fabrik, weil ich das mit dem sauren Regen hatte ich davor noch nicht.
- 37 **E:** **[Ergänzende Frage]** Ich habe gesehen, dass du in die Zeichnung keine Beschriftung eingefügt hast. Hat das einen Grund?
- 38 **T:** Ich muss jetzt, glaube ich, keinen Baum, Wolken oder Regen beschriften oder eine Fabrik. Hätte ich gewusst, wie ich die Chemikalien darstellen soll, hätte ich das beschriftet.
- 39 **E:** **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 40 **T:** Eine Drei.
- 41 **E:** **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 42 **T:** In Kunst hatte ich das letzte Mal eine Zwei.
- 43 **E:** **[Ergänzende Frage]** Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 44 **T:** Nein.

Florian – S7E

Transkript Teil A

1 Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung

- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?**
- 3 **T:** Wenn sich Tiere dran reiben oder durch Umweltverschmutzung. Zum Beispiel, wenn Wanderer im Wald sind und den Müll dort liegen lassen.
- 4 **E:** **[Vor_AD_2] Weißt du, was man unter dem Begriff „Saurer Regen“ versteht?**
- 5 **T:** Nein.
- 6 **E:** **[Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?**
- 7 **T:** Erst ein-, zweimal. Wir hatten es erst in der sechsten Klasse und da haben wir es nicht lange gemacht.
- 8 **E:** **[Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?**
- 9 **T:** Ein Wurm. [...]
- 10 **E:** **[Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?**
- 11 **T:** Ich glaube schon, aber ich kann mich nicht mehr daran erinnern.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?**
- 13 **T:** Ich skizziere es zuerst und arbeite es dann immer weiter aus und am Ende vielleicht noch Farbe benutzen, dass man verschiedene Sachen besser erkennt.
- 14 **[Vor_MZ_5 entfällt].**
- 15 **E:** **[Vor_MZ_6] Weißt du, wie eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut ist?**
- 16 **T:** Nein. Zellen hatten wir noch nicht.
- 17 **[Vor_MZ_7 entfällt]**
- 18 **E:** **[Vor_MZ_8, 9] Hast du schon einmal das Wassernetz unter dem Mikroskop betrachtet?**
- 19 **T:** Nein.
- 20 **Zeichnen-Test: Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen**
- 21 **T:** Mir fällt dazu nichts ein.
- 22 **Warm-up zum lauten Denken: Standardisierte Einführung**
- 23 **T:** [...]
- 24 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**
- 25 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 26 **T:** *[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Was bedeutet das in der Klammer? **[E:** Abbildung 1, das bezieht sich darauf.] [...] Darf ich ein paar Sachen beschriften während ich zeichne? **[E:** Ja klar. Denke auch noch an den abgeklebten Bereich zwecks Kamera]. Also bei den Schornsteinen von privaten Häusern, [...] werden Rauchgase ausgestoßen [...] und dann geht das in Richtung zu den Nadelbäumen [...] und die werden hauptsächlich davon betroffen, aber auch die Laubbäume sind davon betroffen. [...] Und das schlimmste Jahr in Deutschland war 1980. [...] Darf ich Farbe benutzen? **[E:** Wenn du magst.] *[Der Schüler sucht einen roten Stift in der Federmappe; malt danach die Begrenzung um die Jahreszahl rot aus] [...].* *[Im Anschluss sucht er einen schwarzen Stift im Federmäppchen.]* Damals wurden nämlich noch Braunkohlestücke zum Heizen oder zum Strom herstellen benutzt [...] und da war es noch nicht so, dass die anstatt der Sonnenenergie [...] und Windenergie [...] und da wurde auch

noch nicht auf die Erdwärme geachtet. [] Durch das Verbrennen der Braunkohle sind wieder Gase entstanden [] und die kommen dann in der Atmosphäre. Ehm, wie soll ich das zeichnen? [] Wie kann man eine Atmosphäre zeichnen? [] Und die *[gemeint sind Gase]* kommen dann mit Wasser in Berührung []. *[Er sucht einen blauen Stift aus der Federmappe und malt dann den Regentropfen blau aus.]* [] Und die schädigen dann nicht nur durch Regen, sondern auch durch Nebel [] und dann [] und dann sind die anfälliger auf [] zum Beispiel Kälte, aber auch auf Wärme zum Beispiel und dann [] sind sie nicht mehr standhaft dagegen, wenn es wärmer oder kälter wird durch den Regen. [] Der Regen kann auch zum Auswaschen [] im Boden führen und dann tut er Minerale [] werden dann ausgewaschen [] und dann können die Bäume, [] die es eigentlich durch ihre Wurzeln aufnehmen, geht es halt nicht mehr und dadurch sind die wiederum geschwächt. [] Und dann werden von diesem Regen auch noch [] Metallionen ausgesetzt, die dann die Bäume, *[E: Würdest du die Zeichnung gerade noch ein Stück hochschieben bitte?]* den Baum an den Wurzeln schädigen. [] Und wenn er an den Wurzeln geschädigt ist, kann der Baum keine Mineralstoffe oder Wasser aufnehmen [] und dadurch sind sie wieder [] sind sie halt wieder mehr durch Hitze und Kälte schädlich. [] Wenn Stickstoff [] durch den [] Regen [] wieder auf die Erde gelangt, gibt es im Wald [] eine Düngung und deswegen werden die Bäume immer größer [] aber durch das [] schnelle Wachsen [] kann es passieren, dass sie durch [] *[zeichnet einen Pfeil und setzt danach mehrmals zum Zeichnen an und blickt als er nicht weiterkommt zurück auf den Text]* wenn zum Beispiel ein Sturm oder so ist, verlieren sie durch das schnelle Wachsen auch ihre Stabilität und deswegen kann es passieren, dass sie dann umfallen. [] Aber dadurch, dass diese Bäume durchgehend wachsen, gibt es nur für manche Mineralstoffe und für manche [] *[notiert Mineralsalze]*. [] Und deswegen werden sie dann nochmal anfälliger auf Hitze, Stürme und Parasiten. *[Der Schüler schaut vom Blatt hoch zum Versuchsleiter.]* *[E: Fertig?]* Sehr unordentlich aber. *[Er zeigt auf den Pfeil neben dem Nebel.]* Wie kann ich das verdeutlichen? *[Der Schüler wechselt dann zu den Mineralsalzen und ergänzt "werden weggespült".]* *[Er ergänzt danach bei den groß gewachsenen Bäumen rechts unten "keine Mineralsalze".]* [] Ja, fertig.

27 Kontext 1: Verständnisfragen

- 28 **E:** [Ver_AD_1] Erkläre die Entstehung des sauren Regens.
- 29 **T:** In den privaten Haushalten werden aus den Schornsteinen Gase freigesetzt, die in der Atmosphäre mit dem Wasser zusammengefügt werden und dann, wenn es regnet, kommen die halt wieder mit runter und setzen sich an die Wurzeln und setzen Schadstoffe aus, die dann dazu führen, dass die Bäume anfälliger werden auf Hitze und Kälte und dass sie nicht mehr so geschützt sind und auf Parasiten. Der Regen tut auch irgendein Gas freisetzen, ich weiß aber nicht mehr genau wie das heißt, und das düngt einmal den kompletten Wald und dann wachsen die Bäume schneller, aber dann kann es aber auch sein, dass zu wenig Mineralsalze da sind. Durch das ständige Wachsen und durch das schnelle Wachsen werden die Bäume wiederum anfälliger auf Kälte, Hitze, Stürme und Parasiten.
- 30 **E:** [Ver_AD_2] Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.
- 31 **T:** Die sind dann nicht mehr so sehr vor Verdunstung geschützt.
- 32 **E:** [Ver_AD_3] Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.
- 33 **T:** Der Regen wäscht die Mineralsalze aus, aber durch dieses Gas werden sie wieder gedüngt, aber dann reichen die Mineralsalze nicht mehr für das Wachstum.
- 34 **E:** [Ver_AD_4] Nenne die Folgen des erhöhten Stickstoffeintrags für heranwachsende Bäume.
- 35 **T:** Die wachsen schneller, weil sie durch das Gas wieder gedüngt werden, wie die anderen Bäume auch.

36 Kontext 1: Selbsteinschätzung

- 37 **[Se_AD_1-5]**

38 Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen

39 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

40 **T:** Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überflogen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.

41 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?

42 **T:** Ich habe mir den Text am Anfang durchgelesen, das konnte ich mir gut merken, das habe ich dann aus dem Kopf gemacht und dann, wo ich es gemerkt habe, dass ich es nicht so im Gedächtnis hatte, habe ich im Text immer wieder so ein Stück gelesen und es dann wieder probiert auf das Schaubild zu übertragen und dann immer in der Reihenfolge des Texts.

43 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?

44 **T:** Ich finde es hat auch ein bisschen für mich persönlich geholfen, da ich es auch für mich nochmal darstellen konnte und dass ich es dann auch verstanden habe.

45 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?

46 **T:** Es übersichtlich zu machen.

47 **[mRef_AD_5 entfällt]**

48 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?

49 **T:** Ja vielleicht, dass ich mir den Text ein bisschen besser hätte einprägen können, wenn ich die Stichwörter markiert hätte. Und die Zeichnung das nächste Mal ein bisschen ordentlicher machen.

50 **[mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**

51 Das wäre wieder das Gleiche. Erst wieder durchlesen, dann probieren das auf das Schaubild zu bekommen, was ich weiß, weil dann kann ich es ja schon mal absichern und dann kann ich es nochmal nachlesen, falls es falsch war. Danach noch das dazu machen, was ich nicht mehr wusste.

52 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?

53 **T:** Wir haben sowas schon ein paar Mal gemacht, aber dann haben wir eher auch mal eine Mindmap gemacht und dann haben wir die in der Reihenfolge mit Nummern beschriftet, aber wir haben es auch schon in Tabellen gemacht.

54 **[mRef_AD_8b entfällt]**

55 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

56 **T:** Ich fand es etwas komisch, etwas seltsam, weil man im Unterricht immer leise sein soll.

57 **E:** Aber es hat dich nicht gestört?

58 **T:** Nein.

59 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?

60 **T:** Ich denke eigentlich nicht, weil für mich mache ich das auch lieber so.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 **E:** Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.
- 3 **T:** *[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Wir haben es ja gar nicht richtig gelernt, das mikroskopische Zeichnen *[bezieht sich auf die Formulierung der Aufgabenstellung]*. Also in dem Bereich dann? *[Der Schüler zeigt oben rechts in die Ecke, auf die Abbildung des zu zeichnenden mikroskopischen Ausschnitts.]* **E:** Nein, unten auf dem Blatt [...] **T:** Ich mache mir jetzt erstmal einen Kasten, um mich in der Abbildung zu orientieren. Das *[zeigt auf die Zellwände]* sind dann die einzelnen Striche, die in die anderen Netze reingehen, weil die sind ja überall verbunden. Das versuche ich nachzuzeichnen, um sie danach zu verbinden. **E:** Rede einfach vor dich hin und verbalisiere nur deine Gedanken. **T:** Scheiße. *[Er korrigiert den Verlauf der Zellwand links oben.]* Das kommt dahin. [...] Jetzt zeichne ich es nach, sodass ich alles verbunden habe. [...] *[Der Schüler verbindet die von den Seiten ins Sichtfeld ragenden Zellwände. Daraus ergibt sich die mittlere Ringstruktur.]* [...] Und das habe ich so gesehen. *[Die Zellen sind bislang nur als einfacher Strich repräsentiert. Weitere parallele Striche, die eine genauere Differenzierung erlauben, werden erst bei der Beschriftung nachträglich eingezeichnet.]*
- 4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**
- 5 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung und beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.
- 6 **T:** Darf ich die Zeichnung daraufhin nochmal verbessern? **E:** Ja, wenn du magst. *[Der Schüler ergänzt bei einem Teil der bislang als einfacher Strich repräsentierten Zellen jeweils einen zweiten Strich, sodass eine Beschriftung möglich wird]*. Ich probiere jetzt das Schwarze, also das Dunklere außen zu der Zellwand, also dass man das besser erkennt und das innen drin versuche ich etwas heller zu halten für das Zellplasma. *[Er ergänzt bei den restlichen bislang als einfacher Strich repräsentierten Zellen jeweils einen zweiten Strich, sodass die Beschriftung möglich wird. Weiterhin schraffiert er den Zellinnenraum grau.]* Und an den X-en *[gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen]* kommen immer die einzelnen, wie nennt man das, Zellen zusammen und die sind dadurch auch verbunden und deswegen probiere ich das deutlicher zu machen. *[Der Schüler überarbeitet jeweils den Bereich, in dem die Zellen aneinanderstoßen.]* Muss ich jede einzelne Zellwand beschriften? **E:** Nein, exemplarisch einmal. *[Der Schüler beschriftet die sichtbaren Strukturen.]* Die Zellmembran kann man nicht erkennen.
- 7 **Kontext 2: Verständnisfragen**
- 8 **E:** **[Ver_MZ_1]** Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
- 9 **T:** Also ich habe dieses Kästchen gemacht, um mich etwas zu orientieren *[gemeint ist das vorab gezeichnete Quadrat, das den Ausschnitt aus dem Sichtfeld repräsentiert]*. [...] Die sind ja überall am Eck verbunden und dann habe ich mir vorgestellt, das ist eine Fläche und an jedem Eck geht eine Verbindung raus, wo sie gehalten wird. Dann habe ich probiert, diese Verbindungen zu malen und dann habe ich alles verbunden. Am Ende habe ich diese äußeren, dunkleren Linien zur Orientierung für die Zellwand und das innen drin heller gehalten für das Zellplasma, dass man das wenigstens ein bisschen erkennt. Die X-e waren, dass man erkennt, dass jedes einzelne miteinander verbunden ist *[gemeint sind die Stellen, an denen jeweils Zellen aufeinandertreffen]*.
- 10 **E:** **[Ver_MZ_2]** Weißt du, wie sich die bereits mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt?

- 11 T: Nein. Algen sind ja Pflanzen, die im Wasser wachsen und im Wassertropfen sind ja selbst so Zellen drin und dass es sich über Jahre irgendwie zusammengesetzt hat.
- 12 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 13 **[Se_MZ_1-6]**
- 14 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 15 E: **[mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?**
- 16 T: Ich habe mir das erstmal angeschaut und dadurch, dass ich den einen Bereich zeichnen soll, habe ich mir ein Kästchen gemacht, dass ich es zuordnen kann. Dann habe ich, wenn ich durch das Mikroskop geschaut habe, habe ich mir das Kästchen vorgestellt und habe geschaut, wie diese verbunden sind. Dann habe ich es so gemacht, wie ich es vorhin erzählt habe. Ich habe jede einzelne Verbindung gezeichnet, dass ich das habe und am Ende dann ein bisschen ausführlicher.
- 17 E: **[mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?**
- 18 T: Beim Zeichnen nichts. Es war am Anfang eher so, dass ich erstmal gucken musste, wo was ist.
- 19 **[mRef_MZ_3 entfällt]**
- 20 E: **[mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?**
- 21 T: Vielleicht, wenn ich es größer gemacht hätte, dann hätte man mehr Details reinmachen können, dass man alles beschriften kann und es sehen kann.
- 22 E: **[mRef_MZ_5] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**
- 23 T: Ja, ich würde es größer zeichnen, dass man die einzelnen Sachen besser sieht. Das mit den X-en *[gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen]* zum Beispiel war ja auch nicht so.
- 24 E: **[mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?**
- 25 T: Am Anfang hat es mich eher ein bisschen abgelenkt *[am Anfang hat er nicht laut gedacht]*, weil durch das Durchgucken und alles Zuordnen, da habe ich es ja auch vergessen gehabt.
- 26 E: **[Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?**
- 27 T: Eine Eins oder eine Zwei.
- 28 E: **[Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?**
- 29 T: Eine Zwei.
- 30 E: **[Ergänzende Frage] Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?**
- 31 T: Nein.

Mara – S7F

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Welche Faktoren können zu Schäden an Bäumen im Wald führen?**
- 3 T: Durch Sonnenlicht, aber das haben wir jetzt so nicht gemacht.
- 4 E: **[Vor_AD_2] Erkläre doch bitte kurz, was du unter dem Begriff „Saurer Regen“ verstehst.**
- 5 T: Eigentlich gar nichts.
- 6 E: **[Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?**

- 7 T: Ein- oder zweimal vielleicht.
- 8 E: [Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 9 T: [...] Eine Zwiebelzelle hatten wir mal in der fünften oder sechsten Klasse gemacht.
- 10 E: [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 11 T: Immer mit Bleistift zeichnen. Mehr weiß ich auch nicht mehr.
- 12 E: [Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 13 T: Halt mit Bleistift zeichnen und nicht mit Füller oder so.
- 14 E: [Ergänzende Frage] Wurden die Zeichnungen damals bewertet?
- 15 T: Ich glaube ja.
- 16 E: [Vor_MZ_5] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
- 17 T: Ich glaube nicht. [...] Nur eben Bleistift benutzen.
- 18 E: [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 19 T: Ich wusste es mal, jetzt weiß ich es nicht mehr so genau. Also innen ist ein Zellkern, dann kommt [unverst. d.] es ist halt so ähnlich wie ein Bett aufgebaut. Und dann kommt so eine Zellhaut. Mehr weiß ich nicht mehr.
- 20 E: [Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 21 T: Das weiß ich nicht mehr. Ich glaube das hatten wir noch nicht.
- 22 E: [Vor_MZ_8] Hast du schon einmal das Wassernetz unter dem Mikroskop betrachtet?
- 23 T: Nicht, dass ich wüsste.
- 24 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 25 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 26 T: Ich habe einfach keine Ahnung mehr [*in Bezug auf das Aussehen tierischer Zellen*].
- 27 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 28 T: [...]
- 29 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 30 E: Zeichne das unter dem Mikroskop zu sehende Wassernetz. Zeichne aber nur den in Abbildung 2 markierten zentralen Ausschnitt aus dem Sichtfeld. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Zeichne keine Zellorganellen ein.
- 31 T: [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] [...] Soll ich es dann hier hin zeichnen oder unterhalb? [*Die Schülerin ist sich unsicher, ob die Zeichnung rechts oben in die Abbildung, die den zu zeichnenden Bildausschnitt darstellt, eingezeichnet werden soll oder auf der großen Zeichenfläche in der Mitte des Blatts.*] [E: Und parallel dazu laut denken, genauso wie eben beim Schulweg auch.] Also das sieht aus wie ein [] Sechseck [*zeichnet still den sechseckigen Umriss*]. [] Das Sechseck ist dann mit mehreren [] Zellen [] verbunden. [*Die Schülerin zeichnet die angrenzenden Zellen.*] [] Und darin sind dann Zellkerne. [*Die Schülerin zeichnet zunächst einige Zellkerne ein, radiert diese jedoch unmittelbar darauf wieder weg. Sie zeichnet anschließend im Inneren des Sechsecks parallele Linien ein und ergänzt anschließend runde Strukturen im Zellinneren.*] [E: Du denkst noch an das laute Denken?] Ja. [] Eigentlich bin ich soweit fertig, also das, was ich soweit sehen und beschreiben kann.
- 32 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**
- 33 E: Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung und beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

34 T: *[Die Schülerin nimmt keine Veränderungen an den gezeichneten Strukturen vor.]*

35 **Kontext 1: Verständnisfragen**

36 E: **[Ver_MZ_1]** Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

37 T: Also die Zellwand, dann das Zellplasma und das Zellmembrandingsda.

38 E: **[Ver_MZ_2]** Kannst du dir vorstellen, wie sich die mit dem Auge wahrnehmbare Netzstruktur beim sogenannten Wassernetz ergibt.

39 T: Nein.

40 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

41 **[Se_MZ_1-6]**

42 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

43 E: **[mRef_MZ_1]** Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

44 T: Ich habe mir erstmal angeschaut, wie die Zellen aussehen und dann habe ich erstmal den Umriss gezeichnet und dann bin ich von außen nach innen gegangen.

45 E: **[mRef_MZ_2]** Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

46 T: Eigentlich nichts.

47 **[mRef_MZ_3 entfällt]**

48 E: **[mRef_MZ_4]** Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

49 T: Besser sich an das, was man in der fünften Klasse gemacht hat, erinnern. Vielleicht genauer durchlesen. [...]

50 E: **[mRef_MZ_5]** Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?

51 T: Ich glaube nicht.

52 E: **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

53 T: Es ging. Ich zeichne lieber, wenn ich leise bin, dass ich mich besser darauf konzentrieren kann.

54 E: Hat es dich in irgendeiner Weise gestört? Oder war es einfach nur ungewohnt?

55 T: Ich glaube nicht. Es war ungewohnt.

Transkript Teil B

1 **[Kontext 2: Ablaufdiagramm]**

2 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die im Text beschriebene Entstehung von Waldschäden durch sauren Regen in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

3 T: *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Soll ich das Schaubild hier darauf machen? [E: Ja.] Ok. [_] [E: Gerade noch etwas die Zeichnung hochschieben und dabei bitte wieder laut denken.] Ok. Ich zeichne erstmal einen Baum. [_] Ich zeichne jetzt den sauren Regen *[zeichnet zwei Wolken und Regentropfen]*. [_] Ich zeichne jetzt eine Firma für die Verbrennung. [_] Das sind die Verbrennungsgase. [_] Ich weiß nicht, wie ich das darstellen soll, das Ganze aus dem Text. [_] Hier treffen die Gase mit Wasser *[in der Atmosphäre]* aufeinander. [_] Und das wird dann zum Regen. *[Sie verbindet die bereits gezeichneten Wassertropfen mit den beiden Wolken.]* [_] *[Sie liest längere Zeit und schaut abschließend längere Zeit auf die Zeichnung.]* [E: Was geht dir denn durch den Kopf?] Ich weiß nicht, wie ich die ganzen Informationen auf eine Skizze bringen kann [_] und wie ich es darstellen soll das alles. [_] [E: Du kannst es einfach mal probieren.] [_] Der saure Regen zerstört die Oberfläche der Nadeln. Ich hätte einen anderen Baum zeichnen sollen. *[Die Schülerin ersetzt einen Teil der Baumkrone*

durch feinere Strukturen.] Das sind die Nadeln. [...] Zerstört halt die Oberfläche von den Nadeln. [Die Schülerin liest erneut lange den Text.] Die Insekten [...] die Insekten [notiert den Begriff] schädigen den [...] haben es halt leichter. [...] Die Mineralsalze [notiert den Begriff] [...] werden aus dem [...] Boden [...] ausgewaschen [streicht Mineralsalze durch] also sind nicht mehr da. [...] [Versuch abubrechen:] [E: Wenn du es nicht ganz fertigbekommst, ist es nicht weiter schlimm.] [Schülerin liest erneut lange den Text.] [Abbruch:] [E: Das ist an der Stelle auch nicht weiter schlimm. Du hast ja schon viele Punkte aus dem Text übernommen.]

4 Kontext 2: Verständnisfragen

- 5 E: [Ver_AD_1] Erkläre die Entstehung des sauren Regens.
- 6 T: Der saure Regen entsteht so, dass die Giftstoffe von Erdöl und halt, ja Erdöl, in die Umwelt gepustet werden und dann vermischt sich das mit Wasser und dann wird es zu diesem sauren Regen.
- 7 E: [Ver_AD_2] Erkläre, welche Auswirkungen saurer Regen/Nebel auf Nadelbäume hat.
- 8 T: Die Wachsschicht von den Nadeln geht runter und dann haben es die Insekten und Tiere leichter, den Baum anzugreifen.
- 9 E: [Ver_AD_3] Beschreibe die Folgen des sauren Regens für den Waldboden.
- 10 T: Wenn wenig Regen fällt, wenig Niederschlag und sowas ist, dann wachsen die Pflanzen schneller und das ist halt nicht gut für die Pflanzen, wenn die so schnell wachsen.
- 11 E: [Ver_AD_4] Nenne die Folgen des erhöhten Stickstoffeintrags für heranwachsende Bäume.
- 12 T: Das weiß ich nicht mehr.

13 Kontext 2: Selbsteinschätzung

14 [Se_AD_1-5]

15 Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen

- 16 E: [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 17 T: Ich habe mir einmal den Text ganz gut durchgelesen und wenn ich etwas nicht mehr wusste, dann habe ich nochmal die Stelle gesucht und gelesen.
- 18 E: [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 19 T: Ich hatte eigentlich gar nicht so ein Vorgehen. Ich habe einfach nur versucht, die Informationen irgendwie auf das Blatt zu bekommen.
- 20 E: [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 21 T: Mir hätte es gereicht, einfach nur den Text zu lesen und nicht das Schaubild anzufertigen.
- 22 E: [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 23 T: Die ganzen Informationen, die im Text standen, in ein Bild zu bekommen. Sonst ging es eigentlich. [...]
- 24 [mRef_AD_5 entfällt]
- 25 E: [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 26 T: Vielleicht den Text besser verstehen, dass ich besser die Informationen herausfinden kann.
- 27 E: [mRef_AD_7] Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?
- 28 T: Ich glaube nicht.
- 29 E: [mRef_AD_8a, 8b entfallen]
- 30 E: [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 31 T: Ich bin nicht so der laute Denker. Ich denke lieber leise für mich und mach das dann einfach.

- 32 **E:** Aber es hat dich nicht gestört, sondern war einfach nur ungewohnt?
- 33 **T:** Ja.
- 34 **E:** **[mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 35 **T:** Ich glaube nicht.
- 36 **E:** **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 37 **T:** In Bio eine Zwei glaube ich.
- 38 **E:** **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 39 **T:** Ich glaube auch eine Zwei.
- 40 **E:** **[Ergänzende Frage]** Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 41 **T:** Nein.

Anhang 6.2: Kontext 8

Sara – S8A

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
- 3 **T:** Ich bin mir nicht mehr ganz sicher. Wir haben letztens durchgenommen, dass Sauerstoff beim Einatmen durch die Lunge geht und dann den Kohlenstoff umwandelt und dann wieder rausgeht.
- 4 **[Vor_AD_2]** Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?
- 5 **T:** Nein.
- 6 **E:** **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 7 **T:** Zweimal.
- 8 **E:** **[Vor_MZ_2]** Weißt du noch, welche Objekte du dabei mikroskopisch gezeichnet hast?
- 9 **T:** Nein.
- 10 **E:** **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 11 **T:** Sie hat nur gesagt, dass wir es so abzeichnen sollen, wie wir es halt sehen.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_4]** Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 13 **T:** Dass man immer den Namen drauf schreiben soll und wir sollten, glaube ich, auch ein Viereck außen herum zeichnen.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_5]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
- 15 **T:** Nein, die Zeichnungen wurden nicht bewertet, wir haben einfach so gezeichnet.
- 16 **E:** **[Vor_MZ_6]** Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 17 **T:** Ich weiß es nicht mehr.
- 18 **E:** **[Vor_MZ_7]** Weißt du wie sich tierische und pflanzliche Zellen unterscheiden?
- 19 **T:** Nein.
- 20 **E:** **[Vor_MZ_8, 9]** Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
- 21 **T:** Nein.
- 22 **Zeichnen-Test: Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen**
- 23 **T:** Ich weiß jetzt nicht mehr so genau, wo der Unterschied zwischen denen ist. [E: Mach einfach mal was du denkst.]
- 24 **Warm-up zum lauten Denken: Standardisierte Einführung**
- 25 **T:** [...]
- 26 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung: Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop**
- 27 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- 28 **T:** [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [...] Kann ich das verstellen? [...] [E: Du kannst dir das Mikroskop, wenn es dir hilft, auch ein Stück heranziehen.] [...] Soll

ich es mit Lineal machen, sodass ich es abmessen kann? [E: Du kannst es einfach nach Gefühl machen, so wie du es möchtest.] [.] [E: Bitte denke an das laute Denken.] [.] Ok. Dann male ich erstmal [unverständl.] [.] [E: Sprich einfach laut aus, was dir dabei alles durch den Kopf geht.] Ok. Ich male jetzt erstmal die Form [*gemeint ist die Zellmembran*]. Hier male ich so einen Strich hin und verbinde das damit [*gemeint ist die Zellmembran*] jetzt mache ich die kleinen Pünktchen [*gemeint sind nachfolgend die kleinen Einzeller, die die Amöbe an manchen Stellen überlagern, außerdem zeichnet sie den Zellkern ein*] [.] und da hinten dran sind so kleine [*zeichnet nachfolgend größere Strukturen im Zellplasma*] [.] hier ist auch noch so ein kleines [.] dann ist hier noch eine [.] und hier ist noch so ein Punkt [.] hier ist auch noch so ein Punkt [.] und hier sind so kleine Pünktchen, die sind auch nicht so groß [.] hier sind so ein paar [unverständl.] [.] [E: Bitte etwas lauter.] Achso ok. Und hier sind auch noch so runde Sachen [*gemeint sind Nahrungsvakuolen*] [.] und dann hier noch ein paar. [.] [E: Kannst du die Zeichnung gerade noch ein Stück nach oben schieben, bitte?] Dann hier, von diesen Kugeln sind da noch ein paar und hier, [.] hier die ist etwas größer [*gemeint ist die Nahrungsvakuole*]. [.] Mehr weiß ich leider nicht.

29 Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung

30 **E:** Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.

31 **T:** Das sieht dem ähnlich, das ist das Gleiche. [.] Da ist das, was außen herum ist, die Zellmembran. [.] Da muss ich den Pfeil etwas kürzer machen. [.] [unverständl.] Zellmembran [unverständl.]. Kann ich auch nochmal ins Mikroskop schauen? [E: Klar.] [*Die Schülerin zeichnet nach erneutem Blick durch das Mikroskop ein Pulsierendes Bläschen ein und beschriftet dieses.*] [.] Ich bin mir nicht sicher, aber vielleicht ist das das Scheinfüßchen. [.] [E: Kannst du es gerade noch ein Stück hochschieben?] Ok. Das war es.

32 Kontext 1: Verständnisfragen

33 **E:** [**Ver_MZ_1**] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

34 **T:** Also ich habe erst einmal die Form gezeichnet und dann waren da noch so kleine blässere und mehr bläuliche Kügelchen. Manche waren größer und manche waren auch ganz klein und es hat außen herum auch wie so eine Art Haut.

35 **E:** Du kannst auch gerne die Begriffe nutzen.

36 **T:** Zellplasma und Zellmembran hatte es außen herum. Und der Zellkern war gut zu erkennen. Er war größer. Die Nahrungsvakuolen waren eher kleiner und die waren so verteilt.

37 **E:** [**Ver_MZ_2**] Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.

38 **T:** Keine Ahnung, vielleicht springt das so. Ich weiß es nicht.

39 Kontext 1: Selbsteinschätzung

40 [**Se_MZ_1-6**]

41 Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen

42 **E:** [**mRef_MZ_1**] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

43 **T:** Ich habe mir zuerst die grobe Form im Mikroskop angeschaut und die so grob nachgezeichnet. Und dann habe ich mir die genaueren Sachen angeschaut, wie diese Kreise, also Zellvakuolen, nein Nahrungsvakuolen, den Zellkern und dann habe ich den erstmal gezeichnet, weil der war gut zu erkennen und dann habe ich halt danach noch nach genaueren Sachen geschaut. Und dann waren da noch diese Scheinfüßchen und Zellmembran und Zellplasma hat man auch noch gesehen. Das habe ich dann auch noch nachgezeichnet und die Form auch noch ein bisschen ergänzt.

44 **E:** [**mRef_MZ_2**] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

45 **T:** Also die Scheinfüßchen musste ich halt erstmal genau gucken. Und die genaue Lage der Nahrungsvakuolen.

- 46 **E:** [mRef_MZ_3] Fiel dir beim Zeichnen etwas Bestimmtes besonders schwer?
- 47 **T:** Die Scheinfüßchen zu erkennen.
- 48 **E:** [mRef_MZ_4] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 49 **T:** Nein.
- 50 **E:** [mRef_MZ_5] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 51 **T:** Vielleicht würde ich mich beim Lesen etwas mehr beeilen.
- 52 **E:** [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 53 **T:** Ich bin es nicht so gewohnt, laut zu denken, deswegen war es etwas komisch, aber eigentlich war es nicht ganz so, würde ich sagen.
- 54 **E:** [Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 55 **T:** Ich glaube eine Zwei.
- 56 **E:** [Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 57 **T:** Eine Eins.

Transkript Teil B

1 Kontext 2: Ablaufdiagramm

- 2 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Darf ich mir den Text zur Hilfe nehmen? **[E: Ja klar.]** **[]** **[E: Und dann wieder laut denken, sobald du zeichnest.]** **[]** Ich schreibe jetzt erstmal den Überbegriff, also Kohlenstoffdioxid, und dann wer das alles braucht. *[Die Schülerin hält parallel zum Zeichnen den Finger auf die Textstelle, die jeweils ins Schaubild übernommen wird.]* Pflanzen brauchen das, **[]** deshalb schreibe ich das hier hin. **[]** Dann schreibe ich hier hin, was die Pflanzen herstellen können **[]** und jetzt schreibe ich hin, wer das braucht **[]** und zwar dient es den Primärkonsumenten. **[E: Das Zeichenblatt noch ein kleines Stück nach oben schieben bitte.]** **[]** Von den Fleischfressern werden die dann gefressen. **[]** Der Mensch nimmt CO₂ ja auch auf. **[]** **[unverständl.]** Die Menschen nehmen ja dann auch CO₂ beim Essen auf, das schreibe ich noch dazu. **[]** Sie produzieren auch CO₂. **[]** **[unverständl.]** **[E: Etwas lauter bitte und die Zeichnung etwas höher.]** Ich schreibe das jetzt nochmal andersherum hin, und zwar, dass die Menschen Kohlenstoff brauchen und zwar durch die Zellatmung stellen sie ja Kohlenstoffdioxid her und deswegen schreibe ich das jetzt so hin. Ja. **[E: Ok.]** Das kann ich theoretisch auch noch besser **[unverständl.]**.

4 Kontext 2: Verständnisfragen

- 5 **E:** [Ver_AD_1] Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.
- 6 **T:** Die Pflanzen brauchen Kohlenstoffdioxid. Kann ich das Blatt dazu nochmal haben?
- 7 **E:** Aus deiner Erinnerung bitte.
- 8 **T:** Ok. Die Pflanzenfresser brauchen das ja. Aber die Pflanzenfresser werden dann von den Fleischfressern halt gegessen und die Menschen brauchen auch Kohlenstoff, das essen sie ja bei jeder Mahlzeit. Bei der Zellatmung stellen die Menschen dann wieder Kohlenstoffdioxid her.
- 9 **E:** [Ver_AD_2] Was versteht man unter einem geschlossenen System?
- 10 Dass es immer wieder von vorne anfängt und dass es nie ein Ende hat.
- 11 **E:** [Ver_AD_3] Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration?

- 12 T: [...] Wir atmen den Sauerstoff der Luft ein und dadurch produzieren wir Kohlenstoffdioxid und das atmen wir wieder aus und dann entsteht wieder Kohlenstoffdioxid und das ist dann wieder in der Luft.
- 13 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 14 **[Se_AD_1-5]**
- 15 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 16 E: **[mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?**
- 17 T: Ich habe erst den kompletten Text einmal durchgelesen und dann halt immer langsam schrittweise durchgegangen und dann jeweils das gezeichnet, was dazugehört.
- 18 E: **[mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?**
- 19 T: Ich habe beim Text erstmal geschaut, was kommt jetzt und dann habe ich gesehen, dass die Pflanzen Kohlenstoffdioxid brauchen und dann habe ich das auch so eingezeichnet auf dem Blatt und immer weiter mit den Pfeilen.
- 20 E: **[mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?**
- 21 T: Mir hat das geholfen.
- 22 E: **[mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?**
- 23 T: Irgendwie wusste ich nicht ganz, wie ich den Kreislauf schließen soll. [...]
- 24 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 25 E: **[mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?**
- 26 T: [...] Ja, vielleicht den Text sorgfältiger lesen, dass ich mir daraus erschließen kann, wie der *[Kreislauf]* geschlossen ist.
- 27 E: **[mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**
- 28 T: Den Text nochmal sorgfältiger lesen und am Schluss nochmal lesen und vergleichen.
- 29 E: **[mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?**
- 30 T: Ein- oder zweimal glaube ich.
- 31 E: **[mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?**
- 32 T: Beim Herz, das andere weiß ich nicht mehr.
- 33 E: **[mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?**
- 34 T: Schwer. *[Die Schülerin wurde beim lauten Denken kontinuierlich leiser, bis jeweils der nächste Impuls zum lauten Denken durch den Versuchsleiter erfolgte.]*
- 35 **[mRef_AD_10 entfällt]**

Lisa – S8B

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Hast du im Unterricht bereits etwas über den Kohlenstoffkreislauf erfahren?**

- 3 T: Von Kreisläufen auf jeden Fall, von Kohlenstoff auch, aber ich glaube nicht vom Kohlenstoffkreislauf. [...] Ich weiß nicht.
- 4 E: [Vor_AD_2] Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?
- 5 T: Ja. Also die Produzenten sind grüne Pflanzen, die Fotosynthese betreiben. Wir hatten das Konsument erster und zweiter Ordnung genannt und die Destruenten geben Energie ab und der Produzent gibt an die Konsumenten erster und zweiter Ordnung und auch an die Destruenten gibt er ab und er bekommt von denen CO₂. Und da war noch irgendwas mit Mineralstoffen. Wir hatten dazu mal ein Schaubild. In dem Schaubild gilt die Sonne auch als Energielieferant, das war es glaube ich.
- 6 E: Kannst du kurz noch etwas zu den Destruenten sagen? Was war deren Aufgabe?
- 7 T: Das sind die Restverbraucher sozusagen, also die verarbeiten die Reststoffe oder die Abfallstoffe von den Produzenten und von den Konsumenten erster und zweiter Ordnung.
- 8 E: [Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 9 T: Zwei-, dreimal.
- 10 E: [Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 11 T: Wir hatten das Pantoffeltierchen einmal gezeichnet und Zwiebelzellen.
- 12 E: [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 13 T: Nicht, dass ich mich daran erinnern könnte.
- 14 E: [Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 15 T: Ich male das ab, was ich sehe.
- 16 E: Je genauer, desto besser?
- 17 T: Ja.
- 18 E: [Vor_MZ_5] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
- 19 T: Nein.
- 20 E: [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 21 T: Die Zellmembran, die die Flüssigkeiten zusammenhält oder so, dann gibt es den Zellkern. Gibt es den bei pflanzlichen Zellen, ja oder? Ja! Dann gibt es die Chloroplasten, dort findet die Fotosynthese statt. [...] Zellsaftvakuole gibt es auch. Ich weiß nicht, ob das bei den Menschen oder von den Tieren ist.
- 22 E: [Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 23 T: Ich weiß, dass die pflanzlichen Zellen Chloroplasten haben, dann haben die die Zellwand und noch irgendetwas Drittes.
- 24 **[Vor_MZ_8, 9 entfallen]**
- 25 **Zeichnen-Test: Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen**
- 26 T: [...] Zellorganellen, ah das muss ich nicht zeichnen. Ich weiß nicht mal, was das ist. Ich bin fertig, aber ich weiß nicht, wie man das nennt [zeigt auf den unbeschrifteten Pfeil].
- 27 **Warm-up zum lauten Denken: Standardisierte Einführung**
- 28 T: [...]
- 29 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung: Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop**
- 30 E: Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

- 31 **T:** [...] [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] [**E:** Denke nachfolgend bitte an das laute Denken.] [...] Ich zeichne erst mal das Hinterteil von der Amöbe, [...] das sieht so irgendwie aus. [...] Hier ist ein dunkler Rand, ein lilafarbener Punkt oder so [*zeichnet den Zellkern*]. [...] Da sind außen herum auch wieder so kleine Dinger. [...] Oh, die sind alle aneinandergereiht. [...] Die sind auch so ein bisschen dunkler [*gemeint sind größere Strukturen zwischen Zellkern und Pulsierenden Bläschen*]. [...] Da sind nochmal so zwei größere hellere Strukturen [*gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen*]. [...] Ok. [...] Sieht irgendwie aus wie eine Katze. [...] Sieht aus, wie ein Bein von irgendeinem Tier. [...] [unverständl.] [...] Ok, da ist wieder so ein lilafarbenes *Kreisdingsbums* [*gemeint ist der die Amöbe überlagernde Einzeller rechts unten*]. [*Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die Scheinfüßchen ein.*] [...] Ok, hier vorne sind auch wieder so komische kreisartige Dinger [*gemeint ist die Nahrungsvakuole links im Bild und grobe Körnung im Zellplasma*]. [...] [*Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die Zellmembran oberhalb, sowie die die Amöbe oberhalb überlagernden Einzeller.*] [...] Da sind überall so kreisartige Dinger, aber die sind anders dunkel, es sind immer andere Farben [*gemeint sind die in den Einzellern zu erkennenden Strukturen*]. [...] [*Die Schülerin zeichnet die Nahrungsvakuole ein.*] Oh je. [*Sie korrigiert den Umriss der Scheinfüßchen und zeichnet einen weiteren die Amöbe überlagernden Einzeller ein.*] Ok, ich glaube so ungefähr. Ach nein, ich muss es noch höher machen. [*Die Schülerin korrigiert das rechte obere Ende der Amöbe.*] Ok, ich glaube, ich habe es.

32 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

- 33 **E:** Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.
- 34 **T:** Darf ich da nochmal reinschauen? [*Die Schülerin vergewissert sich durch einen kurzen Blick durch das Mikroskop, dass der Zellkern korrekt beschriftet wurde.*] Ok. [*Sie schraffiert nachträglich das Zellplasma.*]

35 **Kontext 1: Verständnisfragen**

- 36 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
- 37 **T:** Ich habe erstmal die Umrisse gezeichnet, das ist die Zellmembran. Dann habe ich den Zellkern eingezeichnet und die kleinen Bläschen außen herum. Was habe ich noch gezeichnet? Diesen Saft, dieses Flüssige innendrin, aber ich weiß nicht mehr, wie das heißt. Dann die Scheinfüßchen oder wie das heißt.
- 38 **E:** [Ver_MZ_2] Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.
- 39 **T:** Kann die sich denn bewegen? Mit den Füßen vielleicht so paddeln. *lacht*

40 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

41 [Se_MZ_1-6]

42 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

- 43 **E:** [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
- 44 **T:** Ich habe mir das erstmal im Mikroskop angeschaut, dann habe ich ungefähr probiert die Umrisse zu zeichnen und dann habe ich Details eingezeichnet und dann am Schluss, als ich das andere Bild bekommen habe, habe ich noch hingezeichnet, was ich vergessen habe. [*Tatsächlich hat die Schülerin nachträglich jedoch nur die Schraffierung des Zellplasmas ergänzt.*]
- 45 **E:** [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 46 **T:** Zu beschriften, was wie heißt.
- 47 **E:** [mRef_MZ_3] Fiel dir beim Zeichnen etwas Bestimmtes besonders schwer?
- 48 **T:** Nein, nicht dass ich wüsste.
- 49 **E:** [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

- 50 T: Ja, vielleicht anfangs die tierischen und pflanzlichen Zellen besser zu zeichnen.
- 51 E: **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 52 T: Eigentlich nichts.
- 53 E: **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 54 T: Ich fand es ok.

Transkript Teil B

1 Kontext 2: Ablaufdiagramm

- 2 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 3 T: *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [E: Denke bitte an den Zeichenbereich, indem sich das Blatt befinden sollte und wenn du mit dem Zeichnen anfängst, denke bitte an das laute Denken.] Darf ich nochmal den oberen Teil lesen? [E: Klar, jederzeit.] *[Die Schülerin liest erneut für längere Zeit den Text.]* [] Ohje. [] Ok. Muss das so ein großes *[Schaubild]* sein, oder können es mehrere sein? [E: Wie du magst, das ist dir überlassen.] Also jetzt soll ich wieder laut denken? [E: Ja.] Ok. [] Ich fange erstmal in der Mitte an, weil das ist das, was ich verstehe. Der Mensch nimmt die Kohlenstoffe von der Mahlzeit auf. Ich mach das jetzt einfach so. [] Oh je, wie soll ich Essen zeichnen? Ich male einen Apfel. [] Pflanzen, wie male ich Pflanzen? [] Ich male den Baum da. [] *[Die Schülerin radiert das zuvor Eingezeichnet aus und liest noch einmal im Text nach.]* Ich versuche jetzt Fotosynthese zu malen, wenn das funktioniert. [] Ich weiß nicht mehr, was bei der Fotosynthese produziert wird. Aber egal. [] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Also ich will jetzt darstellen, dass die Menschen, Tiere, Pflanzen und Pilze, dass die bei der Zellatmung, [] das CO₂ wird an die Atmosphäre abgegeben. Wie soll ich die Zellatmung darstellen? [] Ich habe keine Ahnung, wie ich einen Kohlenstoffkreislauf zeichnen soll. Ich habe ein bisschen was gezeichnet, aber das hat, glaube ich, nichts mit dem Kohlenstoffkreislauf zu tun. [] Ich glaube, das ist ein Teilprozess, weil da steht etwas von Teilprozessen. Ich glaube, dass das ein Teilprozess des Kohlenstoffkreislaufs ist. *[Sie zeigt auf den unteren linken Teil der Zeichnung mit Produzenten und Konsumenten unterschiedlicher Ordnung.]* [] *[Die Schülerin umrandet die oberen beiden Teile der Zeichnung.]* Jetzt will ich zeichnen, dass die Pflanzen, also die Primärproduzenten, energiereiche Substanzen zu energiereichen Substanzen umwandeln können. [] Ok. [] Glukose ist kohlenstoffhaltig oder wie? *[Versuchsleiter nickt.]* Ah, ok. Die Primärkonsumenten essen die kohlenstoffhaltigen Pflanzenmaterialien. Es ist deren Nahrungsquelle, da sie keine Fotosynthese betreiben können. Ohje, ein Hamster. [] Sieht irgendwie mehr aus wie ein Teddybär, aber es soll ein Hamster sein. [] Ok. Ich glaube das war es. Mehr kann ich dazu nicht zeichnen.

4 Kontext 2: Verständnisfragen

- 5 E: **[Ver_AD_1]** Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.
- 6 T: Ich habe einmal den Vorgang der Fotosynthese gezeichnet. Dann habe ich gezeichnet, wie die Konsumenten oder so, die können H₂O und CO₂, also kohlenstoffarme *[gemeint ist energiereiche]* Stoffe in kohlenstoffhaltige *[gemeint ist energiereiche]* Stoffe umwandeln, also in Glukose und andere Kohlenstoffe. Und für Hamster sind die kohlenstoffhaltigen Produkte sozusagen die Nahrungsquelle, weil die keine Energie produzieren können, also keine Fotosynthese machen. Und sonst, was habe ich noch so gezeichnet? Pflanzen, Menschen, Tiere und Pilze nehmen beim Verzehr von Nahrung Kohlenstoffe auf.
- 7 E: **[Ver_AD_2]** Was versteht man unter einem geschlossenen System?
- 8 T: Ich weiß es nicht.

- 9 E: **[Ver_AD_3]** Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration?
- 10 T: Der Mensch hat einen großen Anteil daran, dass es Klimawandel gibt oder dass es halt so drastisch ist. Warum, weiß ich nicht.
- 11 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 12 **[Se_AD_1-5]**
- 13 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 14 E: **[mRef_AD_1]** Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 15 T: Ich habe mir meiner Meinung nach die wichtigsten Informationen aus dem Text unterstrichen. Ich habe unterstrichen, was ich glaube, was mir dabei hilft, so ein Schaubild anzufertigen. Ich habe die wichtigen Sachen unterstrichen, die unwichtigen nicht. [*Tatsächlich hat die Schülerin viele Aspekte unterstrichen, die im Schaubild nicht auftauchen.*]
- 16 E: **[mRef_AD_2]** Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 17 T: Ich habe halt probiert, das, was ich unterstrichen habe, in ein Bild umzuwandeln. Ich habe versucht, es so darzustellen, dass es andere, die es nicht kennen, verstehen. Ich glaube nicht, dass ich es verstehen würde, weil es etwas schlecht geworden ist.
- 18 E: **[Ergänzende Frage]** Warum hast du dich dazu entschieden, das Ganze in Form gemalter Bilder darzustellen und nicht mit Hilfe von Text?
- 19 T: Ich glaube, es ist einfacher, Bilder zu verstehen.
- 20 E: **[mRef_AD_3]** Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 21 T: Ich empfand es eher schwer, das zu zeichnen. Ich glaube, es hätte eher was gebracht, den Text zu lesen.
- 22 E: **[mRef_AD_4]** Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 23 T: Ich wusste nicht so genau, was ich umsetzen soll oder was ich so zeichnen sollte. Ich konnte nicht so richtig in einem großen Bild darstellen, was mit was zu tun hat. Die Zusammenhänge zu finden, fand ich etwas schwer.
- 24 E: **[mRef_AD_5]** Gibt es etwas, das dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer fiel?
- 25 Nein, eigentlich war das alles gleich schwer.
- 26 E: **[mRef_AD_6]** Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 27 T: Wenn ich den Text noch viel öfter gelesen hätte, dann hätte ich es vielleicht einfacher bekommen ein großes Bild zu zeichnen.
- 28 E: **[mRef_AD_7]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 29 T: Den Text noch öfter durchlesen und vielleicht auch Notizen an den Rand machen.
- 30 E: **[mRef_AD_8a]** Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 31 T: In Biologie eigentlich schon sehr häufig. Eigentlich machen wir sowas fast jede Stunde, also irgendwelche Bilder zeichnen mit Pfeilen. Wir machen das aber auch in anderen Fächern mit irgendwelchen komischen Bildern zeichnen.
- 32 E: Also verknüpft ihr dann eher die Begriffe mit Pfeilen oder eher Teilzeichnungen?
- 33 T: Das auch. Aber auch das Gezeichnete. Beides eigentlich.
- 34 **[mRef_AD_8b entfällt]**
- 35 E: **[mRef_AD_9]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

- 36 **T:** Ich fand es hier [*im Gegensatz zur mikroskopischen Zeichnung*] schwieriger. Ich glaube, wenn man wüsste, was man genau zeichnen muss, dann wäre es einfacher. Jetzt war ich etwas hilflos. Ich wusste nicht genau, was ich zeichnen sollte. Da wusste ich auch nicht, was ich sagen sollte.
- 37 **E:** **[mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 38 **T:** Nein, eigentlich nicht. Unsere Lehrer sagen das immer, dass wir es so anfertigen sollen, dass jeder das verstehen kann.
- 39 **E:** **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 40 **T:** Eine Zwei. [...]
- 41 **E:** **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 42 **T:** Letztes Jahr hatten wir kein Kunst. Davor immer eine Eins oder eine Zwei.

Nora – S8C

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
- 3 **T:** Ja.
- 4 **E:** Beschreibe bitte, was du darunter verstehst.
- 5 **T:** Also das haben wir gerade gehabt. Der Transport von Kohlenstoffdioxid und Sauerstoff, dass das Blut halt immer in Arterien und Venen Stoffe in den Lungenbläschen im Stoffaustausch hat und dann das Kohlenstoffdioxid abgibt und dann auch die Abfälle und dass dann Sauerstoff wieder mitnimmt und dann gibt es da so ein Austausch bei der Lunge und dann fließt das Blut weiter zum Herz und wird dann wieder gepumpt bis zum Lungenbläschengrundkörper durch.
- 6 **E:** **[Vor_AD_2]** Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?
- 7 **T:** Nein.
- 8 **E:** **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 9 **T:** Fünfmal im Biologieunterricht.
- 10 **E:** **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 11 **T:** Zwiebelzellen und andere Zellen. [...]
- 12 **E:** **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 13 **T:** Nein.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_4]** Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 15 **T:** Ich mach es immer so, dass ich halt nicht so fest draufdrücke, wenn ich mir nicht so sicher bin. Ich mache nie ganz durchgezogene Linien, sondern eher so gestrichelte und sonst halt, [...] wenn man Schatten hat, dass man halt schraffiert. Ich bin nicht so gut im Schraffieren.
- 16 **[Vor_MZ_5 entfällt]**

- 17 **E:** **[Vor_MZ_6]** Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 18 **T:** Das weiß ich nicht mehr so genau, nein.
- 19 **E:** **[Vor_MZ_7]** Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 20 **T:** Tierische Zellen haben einen Zellkern und pflanzliche Zellen nicht.
- 21 **E:** **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
- 22 **T:** Doch, das ist halt so eine Bakterie oder sowas. Wir haben halt verschiedene Bakterien einmal durchgenommen. Wir hatten so ein Arbeitsblatt, da haben wir verschiedene Sachen, auch Zellen und so, auch draufgehabt, da mussten wir die dann auch abzeichnen. Amöbe ist so ein ovales Ding glaube ich.
- 23 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 24 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 25 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 26 **T:** [...]
- 27 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**
- 28 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 29 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [E: Ab jetzt bitte wieder bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung laut denken.] Puh. [_] Irgendwie, ich weiß nicht, irgendwie kann ich mir das nicht so gut merken. [_] Kann ich mir es nochmal durchlesen? [E: Ja klar. Du darfst den Text ruhig benutzen.] *[Die Schülerin liest erneut für längere Zeit den Text.]* [E: Du darfst den Text auch markieren oder etwas hineinschreiben, wie du magst.] Nein, ich habe vorher nicht ganz so gut gelesen, aber jetzt versteh ich es. Soll ich es einfach malen? [E: Ja und dabei bitte laut denken.] Also der erste [_] Produzent ist die Pflanze und [_] durch Wasser, Licht und Kohlenstoffdioxid macht die daraus Fotosynthese und [_] die Pflanze kann daraus Energie machen, also Fotosynthese. Die Pflanze ist der erste Produzent und wird vom zweiten Produzent, dem Pflanzenfresser, gegessen, also zum Beispiel einem Hamster [_] oder einer Maus. [_] Die Maus wird dann von dem dritten *Prozenten*, dem Fleischfresser, zum Beispiel von einer Eule gegessen [_] und [_] und der Endkonsument ist dann der Mensch [_] und [_] die Maus, die Eule und der Mensch, die können ja nicht so Fotosynthese wie Pflanzen produzieren, die lassen dann einfach durch Zellatmung, zum Beispiel CO₂ ab. [_] Wenn die Produzenten sterben, dann werden die durch Destruenten zersetzt. [_] Soll ich jetzt eine sterbende Eule malen? [E: Wie du magst.] [_] Dann werden die von so Bakterien, aber auch von kleinen Tieren gefressen. [_] Pflanzen nehmen dann die Reste von denen auf und verwerten, nehmen dann die Mineralien davon auf und dann betreiben die wieder Fotosynthese. Wenn zum Beispiel Pflanzen oder so Reste von den Tieren oder wenn die Pflanze abstirbt und dann im Meer landen zum Beispiel [_] dann bilden sich verschiedene Schichten. [_] Daraus werden dann zum Beispiel Kohle oder Erdöl. [_] Wenn dann was von den Menschen verbrannt wird von diesen Sachen, [_] dann geht Kohlenstoffdioxid in die Luft [_] oder wenn Menschen Wälder roden, [_] dann wird wieder *Kohlenstoffdioxid* *zwei* abgegeben und dann [_] und zum Beispiel die Atmosphäre wird dann immer mehr von Kohlenstoffdioxid und in der Atmosphäre befindet sich dann immer mehr Kohlenstoffdioxid. [_] Ja.
- 30 **Kontext 1: Verständnisfragen**
- 31 **E:** **[Ver_AD_1]** Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.
- 32 **T:** Die Primärproduzenten, das sind zum Beispiel Pflanzen und Pilze und so und die werden von den zweiten Produzenten gefressen, das sind die Pflanzenfresser, zum Beispiel Mäuse

oder Nagetiere oder Vögel. Die wiederum werden von den Fleischfressern gegessen, das sind zum Beispiel Hunde oder so. Die Menschen sind meistens, also nicht bei Hunden, die Menschen sind meistens die Endproduzenten und jeder von denen gibt Kohlenstoffdioxid auf seine eigene Art und Weise, also zum Beispiel bei den Nagetieren oder bei den Fleischfressern gehen dann zum Beispiel die Knochen, die Mineralien werden dann zum Beispiel von Pflanzen aufgenommen und die wandeln das wieder um zur Fotosynthese, also das brauchen die Pflanzen und das Kohlenstoffdioxid wird auch in die Luft abgegeben von den Organismen. Und wenn zum Beispiel im Wasser Organismen oder Pflanzenteile von den Destruenten oder auch von den Produzenten landen, dann bildet sich dann so eine Schicht und wenn die dann verarbeitet wird, zum Beispiel Erdöl oder Erdgas, dann entsteht in den Firmen oder die das halt verwerten, entsteht dann wieder Kohlenstoffdioxid, was in die Atmosphäre kommt. In den letzten Jahren ist das Kohlenstoffdioxid in der Atmosphäre ganz stark angestiegen.

33 **E: [Ver_AD_2] Was versteht man unter einem geschlossenen System?**

34 **T:** Vielleicht, dass es ein eigener Kreislauf oder so ist?

35 **E: [Ver_AD_3] Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration?**

36 **T:** Durch die Firmen oder durch die Autos werden ja auch ganz viel Kohlenstoffdioxid abgegeben und das landet dann am Schluss in der Atmosphäre und dann kann auch in der Atmosphäre in dieser einen Schicht ist zum Beispiel in verschiedenen Ländern, weil es dann zu viel Kohlenstoffdioxid ist, können dann auch Ozonlöcher entstehen.

37 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

38 **[Se_AD_1-5]**

39 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

40 **E: [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?**

41 **T:** Manche Texte, wenn ich sie nicht so ganz verstehe, lese ich sie halt nochmal und nochmal und nochmal, bis ich sie halt verstehe und ich versuche dann immer nach jedem Abschnitt so ein bisschen das zusammenzufassen, was in dem Text stand.

42 **E: [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?**

43 **T:** Ich habe immer so geguckt nach der Reihenfolge, die im Text stand, wie ich das anfertigen soll. Ich habe mich an der Reihenfolge im Text orientiert.

44 **E: [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?**

45 **T:** Ich finde, wenn man dann noch ein bisschen zeichnet, ist es halt meistens etwas einfacher zu verstehen und es zeigt auch selbst, dass du es mehr verstanden hast.

46 **E: [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?**

47 **T:** Mir fiel es etwas schwer, was im Text alles stand, zuzuordnen oder nacheinander reinzusetzen.

48 **E: [mRef_AD_5] Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas Bestimmtes besonders schwer?**

49 **T:** Die letzten drei mit der Firma [...], wenn man vom Meer dann zu der Firma, das fand ich dann etwas komisch.

50 **E: [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?**

51 **T:** Nein.

52 **E: [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**

53 **T:** Ich würde vielleicht versuchen, etwas deutlicher zu zeichnen, etwas mehr herauszuarbeiten [aus dem Text] wenn es geht.

- 54 **E: [mRef_AD_8a]** Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 55 **T:** In Biologie bislang nicht so oft, eigentlich haben wir immer Bilder gehabt oder unsere Lehrerin hat uns etwas gesagt und wir mussten es dann zeichnen, aber beim Mikroskopieren halt nur.
- 56 **[mRef_AD_8b entfällt]**
- 57 **E: [mRef_AD_9]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 58 **T:** Beim Kohlenstoffkreislauf fand ich es etwas schwerer als beim Zeichnen des Schulweges, weil man musste immer nochmal gucken, was man im Text nochmal gelesen hat. Ich weiß nicht.
- 59 **E: [mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 60 **T:** Ich denke nicht, nein.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- 3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [] [E: Siehst du das Präparat gut?] [] [E: Bitte das Blatt ein Stück nach links schieben. Du kannst auch das Mikroskop noch ein Stück zu dir heranziehen.] [] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Also es sieht so ein bisschen aus wie ein Tier. [] *[Die Schülerin zeichnet kleinschrittig den Umriss der Amöbe nach wiederholtem Blick durch das Mikroskop und korrigiert parallel mehrmals die eigene Zeichnung.]* [E: Eine kurze Erinnerung. Bitte sprich alles aus, was dir beim Arbeiten in den Kopf kommt.] Da muss es jetzt hier so hoch gehen *[gemeint ist nachfolgend die Zellmembran]*. [] Da ist irgendwie so ein Hubbel, dann ist da noch so ein Hubbel, [] dann geht es hier runter und noch so ein bisschen runter. [] Ich glaube, es muss noch ein bisschen kleiner, [] dann geht es so [] länglicher [] wieder zum Kopf. [] Ich glaube, das muss etwas tiefer *[gemeint ist die Zellmembran]*. [] Die hat dann da noch so komische Punkte *[gemeint sind Nahrungsvakuolen]* [] und [] etwas Lilafarbenes. Die hat so einen komischen Mund *[gemeint ist der Verlauf der Zellmembran an der linken Seite des Präparats]*. [] Dann hat die hier so ein inneres Ding [] und hier noch [] und hier noch *[gemeint sind die gepunkteten Strukturen im Zellplasma]* [] dann hat die hier so einen [] Fleck *[gemeint sind nachfolgend die kleinen Einzeller, die die Amöbe am oberen Ende überlagern]*, [] dann so etwas Hohes [] dann hat die da drin so ein Rundes [] und noch eins [] und noch eines. [] Ich glaube, das muss hier etwas anders sein. [] So. [] Dann ist hier noch ein Fleck *[gemeint sind nachfolgend die Nahrungsvakuolen oder die die Amöbe stellenweise überlagernden Einzeller]*. [] Da auch [] und hier zwischen ist noch ein Fleck [] und hier [] und hier. [] Jetzt kommt da so ein großer lilaner [] Klumpen *[gemeint ist der Zellkern]*. [] Hier so sechs kleine *[gemeint sind nachfolgend die Nahrungsvakuolen oder gröbere Strukturen im Zellplasma]*, [] da ist noch eine und so ein Ding. [] Dann kommen da so große, ohne Flecken *[gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen]*, [] die überschneiden sich, [] noch ein großer [] und dann [] kommt da noch so ein [] ein bisschen größer [] und das ohne Punkte, [] das wieder mit Punkte [] und das wieder mit Punkte. [] Das hat nur zur Hälfte Punkte *[gemeint ist ein die Amöbe überlagernder Einzeller]*. [] Da ist es. *[Der Bleistift bricht ab]* [E: Oben liegt auch noch ein zweiter Bleistift.] [] und dann [] der ist dunkler *[gemeint ist der Zellkern]*. [] Das hat da noch so. [] [...]

4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

5 E: Beschrifte das, was du kennst.

6 T: Ich weiß nicht, vielleicht ist das der Zellkern. [*Zwei Vakuolen werden als Zellkern beschriftet.*]

7 E: Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.

8 T: Die sehen alle aus wie Tiere.

9 **Kontext 2: Verständnisfragen**

10 E: [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

11 T: Eine Amöbe. Die sah so ein bisschen aus wie ein Tier. Die hatte vier Scheinfüßchen, ein kleines und drei große und noch so ein *Anhängsel*. Dann hatte die eine Zellmembran außen, dann hatte sie Nahrungsvakuolen und dann habe ich noch so Bläschen [*gemeint sind die Nahrungsvakuolen und die die Amöbe überlagernden Einzeller*] und den Zellkern habe ich noch gemalt.

12 E: [Ver_MZ_1] Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.

13 T: Ich glaube, die schwimmt, also sie treibt oder so.

14 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

15 [Se_MZ_1-6]

16 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

17 E: [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

18 T: Ich habe zuerst den Umriss gezeichnet von der Amöbe, dann habe ich die Bläschen und Zellkerne gemalt und die Vakuolen und also eigentlich habe ich die Pünktchen in den Vakuolen und Bläschen habe ich relativ am Schluss gemalt.

19 E: [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

20 T: Schwer fiel mir nichts, aber das Erkennen und ähnlich Zeichnen manchmal. Ich empfand es schon gut, aber manche Sachen waren etwas ungeschickt, man hat es nicht so gut gesehen und dann konnte man es nicht so ganz abzeichnen.

21 [mRef_MZ_3 entfällt]

22 E: [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

23 T: Vielleicht das Erkennen mit dem Mikroskop und auf die ganz kleinen Sachen zu achten.

24 [mRef_MZ_5, entfällt]

25 E: [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

26 T: Das fand ich jetzt etwas schwierig, weil ich dann zeichnen musste und noch laut denken.

27 E: [Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?

28 T: Ich glaube eine 2.

29 E: [Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?

30 T: Immer eine Eins.

31 E: [Ergänzende Frage] Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?

32 T: Nein.

Johanna – S8D

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
- 3 **T:** Nein.
- 4 **E:** Hast du den Begriff Kohlenstoffkreislauf schon einmal im Alltag gehört? Was könnte sich dahinter verbergen?
- 5 **T:** Ja. Ich denke, dass die Menschen kohlenstoffreiches, ja öhm, Sauerstoff ausatmen und die Bäume verarbeiten das dann und stellen für sich die wichtigen Vitamine und Nährstoffe her und wir bekommen dadurch Sauerstoff.
- 6 **E:** **[Vor_AD_2]** Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?
- 7 **T:** Sind mir begegnet, was die aber nochmal heißen, weiß ich nicht.
- 8 **E:** Was könnte ein Produzent und Primärkonsument sein?
- 9 **T:** Ich glaube, das hat etwas mit der Nahrungskette zu tun. Ein Hai isst zum Beispiel alle kleineren Tiere, die unter ihm stehen und die ganz kleinen werden von den etwas größeren gefressen und so weiter. [...]
- 10 **E:** **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 11 **T:** Das machen wir jetzt erst wieder im Biologieunterricht. Heute und davor zwei- oder dreimal.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 13 **T:** Zweimal war es eine Zwiebelschale und dann hatten wir heute jeweils Dauerpräparate eines Skelettmuskels und der Herzmuskulatur und eine Mundschleimhaut.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 15 **T:** Nein.
- 16 **E:** **[Vor_MZ_4]** Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 17 **T:** Ich achte sehr darauf, dass das Bild fast wirklich dem, was ich sehe, entspricht, aber die Lehrerin hat uns nicht wirklich etwas dazu gesagt.
- 18 **E:** Also nach dem Prinzip "je genauer, desto besser"?
- 19 **T:** Ja.
- 20 **E:** **[Ergänzende Frage]** Wurden mikroskopische Zeichnungen schon einmal mit einer Note bewertet?
- 21 **T:** Ja.
- 22 **E:** **[Vor_MZ_5]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
- 23 **T:** Nicht so wirklich. Sie hatte gesagt, dass sie darauf achtet, dass wir sauber zeichnen, aber mehr hat sie auch nicht gesagt.
- 24 **E:** **[Vor_MZ_6]** Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 25 **T:** Sie hat eine Membran und dann ist da noch so eine festere Schicht eine Art Außenhaut, sodass keine Sachen die Pflanze beschädigen können.
- 26 **E:** **[Vor_MZ_7]** Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?

- 27 **T:** Tierische haben einen Zellkern und mehr weiß ich nicht.
- 28 **E:** **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
- 29 **T:** Gesehen ja, gezeichnet nicht.
- 30 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 31 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 32 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 33 **T:** [...]
- 34 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**
- 35 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 36 **T:** [E: Du darfst auch Markierungen vornehmen, wie du magst.] Ok. [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Darf ich auch Sachen beschriften? [E: Ja klar.] Ok. [E: Die Darstellung, wie du es machst, ist komplett dir überlassen.] Ok. [_] [E: Und bitte laut denken.] [Die Schülerin zeichnet still einen Baum und wechselt nachfolgend von bildlicher Darstellung zu schriftbasierten Notizen.] Die Pflanzen sind Primärproduzenten. [_] Sie geben Sauerstoff ab. [_] [Die Schülerin wird beim lauten Denken kontinuierlich leiser.] [E: Versuche bitte, etwas lauter zu sprechen. Falls es dich zu sehr stören sollte, kannst du es auch weglassen.] [_] Die Pflanzen dienen den Tieren als Nahrungsquelle. [_] Die sekundären Tiere essen die anderen Tiere. [_] Die Sekundärkonsumenten [_] decken ihre Nahrung mit den Primärproduzenten ab. [_] [unverständlich.] Der Mensch ist der Endkonsument. [_] Sterben die Tiere ab, werden sie von Destruenten zersetzt. [_] Sie geben durch die Zersetzung CO₂ ab. [_] Menschen atmen CO₂ aus. [_] Primärkonsumenten geben O₂ an Tiere und Menschen. [_] Fertig.
- 37 **Kontext 1: Verständnisfragen**
- 38 **E:** **[Ver_AD_1]** Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.
- 39 **T:** Die Menschen atmen CO₂ aus, der Baum produziert dadurch seine Nährstoffe und gibt uns wieder Sauerstoff und die kleinen Lebewesen, zum Beispiel Eichhörnchen oder so, essen dann die Blätter von den Pflanzen und die nennt man dann Sekundärproduzenten oder so und die werden dann wieder von größeren Tieren gegessen, zum Beispiel Eulen oder Schweinchen oder so. Der Mensch wiederum isst die Tiere und ist der Endkonsument von dem Ganzen. Wenn die Tiere und so weiter abgestorben sind, zersetzen das die Destruenten in der Erde und dadurch wird CO₂ bei der Zersetzung ausgestoßen.
- 40 **E:** **[Ver_AD_2]** Was versteht man unter einem geschlossenen System?
- 41 **T:** Es wiederholt sich immer. Neue Tiere werden geboren und dann sterben wieder die anderen Tiere ab und das geht dann halt immer wieder von Neuem los.
- 42 **E:** **[Ver_AD_3]** Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration?
- 43 **T:** Dadurch, dass der Mensch das Erdöl aus der Erde holt, werden halt schlechte Abgase in die Luft gelassen und dadurch wird das verschlimmert.
- 44 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**
- 45 **[Se_AD_1-5]**
- 46 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**
- 47 **E:** **[mRef_AD_1]** Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 48 **T:** Ich habe mir wichtige Sachen gemerkt, zum Beispiel das mit den ganzen Tieren und wie die auch heißen und wer von wem gegessen wird. Dann habe ich mir gemerkt, dass die

- Destruenten auch CO₂ in die Luft abgeben und dass wir Menschen auch zum Teil daran schuld sind, wegen den ganzen *Ölsachen* und so.
- 49 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 50 **T:** Zuerst habe ich den Hauptfaktor genommen, das waren ja die Bäume, der Produzent. Dann habe ich aufgeschrieben, wer von wem die Nahrung nimmt und was dann genau passiert.
- 51 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 52 **T:** Eigentlich hätte ich die Zeichnung schon gebraucht.
- 53 **E:** [MmRef_AD_4] Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas schwer?
- 54 **E:** Nein.
- 55 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 56 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 57 **T:** Ich hätte es wahrscheinlich ordentlicher machen können oder auch ausführlicher.
- 58 **E:** [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 59 **T:** Wahrscheinlich müsste ich den Text ordentlicher lesen, damit ich ihn nicht nochmal während der Zeichnung lese.
- 60 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 61 **T:** In Biologie nicht. [...] In anderen Fächern auch nicht.
- 62 **[mRef_AD_8b entfällt]**
- 63 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 64 **T:** An manchen Stellen hat es mich eher gestört, aber auch an manchen Stellen fand ich es gut.
- 65 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 66 **T:** Nein, ich denke nicht wirklich anders.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- 3 **T:** [...] [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] [E: Du kannst dir das Mikroskop auch näher heranholen.] [*Die Schülerin wurde bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms kontinuierlich leiser.*] [E: Es ist dir freigestellt, laut zu denken oder es wegzulassen.] [*Die Schülerin entscheidet sich gegen lautes Denken. Sie schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet den Umriss der Amöbe. Die Schülerin zeichnet danach die Zellorganellen und die Amöbe überlagernde Einzeller ein.*]
- 4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**
- 5 **E:** Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.
- 6 **T:** [*Die Schülerin beschriftet die zu erkennenden Strukturen. Sie verändert die Zeichnung nicht.*]
- 7 **Kontext 2: Verständnisfragen**
- 8 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

- 9 T: Ich habe das Zellplasma, den Zellkern, die Zellmembran, die Scheinfüßchen, die Nahrungsvakuole eingezeichnet.
- 10 E: **[Ver_MZ_2]** Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.
- 11 T: Ich glaube durch die Scheinfüßchen, dass die sich dadurch hin und her bewegt.
- 12 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 13 **[Se_MZ_1-6]**
- 14 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 15 E: **[mRef_MZ_1]** Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
- 16 T: Ich habe erst die Zellmembran gezeichnet und dann habe ich mich auf den Zellkern konzentriert und dann habe ich mich auf die ganzen anderen Sachen konzentriert.
- 17 E: **[mRef_MZ_2]** Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 18 T: Mir fiel schwer, die ganzen kleinen Punkte zu zeichnen und dann auch noch an der richtigen Stelle. Also entweder die Nahrungsvakuole oder den Zellkern.
- 19 **[mRef_MZ_3 entfällt]**
- 20 E: **[mRef_MZ_4]** Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
- 21 T: An einer Stelle von der Zeichnung hätte mir ein Scheinfüßchen besser gelingen können.
- 22 E: **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 23 T: Nichts.
- 24 E: **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 25 T: Ja, es stört mich manchmal bei der Konzentration.
- 26 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 27 T: Eine Drei.
- 28 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 29 T: Eine Zwei.
- 30 E: **[Ergänzende Frage]** Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 31 T: Nein.

Sophia – S8E

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
- 3 T: Ich glaube, wir haben ihn nicht so richtig durchgenommen, aber, wenn ich es jetzt nicht verwechsle, haben wir das einmal angesprochen.
- 4 E: Was könnte sich dahinter verbergen?
- 5 T: Ich glaube, unter Kohlenstoffkreislauf kann man verstehen, dass die Bäume Sauerstoff abgeben und wir Menschen einatmen und wir atmen ja auch Kohlenstoff ein, den benötigen wir nicht und stoßen diesen wieder aus. Die Pflanzen nehmen den Kohlenstoff, also brauchen den, um Fotosynthese betreiben zu können. Das geht dann, glaube ich, immer so hin und her.
- 6 E: **[Vor_AD_2]** Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?

- 7 T: Davon gehört habe ich schon. Produzent sind die Pflanzen. Destruenten sind, glaube ich, die kleinen Insekten oder so, die in der Erde leben. Primärkonsument sind die Pflanzenfresser und dann kommen Fleischfresser und dann die Endkonsumenten oder so.
- 8 E: [Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 9 T: Vielleicht so fünfmal oder viermal glaube ich.
- 10 E: [Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 11 T: Wir hatten Knochen-, Mundschleimhaut-, Blutzellen.
- 12 E: [Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 13 T: Regeln kenne ich nicht so wirklich. Ich zeichne immer ein bisschen gestrichelt. Unsere Lehrerin meinte, man soll das nicht. Man soll es groß genug zeichnen, dass man auch alles erkennt.
- 14 E: [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 15 T: Keine gestrichelten Linien. Man sollte nicht mit Füller zeichnen, sondern eben mit Bleistift.
- 16 E: [Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?
- 17 T: Ich glaube ja.
- 18 E: [Vor_MZ_5] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, nach welchen Kriterien er/sie mikroskopische Zeichnungen bewertet?
- 19 T: Nein.
- 20 E: [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 21 Zellwand, Zellkern, Zellplasma, Vakuole, Chloroplasten.
- 22 E: [Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 23 T: Darüber haben wir mal einen Test geschrieben. Ich weiß nicht mehr genau. Eine pflanzliche Zelle hat eine Zellwand. Bei Menschen geben Knochen die Stabilität und die tierische Zelle hat keine Zellwand. Die tierische Zelle hat auch keine Vakuole, in der sich diese Flüssigkeit befindet. Wir brauchen keine Zellwand, da dann auch nichts platzen kann, dafür ist die Zellwand. Die pflanzliche Zelle hat noch Chloroplasten und darin ist Chlorophyll, das die Pflanzen für die Fotosynthese benötigen.
- 24 E: [Vor_MZ_8] Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
- 25 T: Nein.
- 26 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 27 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 28 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 29 T: [...]
- 30 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**
- 31 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 32 T: *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Zuerst komme ich zu den Pflanzen, [] da male ich einen Baum [] und ich mache hier noch die Atmosphäre, [] da ist dann Kohlenstoffdioxid [] und dann nimmt der Baum oder die Pflanzen [] Kohlenstoffdioxid auf [E: Du kannst auf den Druckbleistift einfach hinten draufdrücken.] und Sauerstoff geben

die dann ab. [] Wir Menschen, [] wir nehmen dann [] das auf und geben wieder [] Kohlenstoffdioxid ab. [] Dann waren da noch die Destruenten. [] Da muss ich noch [unverständlich.] [] und dann muss hier irgendwo noch [*zeichnet einen Sekundärkonsumenten ein*] [], der nimmt dann Sauerstoff auf. [] Wenn der stirbt, [] achso nein, der gibt ja nochmal, wenn er ausatmet [] Kohlenstoffdioxid ab. Und die Destruenten, wenn das Tier tot ist, nehmen dann quasi auch wieder etwas auf. [] Ach nein, [] ich habe das falsch gemacht. [*Die Schülerin radiert und bringt Primärkonsument, Sekundärkonsument und Endkonsument nachfolgend in die richtige Reihenfolge.*] [] Das hier wird, [] [E: Du hast oben auch einen großen Radiergummi.] ah, das wird jetzt ein Marienkäfer. [] [*Die Schülerin zeichnet den Menschen ein.*] Ok. [] Ok, fertig.

33 Kontext 1: Verständnisfragen

34 E: **[Ver_AD_1]** Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.

35 T: Es hieß ja, dass in der Atmosphäre generell viel Kohlenstoffdioxid ist und die Pflanzen das aus der Luft nehmen, um Fotosynthese zu betreiben. Sie geben dann dadurch Sauerstoff ab und bilden Glucose und so. Darin ist Energie. Die ersten Konsumenten, die Pflanzenfresser, nehmen den Sauerstoff auf und wenn sie Blätter oder Früchte fressen, darin ist die Energie enthalten, und dann haben sie die Energie sozusagen in sich. Die Pflanzenfresser geben noch Kohlenstoffdioxid ab. Dann kommen die Fleischfresser, die dann die Tiere fressen, haben die Energie wiederum in sich. Sie nehmen auch wieder Sauerstoff auf und geben Kohlenstoffdioxid ab. Wenn so ein Tier stirbt, zersetzen die Destruenten das dann. Die Destruenten geben Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre ab. Und wir Menschen tragen dazu bei, dass so viel Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre gelangt.

36 E: **[Ver_AD_3]** Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration?

37 T: Wenn wir viel Autofahren, im Flugzeug fliegen, gelangt viel Kohlenstoffdioxid in die Atmosphäre und dadurch ist auch alles mit dem Klima ganz schlecht bzw. es ist halt immer sehr warm.

38 E: **[Ver_AD_2]** Was versteht man unter einem geschlossenen System?

39 T: Dass es keine Lücken hat, eben, dass es immer das Gleiche ist. Ich weiß es nicht genau.

40 Kontext 1: Selbsteinschätzung

41 **[Se_AD_1-5]**

42 Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen

43 E: **[mRef_AD_1]** Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

44 T: Ich habe ihn erstmal durchgelesen und immer so geschaut, welche bestimmten Wörter mir schon bekannt vorkamen, dass ich dazu eine Verwendung finden konnte. Wenn da so Zahlen bzw. Prozente standen, waren mir diese nicht ganz so wichtig. Allgemein habe ich geschaut, was für mich am wichtigsten erschien.

45 E: **[mRef_AD_2]** Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?

46 T: Ich habe im Text Begriffe, die ich schon kannte oder wo ich wusste, was sein konnte, eben gezeichnet. [...] Dann habe ich das mit Pfeilen so dargestellt, dass man weiß, von wem es ausgeht oder zu wem es kommt.

47 E: **[mRef_AD_3]** Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?

48 T: Ich glaube, ich fand es hilfreich, eine solche Veranschaulichung, also so ein Bild, zu machen. Für mich ist es generell einfacher, egal in was für einem Fach, wenn man das zusammengefasst mit einer Zeichnung vereinfacht.

49 E: **[mRef_AD_4]** Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?

- 50 T: Ja ich wusste nicht genau, da ging es ja auch um die Energie und so, wie ich das genau machen sollte.
- 51 E: **[mRef_AD_5]** Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?
- 52 T: Weiß ich nicht.
- 53 E: **[mRef_AD_6]** Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 54 T: Ja das Veranschaulichen. Ich habe jetzt wirklich nur mit Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid gearbeitet, aber ich hätte es halt noch besser machen können, wenn das Tier zum Beispiel tot ist, dass die Destruenten das dann zersetzen.
- 55 E: **[mRef_AD_7]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 56 T: Ich glaube, ich würde den Text noch einmal etwas langsamer durchlesen und nochmal im Kopf überlegen, wie ich das machen will. Ich habe ja jetzt auch gemerkt, dass ich den Menschen zunächst ganz vorne hingemalt habe, obwohl er ganz ans Ende kommt, sowas würde dann zum Beispiel nicht mehr passieren.
- 57 E: **[mRef_AD_8a]** Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 58 T: Einmal.
- 59 E: **[mRef_AD_8b]** Kannst du dich noch erinnern, bei welchem Thema das war?
- 60 T: Ich glaube, das, was ich eben gezeichnet habe, also nicht der Kohlenstoffkreislauf, aber der Zusammenhang zwischen Primärproduzenten und Konsumenten.
- 61 E: **[mRef_AD_9]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 62 T: Es war ungewohnt, aber es war vielleicht auch ganz hilfreich, dass so vor mich hinzusagen.
- 63 E: **[mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 64 T: Ich glaube nicht.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 E: Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- 3 T: *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [E: Du kannst das Mikroskop einfach an dich heranziehen.] Gestrichelte Linien sind für mich einfacher als feste. [_] Ich kann ja am Ende nochmal nachfahren. Jetzt zeichne ich erstmal die Umrisse, sieht aus wie so kleine Hände. *[Die Schülerin gleicht kleinschrittig zwischen Mikroskop und Zeichnung ab.]* Jetzt male ich. Da ist der Zellkern oder so. [_] Dann sind da so leichte Kreise außen herum *[gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen]*. Hier sind so Punkte. [_] Ach ne. [_] Hier sind so dunklere Punkte. [_] Hier unten ist noch so ein Punkt *[gemeint ist der am unteren Ende der Amöbe überlagernde Einzeller]* [_] und hier *[gemeint ist der die Amöbe links im mikroskopischen Präparat überlagernde kleine Einzeller]*. [_] Ok und dann [_] hier überall so [_] Kleine *[gemeint sind die die Amöbe überlagernden Einzeller links und oberhalb]*. [_] Dann hier unten noch so ein Längliches. [_] Es ist ein bisschen dunkler. Generell ist es etwas gepunktet. *[Die Schülerin punktet das Zellplasma.]* [_] So. [_] Oben sind hier noch so kleine Kreisdringer. [_] Ah, hier genau. *[Die Schülerin punktet erneut das Zellplasma.]* [_] Hier ist noch so ein Ding *[zeichnet weitere die Amöbe überlagernde Einzeller ein]*, [_] und noch so Punkte. [_] Ok.
- 4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

5 **E:** Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.

6 **T:** Ich denke mal, das hier ist der Zellkern, [] der ist hier ja auch am größten und am dunkelsten, genau. [] Das Zellplasma ist das mit den ganz vielen kleinen Punkten. [] Die Scheinfüßchen sind diese kleinen Dinger hier, die Füße. [] Die Zellmembran ist hier außen sozusagen die Haut. [] Die Nahrungsvakuole und die Pulsierenden Bläschen, jetzt muss ich gucken. Ich habe hier ja so leichte Kreise und so dunklere. Ich würde jetzt einfach mal darauf tippen, dass das hier die [] Nahrungsvakuolen sind und das hier [] die Pulsierenden Bläschen, da die auf dem Bild dunkler sind. [E: Also du hast auch noch die Möglichkeit, durch das Mikroskop zu schauen.] Achso gut. [] Ich würde sagen, ok. Ich denke jetzt mal, dass das die Pulsierenden Bläschen sind und das hier sind dann die Nahrungsvakuolen [] oder Nahrungsvakuole. [] Ok. [] Ok, fertig.

7 **Kontext 2: Verständnisfragen**

8 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

9 **T:** Ich habe erstmal die Umrisse fein gemalt. Für mich ist das auch irgendwie einfacher. Ich habe ja auch ein paarmal radieren müssen und wenn ich dann gleich so fest aufdrücke, ist es dann auch etwas schwerer. Dann habe ich die für mich auffälligsten Dinge und die vielleicht auch am einfachsten zu zeichnenden Sachen gezeichnet, zum Beispiel ein Zellkern. Da habe ich auch vermutet, dass es der Zellkern sein könnte, das war ja so ein dunklerer Punkt. Dann habe ich die danebenliegenden kleineren Punkte oder Bläschen gezeichnet. Danach habe ich das Zellplasma gemalt, also diese kleineren Punkte.

10 **E:** [Ver_MZ_2] Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.

11 **T:** Vielleicht mit diesen Scheinfüßchen. [*Die Schülerin imitiert Schwimmbewegungen.*]

12 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

13 **[Se_MZ_1-6]**

14 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

15 **E:** [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

16 **T:** Ich habe immer durch das Mikroskop geschaut und habe zuerst die Umrisse gezeichnet, also die Scheinfüßchen und so weiter. Ich habe es leicht gezeichnet [*dünne, leicht gestrichelte Linien*], das fällt mir einfacher. Dann habe ich nach für mich herausstechenderen Sachen geschaut, das war für mich der Zellkern oder die dunkleren Sachen, die habe ich zuerst eingezeichnet. Dann habe ich noch so ein bisschen auf die Einzelheiten geachtet. Ich habe noch diese kleinen Punkte reingemacht [*Punkten des Zellplasmas*] und diese Bläschen.

17 **E:** [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

18 **T:** Was mir schwer fiel, die Amöbe halt genau so zu zeichnen, wie sie unter dem Mikroskop aussieht.

19 **E:** Also dein Bestreben war "je genauer, desto besser"?

20 **T:** Ja.

21 **[mRef_MZ_3 entfällt]**

22 **E:** [mRef_MZ_4] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?

23 **T:** Ich denke schon. Diese Vakuolen waren bei mir eher so rund, aber irgendwie sieht es unter dem Mikroskop etwas fleckiger aus.

24 **E:** [mRef_MZ_5] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?

25 **T:** Vielleicht etwas genauer zeichnen.

26 **E:** [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

27 **T:** Fand ich gut.

- 28 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
29 T: Im letzten Zeugnis hatte ich eine Zwei.
30 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
31 T: Eine Eins.

Emma – S8F

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
- 3 T: Nein.
- 4 E: **[Vor_AD_2]** Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?
- 5 T: Nein.
- 6 E: **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 7 T: Zweimal.
- 8 E: **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 9 T: Eine Zwiebel und Wasser mit Seife.
- 10 E: Weißt du noch, was genau ihr gemacht habt?
- 11 T: Nein.
- 12 E: **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 13 T: Wüsste ich jetzt nicht mehr.
- 14 E: **[Vor_MZ_4]** Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 15 T: Ruhig und geordnet rangehen, nicht direkt darauf losstürmen, dass nichts kaputtgeht und auch mal die anderen ranlassen, wenn man in Partnerarbeit mikroskopiert und allgemein vorsichtig arbeiten, außerdem sehr ordentlich zeichnen.
- 16 **[Vor_MZ_5 entfällt]**
- 17 E: **[Ergänzende Frage]** Wurde die Zeichnung damals bewertet?
- 18 T: Nein.
- 19 E: **[Vor_MZ_6]** Weißt du, wie eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut ist?
- 20 Nein.
- 21 E: **[Vor_MZ_7]** Weißt du, wie sich tierische und pflanzliche Zellen unterscheiden?
- 22 T: Nein.
- 23 E: **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
- 24 T: Öfters gezeichnet ja, aber nicht unter dem Mikroskop.
- 25 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 26 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 27 T: Ich müsste es jetzt frei lassen *[gemeint ist das Zeichenfeld unterhalb der Aufgabenstellung]*, da wir noch gar keine besprochen hatten.

28 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*29 **T:** [...]30 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*31 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.32 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab. Sie schaut einmal durch das Mikroskop und zeichnet den Umriss der Amöbe aus der Erinnerung, ohne dass sie dazwischen durch das Mikroskop blickt.]* [] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Was wenn ich nichts denke? [] [E: Du kannst auch das Mikroskop deutlich näher an dich heranziehen.] Ich stehe lieber, ich bin zu klein dafür. [] *[Die Schülerin blickt ein weiteres Mal durch das Mikroskop und zeichnet den Zellkern ein.]* [] [E: Probiere es nochmal mit dem lauten Denken.] Eigentlich wäre ich jetzt fertig.33 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**34 **E:** Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.35 **T:** *[Die Schülerin beschriftet die zu erkennenden Strukturen. Sie verändert die Zeichnung nicht.]*36 **Kontext 1: Verständnisfragen**37 **E:** **[Ver_MZ_1]** Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.38 **T:** Ich habe keine Ahnung.39 **E:** Beschreibe einfach mal, was du mikroskopiert hat.40 **T:** Eine Amöbe. Es sah aus wie ein Pferd. Es war blau und innen drin war der Zellkern, das Blaue. Außen war das Zellplasma und unten war der Scheinfuß. Mehr eigentlich nicht.41 **E:** **[Ver_MZ_2]** Weißt du, wie sich die Amöbe fortbewegt.42 **T:** Nein, eigentlich nicht.43 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**44 **[Se_MZ_1-6]**45 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**46 **E:** **[mRef_MZ_1]** Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?47 **T:** Sehr vorsichtig, sehr genau und dass vielleicht ein paar Details stimmen, wie es im Mikroskop war. Ich habe es hoffentlich sehr detailgetreu gezeichnet.48 **E:** **[mRef_MZ_2]** Fiel dir beim Zeichnen etwas schwer?49 **T:** Ja, gleichzeitig in das Mikroskop zu gucken, weil manchmal vergesse ich das.50 **[mRef_MZ_3 entfällt]**51 **E:** **[mRef_MZ_4]** Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?52 **T:** Generell die Struktur zu erkennen.53 **E:** **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?54 **T:** Besser hinsehen, also häufiger hinsehen, sodass man es auch eher zeichnen kann.55 **E:** **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?56 **T:** Eigentlich ganz gut. *[Die Schülerin hat während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung trotz Impuls nicht laut gedacht.]* Manchmal denke ich nicht beim Zeichnen, da male ich einfach wild darauf los, wie es mir vorgeschrieben wird, da denke ich mir eigentlich nie so richtig was.

Transkript Teil B**1 Kontext 2: Ablaufdiagramm**

2 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [E: Bitte denke an das laute Denken, sobald du zeichnest.] Ok. *[Die Schülerin schreibt den Begriff "Kohlenstoffkreislauf" in die Mitte des Blatts und nimmt sich mehrere Sekunden Zeit, um diesen zu umkreisen. Nach mehrmaligem Hin- und Herschauen zwischen Zeichnung und Text notiert sie den Begriff "Kohlenstoffdioxid".]* [E: Probiere doch nochmal, etwas dazu zu sagen.] Der Kohlenstoffkreislauf kommt auch vom Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid ist auch in der Luft vorhanden, das heißt hier. [...] Kohlenstoffdioxid ist in [...] CO₂ vorhanden *[notiert den Begriff "CO₂"]*. [...] *[Die Schülerin schaut mehrmals zwischen der Zeichnung und dem Text hin und her und notiert anschließend die Begriffe "Mensch" und "Tiere".]* Durch CO₂ werden, äh durch Kohlenstoffdioxid werden CO₂ und durch CO₂ werden auch Menschen, dadurch leben Menschen und davon können auch Tiere leben, aber auch Pflanzen. *[Sie notiert die Begriffe "Pflanzen" und "Mikroorganismen". Nach erneutem Lesen des Texts zählt sie die Anzahl der bereits notierten Begriffe. Sie liest dann erneut und notiert abschließend den Begriff "Energiegewinnung".]* Fertig. [E: Hast du bewusst keine Pfeilrichtung angezeigt?] Weil es ein Kohlenstoffkreislauf ist und es soll auch wie ein Kreislauf aussehen, also Kohlenstoff wird zu CO₂ und was sie alles bewirken und halt der Kreislauf sozusagen.

4 Kontext 2: Verständnisfragen

5 **E:** [Ver_AD_1] Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.

6 **T:** Der Kohlenstoffkreislauf ist, wie ich schon gesagt habe, auch in der Luft. Kohlenstoff ist glaube ich zu 0,04 Prozent in der Luft. Durch Kohlenstoffdioxid können auch Menschen, Tiere leben und Pflanzen können sich ernähren. Durch Kohlenstoff kann aber auch Energie produziert werden. Nein. Ja. Ich weiß es nicht mehr.

7 **E:** [Ver_AD_2] Weißt du, was man unter einem geschlossenen System versteht?

8 **T:** Nein.

9 **E:** [Ver_AD_3] Weißt du, welchen Einfluss der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration nimmt?

10 **T:** Nein.

11 Kontext 2: Selbsteinschätzung

12 **[Se_AD_1-5]**

13 Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen

14 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

15 **T:** Ich lese mir den Text einmal durch und wenn ich die Aufgaben lese, lese ich mir einfach den Text noch einmal durch, sodass ich es im Kopf nochmal durchgehen kann, was Sache ist oder was ich genau machen muss. Soll ich mir Begriffe rausschreiben? Ja.

16 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?

17 **T:** Ich habe den Text durchgelesen und habe mir sozusagen im Kopf die wichtigsten Sachen markiert und habe sie dann ausgeschrieben.

18 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?

19 **T:** Es hat mir sehr geholfen.

- 20 E: **[mRef_AD_4]** Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 21 T: Ja, viele unbekannte Wörter, die ich nicht kannte. [...] Es fiel mir halt sehr schwer, unbekannte Worte herauszufinden und dann ein Schaubild zu erstellen. Es war sehr schwer, sagen wir es so.
- 22 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 23 E: **[mRef_AD_6]** Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 24 T: Ich hätte das Schaubild besser erklären können, sodass man es auch richtig versteht.
- 25 E: **[mRef_AD_7]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 26 T: Eigentlich nichts.
- 27 E: **[mRef_AD_8a]** Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 28 T: Sehr wenig.
- 29 E: **[mRef_AD_8b]** Kannst du dich noch daran erinnern, bei welchem Thema das war?
- 30 T: Nicht direkt, nein.
- 31 E: Hast du sowas schon einmal in anderen Fächern erstellt? Manchmal fertigt man solche Diagramme zum Beispiel in Geschichte für historische Abläufe an?
- 32 T: Ja.
- 33 E: **[mRef_AD_9]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 34 T: Es war gut, aber ich denke nicht viel.
- 35 E: **[mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 36 T: Nein, eigentlich nicht.
- 37 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 38 T: Eine Zwei.
- 39 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 40 T: Eine Eins.

Ben – S8G

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Hast du im Unterricht bereits den Kohlenstoffkreislauf kennengelernt?
- 3 T: Nein.
- 4 E: **[Vor_AD_2]** Sind dir die vier Begriffe Produzent, Primärkonsument, Sekundärkonsument und Destruent schon einmal begegnet?
- 5 T: Nein.
- 6 E: **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 7 T: Ich glaube einmal.
- 8 E: **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?

- 9 T: Das Thema fällt mir nicht mehr ein.
- 10 E: [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 11 T: Nein.
- 12 E: [Vor_MZ_4] Kennst du Regeln oder Kriterien, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 13 T: Nein.
- 14 E: Wie gehst du beim Zeichnen vor?
- 15 T: Erst den Rand, das was ich sehe und dann immer weiter.
- 16 **[Vor_MZ_5, entfällt]**
- 17 E: [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 18 T: Weiß ich nicht.
- 19 E: [Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 20 T: Weiß ich nicht.
- 21 E: [Vor_MZ_8] Hast du schon einmal eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet?
- 22 T: Gesehen ja, gezeichnet nein.
- 23 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 24 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 25 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*
- 26 T: [...]
- 27 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**
- 28 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle den im Text beschriebenen Kohlenstoffkreislauf in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 29 T: *[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Soll ich jetzt laut dabei denken? [E: Ja.] [_] Also wir haben die Erde und die Atmosphäre [_] und dann sind die Menschen hier, die Ausatmen und CO₂ dadurch produzieren. [_] Dann haben wir hier Pflanzen, [_] die das CO₂ aufnehmen. [_] [E: Du kannst auch nochmal in den Text schauen.] Ja. [_] Pflanzen nehmen das CO₂ auf, die dann wiederum ein anderes Gas freigegeben, die Mäuse und Hamster, also die dann Fotosynthese betreiben können durch Wasser und Sonne [_] und betreiben dann Fotosynthese und das benutzen Pflanzenfresser oder Tiere als Nahrungsquelle. *[Der Schüler setzt den Stift zum Weiterzeichnen an, liest danach allerdings im Text weiter.]* [_] Dann ist da der Mensch, der das auch aufnimmt, indem er Sachen isst, atmet oder so [_] und die atmen dann wiederum aus und erzeugen das CO₂ dann wieder und so geht der Kreislauf. *[Der Schüler liest noch einmal im Text nach.]* [_] Das war es.
- 30 **Kontext 1: Verständnisfragen**
- 31 E: [Ver_AD_1] Beschreibe den Kohlenstoffkreislauf noch einmal in deinen eigenen Worten.
- 32 T: In der Luft ist CO₂, das die Pflanzen dann aufnehmen und für uns, also für die Tiere, Energie erzeugen, da sie ja keine Fotosynthese betreiben können. Pflanzen betreiben ja Fotosynthese. Dadurch bekommen wir Sauerstoff und wir essen, wir atmen ja auch aus und das ist dann CO₂ und das wiederum bekommen die Pflanzen. Und so geht es weiter. *[Der Schüler verdeutlicht mit den Fingern den Kreislaufgedanken.]*
- 33 E: [Ver_AD_2] Was versteht man unter einem geschlossenen System?
- 34 T: Vielleicht, dass nichts austreten kann aus dem System, alles seinen bestimmten Platz hat.

- 35 E: **[Ver_AD_3]** Welchen Einfluss nimmt der Mensch auf die atmosphärische CO₂-Konzentration?
- 36 T: Weiß ich nicht.
- 37 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**
- 38 E: **[Se_AD_1-5]**
- 39 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**
- 40 E: **[mRef_AD_1]** Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 41 T: Ich habe es mir durchgelesen und halt immer wieder versucht, die wichtigsten Sachen zusammenzusetzen, damit ich ein grobes Bild davon habe, wie es funktioniert.
- 42 E: **[mRef_AD_2]** Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 43 T: Da habe ich es fast genauso gemacht. Ich bin den Text nochmal im Kopf durchgegangen und habe versucht es so aufzuzeichnen, wie es da auch war.
- 44 E: **[mRef_AD_3]** Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 45 T: Ja also das Schaubild war schon hilfreicher.
- 46 E: **[mRef_AD_4]** Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 47 T: Ich habe den Text nicht überall ganz verstanden, deswegen war es etwas schwer zu zeichnen.
- 48 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 49 E: **[mRef_AD_6]** Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 50 T: Wenn ich vielleicht davor schon eine grobe Zeichnung von dem Bild hätte.
- 51 E: **[mRef_AD_7]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 52 T: Eigentlich nichts. Dann würde ich es genauso machen.
- 53 E: **[mRef_AD_8a, b]** Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet? Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?
- 54 T: Schon öfter. In der aktuellen Klasse nicht so oft. [...] Vor zwei Jahren in Nawi über ein Thema. Aber sonst fällt mir gerade nicht ein, in welchem Fach wir das noch hatten.
- 55 **[mRef_AD_9]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 56 T: Ich fand es etwas besser, als wenn ich nur still sitze und das so zeichne.
- 57 E: **[mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 58 T: Ich hätte es genauso gemacht.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 E: Zeichne die unter dem Mikroskop zu sehende Amöbe. Gehe dabei so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- 3 T: [...] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab und blickt dann durch das Mikroskop. Er setzt den Stift an, wendet sich allerdings direkt wieder vom Blatt ab und mikroskopiert erneut.] [E: Du kannst das Mikroskop auch näher zu dir heranziehen, wenn du magst.] Es sieht irgendwie aus wie so ein Tier, halb Nilpferd, halb Pferd. [Der Schüler zeichnet

nachfolgend kleinschrittig die Umriss der Amöbe.] Hier ist so [] und dann geht es so [] herum [], dann ist hier so ein Bogen, [] dann geht es hier runter [] und hier ist wieder wie so ein Band [] und ein zweites Bein [] dann geht es wieder hoch, auf die Seite [] ein bisschen hoch noch, [] dann ist hier wie so eine Art Schwanz, [] dann geht es hier wieder hoch, [] hier weiter und dann wieder runter, [] etwas zackig runter, [] so [] und jetzt hier so ein kleines Teil, das hervorsteht [] und dann hier hin. [] Ja so. [Damit ist der kleinschrittig entstandene Umriss vollendet. Außer dem Umriss hat der Schüler bislang nichts weiter dargestellt. Der Schüler signalisiert, dass er fertig ist.] [...] [E: Siehst du im Mikroskop noch Weiteres?] Es sind so Punkte oder kleine Tierchen oder so, die an oder auf ihm sind [gemeint sind die die Amöbe überlagernden Einzeller]. Rechts oben etwas ganz großes Bläuliches, das ist das Größte von allen, dann immer nur so Kleine. Ja. [Der Schüler wendet sich wieder an den Versuchsleiter und signalisiert, dass er fertig ist. Zellorganellen wurden nicht eingezeichnet.]

4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

5 **E: Gleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie einer anderen Amöbe mit deiner Zeichnung ab. Beschrifte anschließend die zu erkennenden Strukturen.**

6 **T:** Soll ich die kleinen Punkte auch hinmalen?

7 **E:** Ja, kannst du ergänzen.

8 **T:** Ok. [] Soll ich auch laut denken? Ja soll ich. [] [...] Hier ist der Zellkern [] und der hat auch diese Punkte überall. [] Ja, das ist der Zellkern hier. [] Und hier ist das Pulsierende Bläschen, denke ich mal. [Der Schüler beschriftet zwar die richtige Stelle, allerdings befindet sich an dem Ende der Beschriftungslinie nur Zellplasma. Das Pulsierende Bläschen hat er nicht gezeichnet.] [] Ich glaube, [] das ist der Scheinfuß [] und das auch. [] Hier ist das Zellplasma. [] Ich weiß nicht, das ist die Nahrungsvakuole. [] [Der Schüler zählt die Begriffe.] Fertig.

9 **Kontext 2: Verständnisfragen**

10 **E: [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.**

11 **T:** Das sah aus, wie ein [unverständl.], es hat mehrere Arme gehabt, Beinchen. Da war ein großer Fleck oben rechts und dann war unten noch so ein längliches Bein. Da waren überall ganz viele Punkte mit [unverständl.]. Das war es.

12 **E: [Ver_MZ_2] Erkläre, wie sich die Amöbe fortbewegt.**

13 **T:** In so Schlängelbewegungen.

14 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

15 **[Se_MZ_1-6]**

16 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

17 **[mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?**

18 **T:** Ich habe, wie bei der anderen Zeichnung auch, erst das außen gemalt. Ich habe an einem Punkt außen angefangen und dann Schritt für Schritt abgezeichnet.

19 **E: [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?**

20 **T:** Nichts wirklich. Manchmal hat man nicht ganz erkannt, ob es jetzt nochmal so ein Bein ist oder ob es zusammenhängt. Sonst war es einfach.

21 **[mRef_MZ_3 entfällt]**

22 **E: [mRef_MZ_4] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?**

23 **T:** Nein, ich fand das schon ganz gut.

24 **E: [mRef_MZ_5] Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?**

25 **T:** Nein.

26 **E: [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?**

- 27 **T:** Es war auch, da war es halt etwas, weil man nur sagen konnte Umriss, wie es aussieht, dass es jetzt ein Bogen macht, das war halt nicht so optimal.
- 28 **E:** **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 29 **T:** Eine Zwei.
- 30 **E:** **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 31 **T:** Auch eine Zwei.
- 32 **E:** **[Ergänzende Frage]** Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 33 **T:** Nein.

Anhang 6.3: Kontext 10.1

Klara – S10.1A

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Welchen Einfluss könnte unsere Ernährung auf die Entstehung von Krankheiten haben?**
- 3 **T:** Es könnte Mangelerscheinungen geben, wenn man gewisse Stoffe nicht einnimmt, die zum Beispiel wichtig für den Knochenaufbau sind. Eigentlich hat die Nahrung Auswirkungen auf alles.
- 4 **E:** Und was wäre jetzt, wenn wir nur Burger essen?
- 5 **T:** Nein, das wäre nur eine einseitige Ernährung. Man braucht Abwechslung.
- 6 **E:** Weißt du, was in unserem Körper bei falscher Ernährung geschieht?
- 7 **T:** Wenn Kinder im Wachstum sind, können Sie nicht so wachsen, wie es gewollt ist, sprich, dass sie nicht so groß werden oder es Probleme beim Muskelaufbau gibt.
- 8 **E:** **[Vor_AD_2] Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Was verstehst du unter diesem Begriff?**
- 9 **T:** Vielleicht mal gehört. Vielleicht irgendeine verstopfte Arterie oder Vene. Sonst fällt mir nicht wirklich etwas dazu ein.
- 10 **E:** **[Vor_AD_3] Sind dir die Begriffe Herzinfarkt und Schlaganfall bzw. Hirninfarkt schon einmal begegnet? Erkläre doch bitte kurz die Begriffe und den Zusammenhang zwischen ihnen.**
- 11 **T:** Herzinfarkt ist soweit ich weiß, wenn ein Gefäß verstopft ist und dadurch setzt der Schlag vom Herz aus. Hirninfarkt ist doch, wenn Blut austritt und dann ein Teil des Gehirns davon beschädigt wird.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?**
- 13 **T:** Insgesamt acht oder zehn Unterrichtsstunden mikroskopiert und fünf- oder sechsmal dazu gezeichnet.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?**
- 15 **T:** Ein Pantoffeltierchen und aktuell haben wir uns Zellen von Pflanzen und einer Zwiebel angeschaut, aber wir haben es noch nicht aufgezeichnet. An das andere kann ich mich nicht mehr erinnern, das ist schon so lange her.
- 16 **E:** **[Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?**
- 17 **T:** Nein, einfach nur abzeichnen.
- 18 **E:** **[Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?**
- 19 **T:** Ich versuche, möglichst eins zu eins abzuzeichnen, aber nicht alles komplett, sondern nur ein Ausschnitt, wenn alles gleich ist.
- 20 **[Vor_MZ_5 entfällt]**
- 21 **E:** **[Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?**
- 22 **T:** Daran erinnere ich mich nicht mehr. Es kann sein, dass es mal in der fünften oder sechsten Klasse bewertet wurde, aber ich bin mir nicht sicher. Also wahrscheinlich schon, dass man in einer Hausaufgabenüberprüfung aufzeichnen musste, wie etwas aussieht.
- 23 **E:** **[Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?**
- 24 **T:** Zellmembran, Vakuolen, Chloroplasten.

25 **E:** **[Vor_MZ_7]** Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?

26 **T:** Eine pflanzliche Zelle hat keinen Zellkern. Mir fallen gerade nicht viele ein.

27 **E:** **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal Moos unter dem Mikroskop betrachtet?

28 **T:** Nein.

29 **[Vor_MZ_9 entfällt]**

30 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

31 **T:** Was ist mit Zellorganellen gemeint?

32 **E:** Das, wo du vorhin den Begriff dazu gesucht hast.

33 **T:** Chlorophyll?

34 **E:** Die Chloroplasten, aber das müsstest du nicht einzeichnen.

35 **T:** Ja. Ich habe es noch ein bisschen in Erinnerung. Ich zeichne es jetzt einfach irgendwie hin. Ich weiß jetzt auch nicht, ob ich die beschriften kann, weil wir hatten das glaube ich nicht so genau besprochen, sondern eher, man hat halt gesehen, dass da kleine grüne Teilchen drin waren, aber das Chlorophyll sieht man glaube ich nicht. Ist das Chlorophyll nicht in den Chloroplasten? Könnte sein. Ich bin mir noch nicht so sicher. Ich glaube eine tierische Zelle habe ich in letzter Zeit nicht angeschaut. Könnte sein, ich bin mir da nicht so sicher. Mehr fällt mir nicht ein.

36 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*

37 **T:** [...]

38 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**

39 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle in Form eines Schaubilds dar, wie übermäßiger und unreflektierter Nahrungskonsum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt oder Hirninfarkt) führen kann. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

40 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Ok, ich würde jetzt wahrscheinlich mit Pfeilen arbeiten und Stichpunkte sozusagen miteinander verbinden. *[E: Einfach vor dich hinreden.]* Ok. *[]* Ok, dann würde ich am Anfang hinschreiben, dass sich viele Menschen weniger bewegen. *[]* Ich denke mal, dass die Gründe dafür nicht relevant sind. *[]* Dadurch ist die Energieaufnahme größer als der Energieverbrauch *[]* und dadurch wird der Überschuss als Fettreserve gespeichert und das führt zu Übergewicht. *[]* Dann würde ich einen Pfeil abgehend von "Energieaufnahme" machen, weil Energieaufnahme ist ja praktisch essen. *[]* Es geht darum, dass sich manche Menschen falsch ernähren, also zu viel Süßigkeiten, Fette oder salzige Nahrungsmittel essen und das kann auch zu Krankheiten führen, das heißt. *[]* Und dadurch kann es zu weiteren Erkrankungen führen, wie zum Beispiel Diabetes und der Entstehung weiterer Herz-Kreislauf-Erkrankungen *[]* und dann würde ich wahrscheinlich vom [...]. Falsche Ernährung ist ja praktisch ein Zusammenschluss aus beiden dieser Wege, also Überschuss der Fettreserve und den falschen Lebensmitteln und deshalb würde ich das zusammenfassen und dann hinschreiben, dass durch die falsche Ernährung die Fettbestandteile in das Blut gelangen und sich dann diese Plaques bilden. *[]* Dann lagert ja ein Teil der Fettbestandteile im Blut, also wird dort abgelagert auf der Innenwand der Gefäße *[]* und dann einfach noch den Namen *[notiert "Plaques"]*. *[]* Jetzt würde ich die Folgen aufschreiben. *[Die Schülerin zeichnet ausgehend von "Plaques" jeweils Pfeile nach links und rechts und notiert "Folgen"]* *[]* Dann ein Pfeil, da dies durch Rauchen und weitere Belastungen verstärkt werden kann. *[]* *[Die Schülerin liest mehrmals im Text nach.]* Und dadurch entstehen Durchblutungsstörungen und. *[]* Jetzt würde ich einen weiteren Pfeil von diesen Plaques aus machen und zwar für den Fall, dass diese aufplatzen und dann die Folgen usw. hinschreiben

[_] und wenn die Aufplatzen werden Entzündungsstoffe frei und durch diese gerinnt das Blut und verstopft dadurch die Arterie, war es glaube ich. [_] Dadurch bildet sich ein Blutgerinnsel, das die Arterie verstopfen kann. [_] Und dann noch ein Pfeil von Blutgerinnsel, einmal eingekreist, zu Thrombus. [_] Wenn sich dieser Vorgang im Gehirn oder Herz ereignet, spricht man von einem Herzinfarkt oder Schlaganfall und dann würde ich noch die Folgen aufschreiben, dass 40% der Sterbefälle in Deutschland auf Herz-Kreislaferkrankungen zurückgehen. [_] Und jetzt noch zum Herz. Wenn das im Herz passiert, kommt es zu einem Herzinfarkt. [_] Und darunter kommt noch ein Pfeil, weil in beiden Fällen ein Teil des Gewebes stirbt, also Herzgewebe oder ein Hirnareal, und dadurch nicht mehr versorgt werden kann [_] und dann noch ein Pfeil zu "nicht mehr versorgt werden kann". [_] Dann nur noch ein Pfeil zur Statistik, 40% der Sterbefälle und dann ein Pfeil zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen. [_] Ok, dann wäre ich fertig.

41 **Kontext 1: Verständnisfragen**

42 **E:** [Ver_AD_1] Beschreibe noch einmal in deinen eigenen Worten, wie unsere Nahrung einen Einfluss auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen kann.

43 **T:** Wenn man sich falsch ernährt oder zu viel Energie über die Nahrung aufnimmt, aber nicht genug verbraucht, heißt es, dass man Fett ablagert oder wenn man sich falsch ernährt, indem man sich einseitig von Süßigkeiten, Fetten oder zu salzigen Dingen ernährt, werden in den Blutgefäßen Fette abgelagert an der Zellwand und die nennt man Plaques. In diesen Plaques werden Entzündungsstoffe gesammelt. Durch gewisse Dinge, wie Rauchen, genetische Vererbung [...] und generell großen Herzdruck werden diese Symptome verstärkt. [...] Und wenn sich so ein Plaque bildet, kann es sein, dass es mit der Zeit zerplatzt und das ist schlecht, weil dann gerinnt durch die Entzündungsstoffe, die in dieser Plaque drin sind [...], das Blut und dadurch kann die Arterie verstopfen. Dann kann der Teil, der nicht mehr mit Blut versorgt wird, absterben. Wenn das im Hirn passiert, nennt man es Hirninfarkt oder Schlaganfall und im Herz nennt man das Herzinfarkt. Der Teil kann dann absterben, weil es nicht mehr versorgt wird. Vierzig Prozent der Deutschen sterben an Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

44 **E:** Gut, danke, damit hast du auch gleich die zweite Frage beantwortet ([Ver_AD_2] Erläutere, wie Ablagerungen an den Innenwänden von Arterien zu Herz-/Hirninfarkt bzw. Schlaganfall führen können.)

45 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

46 **[Se_AD_1-5]**

47 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

48 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

49 **T:** Wenn ich Schwierigkeiten habe, lese ich die Stelle mehrmals oder ich habe unten auf das Schaubild geschaut, um mir die Textstelle zu erklären.

50 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?

51 **T:** Eher chaotisch, aber irgendwie hilft es mir, wenn ich einfach immer Stichpunkte notiere und die dann verbinden, so wie sie zusammengehören, also mit Pfeilen.

52 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?

53 **T:** Es ist schon sinnvoll, wenn man die Stichpunkte aufschreibt und sich dadurch nochmal Gedanken darüber macht. So bleibt es mehr im Kopf, weil man sich damit mehr beschäftigt hat, wo was hin muss und was zusammenhängt. Das ist nochmal anders, als wenn ich nur den Text gelesen hätte. Für das Kurzzeitgedächtnis hätte der Text wahrscheinlich auch gereicht, aber für das Langzeitgedächtnis ist das Schaubild schon besser.

54 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?

- 55 T: Ja, Platzprobleme. Ich fang entweder zu groß oder zu klein an.
- 56 E: [mRef_AD_5 entfällt]
- 57 E: [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 58 T: Wahrscheinlich, dass es etwas übersichtlicher ist, weil jetzt sieht alles etwas kreuz und quer aus. Für mich ist es optimal, aber vielleicht nicht für eine außenstehende Person.
- 59 E: [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 60 T: Eher nichts, weil es für mich wahrscheinlich die beste Variante ist.
- 61 E: [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 62 T: Pfeildiagramm, Fließdiagramm, ja. Ich mache das eigentlich ziemlich oft. Wenn man Stichpunkte schreiben darf, mache ich das eigentlich so gut wie immer.
- 63 E: [mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?
- 64 T: Ja, da hatten wir die Bestandteile des Bluts [...] und beim Wundverschluss haben wir das auch benutzt.
- 65 E: [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 66 T: Sehr komisch, weil ich jetzt nicht wusste, was ich sagen soll und was nicht. Ich schaue mir eigentlich immer nur den Text an und übernehme die wichtigsten Informationen in das Schaubild, deshalb wusste ich jetzt nicht, was ich sagen soll.
- 67 E: [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 68 T: Nein, so mache ich das eigentlich immer für mich. Vielleicht ist das nicht der Weg einer anderen Person. Aber wenn die sich das anschaut und sich reindenkt, denke ich schon, dass es verständlich ist.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 E: Zeichne sechs aneinandergrenzende Zellen des unter dem Mikroskop zu erkennenden Laubmoosblättchens. Orientiere dich bei der Wahl des Ausschnitts an Abbildung 2. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.
- 3 T: [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ok, ich bin fertig. [...] Es reichen sechs aneinandergrenzende Zellen? [E: Ja, exakt.] Das ist unscharf [korrigiert am Feintrieb]. [E: Denke bitte an das laute Denken.] Also die Zellen sind ja praktisch miteinander verbunden, also die Membranen sind dicht aneinander und dann ist da immer der Innenteil der Zelle mit den Chloroplasten, also mit diesen grünen Pünktchen drin. Das zeichne ich einfach so. [...] Ich schraffiere das [gemeint ist die Zellwand] jetzt noch, damit erkennbar ist, dass es eigentlich kleben soll, mehr oder weniger. In die Mitte male ich die Punkte rein. [...] Das wäre es dann.
- 4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**
- 5 E: Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.
- 6 T: [...] Gut, das war es.
- 7 **Kontext 2: Verständnisfragen**
- 8 E: [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

- 9 T: Die Zellen von dem Moos. [...] Ich habe quasi sechs aneinander liegende Zellen gemalt und in eine nur die Chloroplasten. Das hat man in meiner Zeichnung nicht so deutlich gesehen, aber man musste zwischen Zellmembran, Zellwand und [...] ich habe den Namen vergessen. Zwischen den Zellwänden der verschiedenen Zellen ist so etwas, aber ich habe den Namen vergessen [*gemeint ist die Mittellamelle*] und die Chloroplasten und die Flüssigkeit [*gemeint ist das Zellplasma*] in der Zelle. Bei mir auf der Abbildung hat man das nicht so gut gesehen. Bei mir war die Zellwand praktisch alles nur eins, aber da gab es noch drei Unterscheidungen zwischen Wand und allem.
- 10 E: **[Ver_MZ_2]** Nenne die Bedeutsamkeit von Moosen für den Wald.
- 11 T: Die halten den Boden feucht, da die das Wasser über mehrere Wochen speichern.
- 12 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 13 **[Se_MZ_1-6]**
- 14 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 15 E: **[mRef_MZ_1]** Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
- 16 T: Ich habe einfach nur die Zellen aneinander gemalt mit den Zellwänden zwischendrin und dann halt in eine noch die Chloroplasten rein.
- 17 **[mRef_MZ_2]** Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 18 Darzustellen, wie die Zellen aneinander liegen, weil man das im Mikroskop auch nicht zu 100% gesehen hat. Deswegen habe ich das schraffiert, dass es nicht so aussieht wie eine Mauer, sondern dass es zusammengehört.
- 19 E: Fiel es dir schwer, den Ausschnitt zu finden?
- 20 T: Ich habe gar keinen Ausschnitt gewählt, ich habe einfach ungefähr geschaut, wie die aussehen.
- 21 **[mRef_MZ_3 entfällt]**
- 22 E: **[mRef_MZ_4]** Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 23 T: Ja, wahrscheinlich die Darstellung von der Zellwand und der Membran, damit man dort einen Unterschied sieht.
- 24 E: Hast du eine Idee, wie man das hätte darstellen können?
- 25 T: Ich weiß jetzt nicht. Auf dem Bild sieht man das auch nicht so ganz gut. Vielleicht, wenn ich es vorher gewusst hätte, hätte ich eher darauf geachtet.
- 26 E: **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 27 T: Wenn ich die beschriftete Abbildung schon vorher hätte, wüsste ich, was es gibt.
- 28 E: **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 29 T: Ich habe gar nicht so viel laut gedacht. Es ist halt etwas komisch. Es hat auch etwas abgelenkt, weil man immer noch erklären muss, was man macht, obwohl eigentlich der Entschluss schon steht.
- 30 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 31 T: Die letzten Jahre immer zwischen Eins oder Zwei.
- 32 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 33 T: Nur Einsen.
- 34 E: **[Ergänzende Frage]** Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 35 T: Nein.

Paul – S10.1B

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1] Welchen Einfluss könnte unsere Ernährung auf die Entstehung von Krankheiten haben?**
- 3 **T:** Schlechtes Essen oder Essen, das anfängt zu faulen, weil sich die Bakterien darauf breit-machen. Vielleicht kann man auch durch chemischen Dünger krank werden, ich weiß es nicht. So viel anderes fällt mir jetzt gar nicht ein.
- 4 **E:** Wenn man jeden Tag Fastfood isst, wozu könnte das führen?
- 5 **T:** Es könnte zu Fettleibigkeit führen. Man könnte Sachen essen, die gewisse Stoffe enthalten, die einen abhängig machen können, sodass man sie immer wieder essen möchte. Man kann von süßen Sachen Karies bekommen.
- 6 **E:** **[Vor_AD_2] Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Was verstehst du unter diesem Begriff?**
- 7 **T:** Ich stell mir darunter vor, dass der Herz-Kreislauf nicht richtig funktioniert. Was genau das ist, weiß ich nicht. Vielleicht, dass die Herzklappen nicht so gut funktionieren, dass das Herz vielleicht zu schwach geworden ist oder nicht mehr richtig schlagen kann. Aber das hat wahrscheinlich auch nicht so viel zu tun mit dem Herz-Kreislauf.
- 8 **E:** **[Vor_AD_3] Sind dir die Begriffe Herzinfarkt und Schlaganfall bzw. Hirninfarkt schon einmal begegnet? Erkläre doch bitte kurz die Begriffe und den Zusammenhang zwischen ihnen.**
- 9 **T:** Schlaganfall oder Hirninfarkt ist ja, wenn das Blut nicht mehr durch das Gehirn fließt, sondern stehen bleibt. Ein Herzinfarkt ist, glaube ich, wenn das Herz aufhört zu schlagen, dann wird das Blut erstmal nicht mehr weiter durch den Körper gepumpt.
- 10 **E:** **[Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?**
- 11 **T:** Gezeichnet und mikroskopiert nur einmal.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?**
- 13 **T:** Muskelzellen.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?**
- 15 **T:** Ja, ich glaube, man muss mit der kleinsten Vergrößerung anfangen und schauen, ob es scharf ist und auf das Nächste wechseln und wieder gucken, dass es scharf ist usw. Regeln beim Zeichnen, da weiß ich nichts mehr. Ich denke mal, dass es einigermaßen detailgetreu sein soll, aber auch kein Kunstwerk oder so.
- 16 **E:** **[Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?**
- 17 **T:** [...] Mit Bleistift zeichnen, dass man es auch wieder wegradieren kann und neu zeichnen kann.
- 18 **E:** **[Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?**
- 19 **T:** Nein.
- 20 **[Vor_MZ_5 entfällt]**
- 21 **E:** **[Vor_MZ_6] Weißt du, wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut ist?**
- 22 **T:** So ungefähr. Zellwand, dann kommt auch noch das Zellplasma, irgendwann kommt dann, da muss ich ganz kurz überlegen, ich bin mir gerade nicht ganz sicher, ob das pflanzlich ist, dann kommt irgendwann, das wird wahrscheinlich beim Mensch, tierisch sein, die DNA. Also

die ringförmige DNA, aber was dazwischen liegt, weiß ich nicht. Ach nein, das war ein Bakterium, das war falsch.

23 **E:** **[Vor_MZ_7]** Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?

24 **T:** Das weiß ich nicht.

25 **E:** **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal Moos unter dem Mikroskop betrachtet?

26 **T:** Nein.

27 **[Vor_MZ_9 entfällt]**

28 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

29 **T:** Ich bin mir nicht sicher, ob das wirklich eine Zelle ist. Ich weiß es nicht mehr.

30 **E:** Kannst du die Abbildung auch noch beschriften?

31 **T:** Ich kann es versuchen.

32 **E:** Das ist auch nicht weiter schlimm, wenn noch etwas fehlt.

33 **T:** Mehr fällt mir eigentlich nicht mehr ein.

34 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*

35 **T:** [...]

36 **E:** Ich denke, das Prinzip ist klar geworden.

37 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**

38 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle in Form eines Schaubilds dar, wie übermäßiger und unreflektierter Nahrungskonsum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt oder Hirninfarkt) führen kann. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

39 **T:** *[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Meinen Sie mit Schaubild, dass ich es auch beschriften soll, also ein Flussdiagramm? **[E:** Du kannst es darstellen, wie du magst.] **[]** **[E:** Bitte das laute Denken beachten.] Ach ja. Die Energieaufnahme ist dann meistens größer als der Energieverbrauch, **[]** dadurch bleibt zu viel übrig, also zu viel Fettreserve. **[]** Dann werden sie nicht vollständig verbraucht, ein Teil lagert an den Innenwänden von Blutgefäßen ab. **[]** Dadurch kommt es zu Verhärtungen und dauerhaften Entzündungen **[]** der Gefäßwand, **[]** verursacht durch Rauchen **[]**. Fünftes. **[]** Die Gewebe können sich dann bei körperlicher Belastung nicht mehr erweitern **[]**. Die Folge davon sind Durchblutungsstörungen, **[]** zum Beispiel Muskelschmerzen. **[]** Dann platzen diese Blutgefäße. **[]** In Folge freiwerdender Entzündungsstoffe werden dann anderen Blutgefäße durch Blutgerinnung verstopfen. **[]** Dadurch gibt es ein Blutgerinnsel, **[]**, das heißt Thrombus. So, jetzt kommt hier *[unverständlich]*. **[]** Neuntens, nah am Herz, Herzinfarkt. **[]** Nah am Gehirn, Schlaganfall. **[]** Gewebe stirbt teilweise ab. **[]** Bonuspunkt, rund 40% der Sterbefälle.

40 **Kontext 1: Verständnisfragen**

41 **E:** **[Ver_AD_1]** Beschreibe noch einmal in deinen eigenen Worten, wie unsere Nahrung einen Einfluss auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen kann.

42 **T:** Meistens entsteht es dadurch, dass diese Menschen meist zu viel essen, zu fetthaltige, zu süße oder zu salzige Produkte essen oder auch zu viel davon. Dadurch wird das Fett, das im Blutkreislauf ist, nicht wirklich abgebaut. Es lagert sich in den Blutgefäßen ab und das führt auf Dauer zu Verstopfung. Bei körperlicher Aktivität können die sich dann nicht mehr weiter ausdehnen oder ausbreiten. Wenn diese dann platzen, wahrscheinlich, weil sie nicht mehr dehnbar sind, dann werden Giftstoffe frei, setzen sich in die nächsten Zellen usw. und dadurch kommt es dann zu einer Gerinnung. Weil die Nächsten dann wieder gerinnen und wieder festwerden und wenn das nah am Herz ist, führt das zu einem Herzinfarkt, sodass das Herz

auch gerinnt und sich nicht mehr ausdehnen kann und wahrscheinlich nicht mehr schlagen kann oder nah am Gehirn und das führt dann zu einem Schlaganfall. Dadurch stirbt Gewebe. Vierzig Prozent der Sterbefälle in Deutschland sind eine Folge davon.

43 **[Ver_AD_2 entfällt]**

44 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

45 **[Se_AD_1-5]**

46 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

47 **E: [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?**

48 **T:** Ich habe den Text gelesen und die wichtigsten Wörter unterstrichen, die den Inhalt des Satzes sehr gut widerspiegeln, [...] sodass, wenn ich nochmal über den Text lese, nur noch diese Wörter lesen muss, um den Text zu verstehen. Dadurch habe ich leichter die Stichpunkte aufschreiben können.

49 **E: [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?**

50 Ich habe die Reihenfolge des Texts beachtet und habe die unterschiedlichen Stichpunkte auf das Blatt nochmal neu aufgeschrieben, vielleicht etwas kürzer gefasst. Insgesamt habe ich mich an die Reihenfolge gehalten.

51 **E: [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?**

52 **T:** Ich denke es ist sinnvoll, dass man sich es nochmal herausschreibt. Man sagt ja auch so, durch Schreiben lernt mal nochmal besser. Und das ist ja auch so. Ich konnte es zumindest eine Minute später nochmal ungefähr aufsagen. Ich denke, es ist auch sinnvoll, wenn man später einen Lernzettel hat und nicht nochmal auf den Text gucken muss.

53 **E: [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?**

54 **T:** Schwer fiel mir nichts wirklich.

55 **E: [mRef_AD_5, 6 entfallen]**

56 **E: [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**

57 **T:** Wenn ich einen Textmarker benutzen würde, würde ich auch nichts anders machen.

58 **E: [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?**

59 **T:** In Biologie, dieses Halbjahr jetzt wieder, zweimal mindestens. Und wenn man es einmal macht, bekommt man schnell den Bogen raus und dann ist es auch leicht.

60 **E: [mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?**

61 **T:** Beim Wundverschluss. Das andere ist mir gerade entfallen.

62 **E: [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?**

63 **T:** Man hat es immer ein bisschen vergessen. Ich habe geschrieben und dann war ich da so drin und dann habe ich vergessen, laut zu denken. Aber das laute Denken, wenn man sich das Ganze nochmal aufsagt, dann kann man es bestimmt nochmal besser.

64 **E: [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?**

65 **T:** Ich glaube nicht, wenn ich so ein Schaubild mache, versuche ich die Hauptinformationen rauszuschreiben, sodass ich es selbst gut verstehen kann [...].

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 2 **E:** Zeichne sechs aneinandergrenzende Zellen des unter dem Mikroskop zu erkennenden Laubmoosblättchens. Orientiere dich bei der Wahl des Ausschnitts an Abbildung 2. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.
- 3 **T:** [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [] [E: Bitte denke an das laute Denken.] Hier sieht es kästchenförmig aus, aber es hat runde Ecken. [] Mir ist das Wort wieder eingefallen, was ich vorhin an die Zellen hätte schreiben sollen [*gemeint sind die Chloroplasten in der Aufgabenstellung*]. [] [Der Schüler zeichnet Chloroplasten in eine Zelle.] Wie kleine Perlen. [] Ich denke, das war es. Ist ein bisschen klein geworden.
- 4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**
- 5 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.
- 6 **T:** Zellplasma. [] Das hier sind die [] Chloroplasten. Zellmembran, [] so genau habe ich das nicht gezeichnet. [] Zellwand. [] [unverständl.] Habe ich das hingeschrieben? [Der Schüler gleicht die Begriffe ab.] [] So.
- 7 **Kontext 2: Verständnisfragen**
- 8 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.
- 9 **T:** Ich habe eigentlich versucht, das aus dem Mikroskop zu zeichnen. Ich habe nicht darauf geachtet, zum Beispiel bei der Mittellamelle, es detailgetreu zu zeichnen, dass es dick ist und nicht nur so ein Strich. Für mich war die Zellwand nicht so wichtig. Bei den Chloroplasten habe ich relativ viele eingezeichnet. Mir ist auch nicht aufgefallen, dass da zwischendrin noch etwas anderes ist wie Chloroplasten. Das Zellplasma habe ich nicht gesehen. Ich habe einfach nur das gezeichnet, was ich gesehen habe.
- 10 **E:** [Ver_MZ_2] Nenne die Bedeutsamkeit von Moosen für den Wald.
- 11 **T:** Die Moose speichern Niederschlag und halten den Boden somit fruchtbar und wasserhaltig, feucht.
- 12 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 13 [Se_MZ_1-6]
- 14 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 15 **E:** [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
- 16 **T:** Ich habe mehreckige kleine Kästchen mit runden Ecken gezeichnet. Ich habe davon sechs aneinander gezeichnet. Für mich war die Zellwand automatisch der Rand dieser kleinen Zellen, deswegen habe ich diese nicht nochmal extra gezeichnet. Dann habe ich kleine schwarze Kreise in die Mitte einer dieser kleinen eckigen Kästen gemalt. Das war es eigentlich auch schon.
- 17 **E:** [mRef_MZ_2] Fiel dir beim Zeichnen etwas schwer?
- 18 **T:** Nicht wirklich, nein.
- 19 [mRef_MZ_3 entfällt]
- 20 **E:** [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
- 21 **T:** Ich habe nicht darüber nachgedacht. Ich hätte die Mittel [*gemeint ist die Mittellamelle*], also die Zellwand zeichnen müssen. Wenn ich mich daran erinnere, war es eigentlich eine Wand, die durchging und die hätte man durchaus zeichnen können zwischen den einzelnen Zellen.
- 22 **E:** [mRef_MZ_5] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?

- 23 **T:** Ich würde genauer zeichnen und mir nochmal länger die Sachen angucken und aufmerksamer sein.
- 24 **E:** [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 25 **T:** Ich wusste nicht wirklich, was ich sagen soll. Ich habe einfach das gezeichnet. [...] Es war jetzt nicht schwer oder so.
- 26 **E:** [Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 27 **T:** Eine Zwei.
- 28 **E:** [Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 29 **T:** Eine Zwei oder Drei.
- 30 **E:** [Ergänzende Frage] Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 31 **T:** Soweit eigentlich nicht.

Carolyn – S10.1C

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. [Vor_AD_1] Welchen Einfluss könnte unsere Ernährung auf die Entstehung von Krankheiten haben?
- 3 **T:** Also wenn man zum Beispiel etwas Schlechtes isst, dann wird man ja auch krank oder wenn ein kranker Bauer Sachen weiterverkauft, dann können ja auch Krankheitserreger darauf sein und wenn man die selber isst, wird man auch krank und so kann sich das weiterentwickeln.
- 4 **E:** [Vor_AD_2] Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Was verstehst du unter diesem Begriff?
- 5 **T:** Wir hatten den Herz-Kreislauf, aber nicht in Verbindung mit der Krankheit.
- 6 **E:** [Vor_AD_3] Sind dir die Begriffe Herzinfarkt und Schlaganfall bzw. Hirninfarkt schon einmal begegnet? Erkläre doch bitte kurz die Begriffe und den Zusammenhang zwischen ihnen.
- 7 **T:** Herzinfarkt ja. Wenn die Herzkranzgefäße verstopft sind, dann kann das Blut nicht mehr richtig fließen und das Herz schafft es einfach nicht diese Blockade zu lösen und bleibt halt stehen.
- 8 **E:** [Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 9 **T:** Dreimal oder zweimal.
- 10 **E:** [Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 11 **T:** Einmal hatten wir, glaube ich, Zellen und letztes Mal hatten wir Wasserlinsen, aber die hatten wir nicht gezeichnet, weil keine Zeit mehr war.
- 12 **E:** [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 13 **T:** Ja, ich glaube, wir haben über die Maßstäbe gesprochen und dass man es zusammenfassen muss und nicht jedes Detail, sondern eine Übersicht.
- 14 **E:** [Vor_MZ_4] Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 15 **T:** Beschriften, das war es.
- 16 **[Vor_MZ_5 entfällt]**

- 17 **E:** [Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?
- 18 **T:** Nein, ich glaube es wurde noch nie benotet.
- 19 **E:** [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 20 **T:** Zellmembran, Zellplasma und dann meistens ein Zellkern.
- 21 **E:** [Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 22 **T:** Die pflanzliche Zelle hat ein Zellkern, die tierische Zelle, das weiß ich nicht.
- 23 **E:** [Vor_MZ_8] Hast du schon einmal Moos unter dem Mikroskop betrachtet?
- 24 **T:** Nein.
- 25 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 26 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*
- 27 **Warm-up zum lauten Denken** *Standardisierte Einführung*
- 28 **T:** [...]
- 29 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*
- 30 **E:** Zeichne sechs aneinandergrenzende Zellen des unter dem Mikroskop zu erkennenden Laubmoosblättchens. Orientiere dich bei der Wahl des Ausschnitts an Abbildung 2. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.
- 31 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* [E: Bitte denke an das laute Denken.] Ich habe noch eine Frage. Die Chloroplasten [...] in dem Ausschnitt, ist es dann der größere Teil sozusagen *[gemeint sind die einzelnen Zellen]* oder das ganz kleine *[gemeint sind die Chloroplasten]*? [E: In den einzelnen Zellen sind die kleinen Strukturen die Chloroplasten. Aber es reicht, wenn du die Chloroplasten in einer Zelle darstellst. Genauso, wie in der Aufgabenstellung beschrieben.] Ok. [E: Denke bitte daran, dass die Zeichnung in dem von der Kamera erfassten Bereich liegen bleibt.] Also zuerst die Überschrift, [...] dann eine einzelne Zelle [...] und in der Zelle sind mehrere Chloroplasten [...] und dann noch die Beschriftung. *[Die Schülerin beschriftet Chloroplasten und Zellmembran.]* [...] Fertig. [E: Im Text stand mehrere Zellen.] Oh. [...] Insgesamt sechs Zellen, ja. [...]
- 32 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**
- 33 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.
- 34 **T:** Oh, die Zellmembran, [...] nach neueren Erkenntnissen heißt das Mittellamelle [...] und zwischen den Chloroplasten befindet sich das Zellplasma [...] und außer der Zellmembran gibt es noch die Zellwand. *[Die Schülerin zeichnet nachträglich die Zellwand ein.]*
- 35 **Kontext 1: Verständnisfragen**
- 36 **[Ver_MZ_1 entfällt]**
- 37 **E:** [Ver_MZ_2] Nenne die Bedeutsamkeit von Moosen für den Wald.
- 38 **T:** Die nehmen viel Feuchtigkeit auf. Das reguliert sozusagen auch die Feuchtigkeit im Wald, dass der Boden nicht zu nass ist. Sie sind auch ein Lebensraum für Tiere. Sie können auch in schattigen Gebieten wachsen. Würden sie nur in der Sonne im Licht wachsen, dann wäre der Wald an einigen Stellen auch leer.
- 39 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**
- 40 **[Se_MZ_1-6]**
- 41 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**
- 42 **E:** [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

- 43 T: Ich habe zuerst eine einzelne Zelle gemalt und dann dazu die Chloroplasten und bestimmte Beschriftungen und dann habe ich [*nachträglich nach der Rückfrage des Versuchsleiters*] erst die anderen Zellen hinzugefügt.
- 44 E: **[mRef_MZ_2]** Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 45 T: Ich war mir zuerst unsicher, ob ich auch den Rand des Gesamten zeichnen soll.
- 46 **[mRef_MZ_3 entfällt]**
- 47 E: **[mRef_MZ_4]** Was hättest du deiner Meinung nach besser gelingen können?
- 48 T: Ja, direkt die fünf weiteren Zellen zeichnen.
- 49 E: **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 50 T: Genauer die Aufgabe lesen.
- 51 E: **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 52 T: Ok, nur am Anfang komisch.
- 53 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 54 T: Weiß ich nicht mehr. [*Die Schülerin schätzt an späterer Stelle, dass sie entweder eine Eins oder eine Zwei hatte.*]
- 55 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 56 T: Eine Zwei.

Transkript Teil B

1 Kontext 1: Ablaufdiagramm

- 2 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle in Form eines Schaubilds dar, wie übermäßiger und unreflektierter Nahrungskonsum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt oder Hirninfarkt) führen kann. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 3 T: [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] Am Anfang vom Kreislauf steht der unreflektierte Nahrungskonsum. [_] Dabei sind meist zu viele Fette und die Fette können nicht ganz aufgenommen werden und werden abgespeichert. [_] Das hängt auch mit dem fehlenden Sport zusammen. [_] Ein Teil der überschüssigen Fetten wird auch in den Innenwänden von den Blutgefäßen abgespeichert. [_] Der Fachbegriff dazu ist Plaque. [_] Weitere Stoffe lagern sich im Plaque ab [_] außerdem auch Entzündungsstoffe. [_] Dadurch entsteht eine Verhärtung und eine dauerhafte Entzündung. [_] Wenn sich das Plaque ausdehnt, kann es aufreißen [_] und die darin enthaltenen Stoffe gelangen ins Blut. [_] Durch die Stoffe, die dann im Blut sind, entsteht ein Blutgerinnsel, [_] das bedeutet, dass die Blutgefäße verstopft sind, also kann das Blut nicht mehr gut fließen und die Versorgung ist gestört. [_] Unter anderem wird mit dem Blut Sauerstoff [_] transportiert und wenn der fehlt, können die Gewebe oder Organe danach nicht mehr funktionieren. [_] Natürlich kann das bei verschiedenen Blutgefäßen passieren. Ist es in einer Arterie, führt es zum Herzinfarkt und beim Hirninfarkt [_] oder Schlaganfall [_] sind es die Gefäße um das Gehirn. [_] Wenn es nicht versorgt werden kann, ist das Gewebe abgestorben. [*Die Schülerin zeichnet nachfolgend den bereits auf dem Arbeitsblatt dargestellten Prozess der Plaquebildung.*] [_] Die Fettteilchen, die überschüssig im Blut sind, lagern sich im Plaque ab, [_] das größer wird und aufreißt [_] und die übermäßigen Stoffe und auch die Entzündungsstoffe [_] in der Blutbahn, sodass sich ein Blutgerinnsel gebildet hat [_] und das Blut nicht mehr weiter fließen kann.

4 Kontext 1: Verständnisfragen

- 5 E: **[Ver_AD_1]** Beschreibe noch einmal in deinen eigenen Worten, wie unsere Nahrung einen Einfluss auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen kann.

- 6 **T:** Wenn man zu viele Fette isst, sind die praktisch übermäßig im Blut vorhanden und können nicht ganz in die Gefäße, in denen sie abgelagert werden, können sozusagen übertragen werden und sammeln sich an der Blutgefäßwand. Das Gebilde, das entsteht, heißt Plaque. Dort bilden sich auch Entzündungsstoffe und es dehnt sich immer weiter aus, bis es reißt oder es kann reißen, dadurch entsteht ein Blutgerinnsel und das Blut kann nicht mehr weiterfließen. Die Gefäße des Gehirns oder andere Organe sterben ab oder es kommt zum Herz- oder Hirninfarkt.
- 7 **E:** [Ver_AD_2] Erläutere, wie Ablagerungen an den Innenwänden von Arterien zu Herz-/Hirninfrakt bzw. Schlaganfall führen können.
- 8 **T:** Dadurch, dass es immer größer wird, ist die Blutbahn verstopft und das Blut kann nicht mehr weiterfließen und die Stoffe, die mit dem Blut transportiert werden, kommen auch nicht weiter. Das heißt, dass die Gefäße, die dahinterliegen, die die Stoffe benötigen, die im Blut sind, erhalten die nicht.
- 9 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**
- 10 **[Se_AD_1-5]**
- 11 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**
- 12 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 13 **T:** Ich habe Zeile für Zeile gelesen und wenn ein Satz unklar war, habe ich den noch einmal gelesen, bis ich den Satz verstanden hatte. Ich habe mir so ein Überblick geschaffen, wo die Information steht, die ich brauche. Im oberen Teil war so eine Art Einleitung und im unteren Teil standen die Fachbegriffe.
- 14 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 15 **T:** Ich habe mich an der Reihenfolge des Texts orientiert, das heißt es hat auch angefangen mit der Ernährung, was ja auch der Beginn des Problems ist und dann habe ich ein Fließdiagramm gemacht aus der Folge eines jeden Problems. Ich habe dann nochmal einzelne Begriffe im Text nachgeschaut.
- 16 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 17 **T:** Ich denke schon, dass es hilfreich ist, weil man die Informationen nochmal auf einen Blick sieht. In einem Text ist es ja nicht ganz übersichtlich. Auch die Zeichnung nochmal selbst zu machen, das einfach nochmal zu wiederholen, war hilfreich.
- 18 **E:** [mRef_AD_4] Gab es etwas, das dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer fiel?
- 19 **T:** Nein.
- 20 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 21 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 22 **T:** Die Zeichnung vielleicht detaillierter anfertigen. Da waren zum Beispiel keine Erythrozyten drin.
- 23 **E:** [mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 24 **T:** Genauer zeichnen.
- 25 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 26 **T:** Ziemlich oft eigentlich in Biologie und Physik.
- 27 **E:** [mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?
- 28 **T:** In Biologie hatten wir den Wundverschluss, zur Nahrungskette, also zur Nahrungsaufnahme auch etwas. In Physik war es ein Energieflussdiagramm.

- 29 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 30 **T:** Es ist auch ein bisschen Eigenübung, weil man überlegt, was mache ich jetzt wirklich und vorher nochmal wirklich bewusst durchgeht, bevor man es macht.
- 31 **E:** Also hat dir das laute Denken eher geholfen?
- 32 **T:** Ja.
- 33 **E:** [mRef_AD_10 entfällt]

Leah – S10.1D

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. [Vor_AD_1] Welchen Einfluss könnte unsere Ernährung auf die Entstehung von Krankheiten haben?
- 3 **T:** Es kommt darauf an, wie die Nahrung hergestellt wurde, zum Beispiel, wenn man in ein Restaurant geht, kommt es auch auf die Sauberkeit an, wie es produziert und verarbeitet wurde und dadurch können Krankheiten entstehen.
- 4 **E:** [Vor_AD_2] Herz-Kreislauf-Erkrankungen - Was verstehst du unter diesem Begriff?
- 5 **T:** Das kann ich jetzt nicht so erklären.
- 6 **E:** [Vor_AD_3] Sind dir die Begriffe Herzinfarkt und Schlaganfall bzw. Hirninfarkt schon einmal begegnet? Erkläre doch bitte kurz die Begriffe und den Zusammenhang zwischen ihnen.
- 7 **T:** Das ist schwer zu erklären. Also ich weiß, dass bei einem Hirninfarkt Gehirnzellen zerstört werden und dadurch das ausgelöst wird, [...] wenn das Blut nicht mehr zum Gehirn fließen kann, die Venen irgendwie verschlossen sind.
- 8 **E:** [Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 9 **T:** Nicht mehr als zweimal.
- 10 **E:** [Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 11 **T:** Das erste Thema weiß ich nicht mehr. Das zweite Thema war erst letztens, da haben wir uns eine Zwiebel zum Thema Zelle angeschaut.
- 12 **E:** [Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 13 **T:** Nein, gar nichts. Wir mussten selbst einstellen. Wir haben ein Arbeitsblatt bekommen, wie wir vorgehen müssen, um die Zwiebelzelle zu sehen und dann sollten wir eben darauf los zeichnen.
- 14 **E:** [Vor_MZ_4] Kennst du Regeln oder Kriterien, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 15 **T:** Nein.
- 16 [Vor_MZ_5 entfällt]
- 17 **E:** [Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?
- 18 **T:** Nein.
- 19 **E:** [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?

20 **T:** Ja, das hatten wir im Unterricht. Außen herum ist die Zellmembran, die zum Schutz da ist. Im Inneren gibt es die Vakuole, dann den Zellkern, die Mitochondrien, dann Chloroplasten, aber nur bei den Pflanzenzellen, zum Teil auch Vesikel.

21 **E:** **[Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?**

22 **T:** Die Pflanzenzelle hat noch die Zellwand. Oder war es andersherum? Nein, die Pflanzenzelle und die Tierzelle nicht.

23 **[Vor_MZ_8, 9 entfallen]**

24 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

25 **T:** Tierische Zellen haben wir gar nicht gezeichnet, wir konnten uns nur fertige Zellen unter dem Mikroskop anschauen. Die tierische Zelle darstellen wie ein Modell oder wirklich so, wie man es im Mikroskop sieht?

26 **E:** So, wie du es nach dem Blick durch ein Mikroskop auch zeichnen würdest.

27 **T:** Ok.

28 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*

29 **T:** [...]

30 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*

31 **E:** Zeichne sechs aneinandergrenzende Zellen des unter dem Mikroskop zu erkennenden Laubmoosblättchens. Orientiere dich bei der Wahl des Ausschnitts an Abbildung 2. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast. Es reicht aus, wenn du nur in einer einzigen Zelle die Chloroplasten darstellst.

32 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Da es sich um eine Pflanzenzelle handelt, zeichne ich zuerst [...] die Zellmembran und darum die Zellwand. [...] In dem Ausschnitt sind die einzelnen Ebenen zu erkennen, [...] die verschieden groß sind, [...] deswegen zeichne ich sie auch verschieden groß. [...] In diesen, ich weiß nicht ganz, wie ich es nennen soll, befinden sich dann eben die einzelnen Chloroplasten *[punktet drei Chloroplasten]*, [...] die [...] grün zu sehen sind. [...] Soll ich bei den anderen fünf auch noch erklären, was ich mache? **[E: Ja.]** Ok. *[Die Schülerin beginnt eine zweite Zeichnung rechts unterhalb.]* [...] Ich habe gerade gemerkt, dass ich die erste Zeichnung eigentlich falsch gezeichnet habe. **[E: Du darfst auch korrigieren. Dort liegt ein Radiergummi.]** Ich streiche es durch, [...] weil es ist ja nicht nach der Zellwand gefragt, bzw. nicht nach der ganzen Zelle gefragt, sondern die einzelnen Bausteine. Jetzt zeichne ich die Chloroplasten ein. [...] **[E: Kannst du das Blatt noch etwas hochschieben, dass es in dem von der Kamera erfassten Bereich liegt?]** Ok. [...] Es stand ja, dass man nicht in jeder Zelle Chloroplasten darstellen soll. So würde ich es jetzt eigentlich machen.

33 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

34 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

35 **T:** *[Die Schülerin beginnt der Beschriftung.]* Kann ich auch noch etwas ergänzen? **[E: Ja.]** Ok. [...] *[Sie fügt jeweils eine zweite Umrandung der Zellen ein, sodass sie die Beschriftung der Zellwand vornehmen kann.]* **[E: Vielleicht sagst du gerade noch, was du da machst.]** Ich beschrifte gerade meine Zellen. [...] In meiner Abbildung finde ich die Chloroplasten wieder. Die Zellwand habe ich gerade noch ergänzt. Die Zellmembran findet man hier und das Zellplasma der Zelle befindet sich im Inneren der ganzen Zelle und auch um die Chloroplasten herum. Die Mittellamelle findet man in meiner Zeichnung nicht, egal.

36 **Kontext 1: Verständnisfragen**

37 **E:** **[Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.**

- 38 **T:** Am Mikroskop habe ich nur die Chloroplasten erkennen können, die Zellwand, die Zellmembran und das Zellplasma. Das war es eigentlich. Deswegen habe ich es dann auch so gezeichnet. Natürlich weiß ich auch, dass noch anderen Organellen, die eigentlich vorhanden sind, da sind. Diese habe ich aber nicht gesehen, deshalb habe ich diese auch nicht gezeichnet.
- 39 **E:** **[Ver_MZ_2]** Nenne die Bedeutsamkeit von Moosen für den Wald.
- 40 **T:** Moose sind feucht. Die wachsen auf dem Boden, auf Steinen, auf allem Möglichen und befeuchten den Boden dadurch. [...]
- 41 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**
- 42 **[Se_MZ_1-6]**
- 43 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**
- 44 **E:** **[mRef_MZ_1]** Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?
- 45 **T:** Von außen nach innen. Ich habe erstmal die Zellwand bzw. die Zellmembran gezeichnet. Dann habe ich die Chloroplasten der Zelle gezeichnet und das war es eigentlich.
- 46 **E:** **[mRef_MZ_2]** Was fiel dir beim Zeichnen schwer?
- 47 **T:** Ja eigentlich die ganze Zeichnung, weil wir haben es im Unterricht nie so wirklich gelernt, wie es aussieht. An der Tafel hat es meine Lehrerin dann angezeichnet und gesagt "so in etwa soll es aussehen in eurem Heft". Deswegen wusste ich jetzt gar nicht, ob man von innen nach außen anfangen soll oder von außen nach innen. Deswegen war es schon schwer.
- 48 **[mRef_MZ_3 entfällt]**
- 49 **E:** **[mRef_MZ_4]** Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?
- 50 **T:** Wenn man davor besprochen hätte, was genau man unter dem Mikroskop sieht und wenn dann einfach die Lehrerin nochmal sagt, "ihr könnt so vorgehen", also zum Beispiel von außen nach innen zeichnen und wie viel von jedem etwa, also den Organellen.
- 51 **E:** **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 52 **T:** Ich würde es schon anders machen, wenn ich die Informationen gehabt hätte [*gemeint sind Instruktionen einer Lehrkraft, wie man beim Zeichnen vorgeht*]. Ohne die Informationen würde ich es genauso machen.
- 53 **E:** **[mRef_MZ_6]** Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 54 **T:** Ziemlich gut. Ich bin jetzt nicht die beste Zeichnerin, aber man hat sich die einzelnen Schritte nochmal überlegt. Es war sehr hilfreich, weil man manchmal die einzelnen Schritte nicht detailliert weiß, sondern nur ein paar davon.

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Ablaufdiagramm**
- 2 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle in Form eines Schaubilds dar, wie übermäßiger und unreflektierter Nahrungskonsum zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z. B. Herzinfarkt oder Hirninfarkt) führen kann. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 3 **T:** [*Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] Das heißt, ich soll es jetzt zeichnen? [E: Ja. Die Darstellungsweise ist dir überlassen.] Also kann ich es auch verschriftlichen? [E: Ja.] Ok. [...] Normalerweise arbeite ich so mit einem Text, dass ich mir erst einmal die Überschrift notiere [...] und die wichtigsten Themen zusammenfasse [...] und dann mit Hilfe des Schaubilds zum Beispiel mich vorbereite für eine Kursarbeit. [...] [E: Bitte denke an das laute Denken.] Dadurch, dass ich schon am Anfang des Lesens alles markiert habe, was ich für wichtig halte, schreibe ich mir diese Sätze [E: Du musst nicht begründen, was du machst,

sondern nur sagen, was dir in den Sinn kommt.] Achso. Der überflüssige Nahrungskonsum führt ja zu gesundheitlichen Risiken und die Energieaufnahme ist oftmals größer [] als der Energieverbrauch. [] Das führt zu Übergewicht. [] Dazu gehören zum Beispiel Fette, Süßigkeiten, usw. [] Das kann dann zu Diabetes führen, [] also wenn man zu viel davon aufnimmt [] oder zu hohem Blutdruck, [] der die Blutgefäße schädigt [] und fördert auch die Entstehung von Kreislauf-Erkrankungen. [] Wenn durch falsche Ernährung Fettbestandteile [] in das Blut gelangen, dann lagern sich diese Fettbestandteile an den Innenwänden der Blutgefäße ab. [] Diese Ablagerungen nennt man eben Plaques [] und die Folge des Ganzen sind Verhärtungen [] und eben dauerhafte Entzündungen in der Gefäßwand. [] Die Schädigungen können gefördert werden durch Rauchen, genetische Veranlagung und einen generell erhöhten Blutdruck. [] Dadurch kommt es zu Durchblutungsstörungen, die in von Muskelzellen, [sucht nach dem Zusammenhang im Text] ja auftreten können [] und wenn ein Plaque aufplatzt, [] dann wird die Blutgerinnung verstopft, [] also die Blut, nein warte. [] Also wenn die Plaque aufplatzt, dann kommt es zu einer Verstopfung [] der Blutgefäße. [] Daraufhin [] bildet sich ein Blutgerinnsel, [] der auch Thrombus genannt wird. [] Und dann wird eben noch beschrieben, wenn das im Herz, [] also in den Blutgefäßen [] am Herz, [] wenn es eben dort abläuft, führt es zu einem Herzinfarkt. [] Also wenn sich diese Blutgefäße [] am Herz [] befinden [] kommt es zum Herzinfarkt [] und wenn sich die Blutgefäße [] eben im Gehirn befinden [] bzw. die Blutgefäße, die das Gehirn versorgen. [] Dabei stirbt ein Teil des Gewebes ab. [] Das fand ich eigentlich so das Wichtigste vom Text.

4 **Kontext 2: Verständnisfragen**

5 **E: [Ver_AD_1] Beschreibe noch einmal in deinen eigenen Worten, wie unsere Nahrung einen Einfluss auf die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen kann.**

6 **T:** Am Anfang des Texts wurde erst einmal beschrieben, wenn zu viel Nahrung aufgenommen wird, die eben zu fettig, zu salzig oder zu süß ist, dass eben dadurch die Blutgefäße verstopft werden können. In den Blutgefäßen befinden sich die Ablagerungen der Fette, die eben auch Plaque genannt werden. Die Verstopfungen können eben auch noch negativ gefördert werden, wenn man zusätzlich noch raucht. Es kann aber auch genetisch veranlagt sein. Wenn sich die Blutgefäße am Herz befinden, dann kommt es zum Herzinfarkt und wenn die Blutgefäße das Gehirn versorgen sollen, kommt es zum Schlaganfall oder auch Hirninfarkt. Vierzig Prozent der Sterbefälle sind dadurch bedingt.

7 **[Ver_AD_2 entfällt]**

8 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

9 **[Se_AD_1-5]**

10 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

11 **E: [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?**

12 **T:** Wenn ich den Text lese, markiere ich mir immer das Wichtigste und dadurch habe ich schon, wenn ich dann zu dem Schaubild komme, die wichtigsten Sachen markiert, sodass ich diese dann herausschreiben kann. Ich persönlich weiß, dass ich auch manchmal die unnötigen Sachen herausschreibe, die jetzt vielleicht nicht so wichtig sind, die ich aber als wichtig empfinde. Dann versuche ich den Text ggf. in eigenen Worten bzw. die Stichpunkte nochmal in eigenen Worten zu formulieren. Dadurch, dass ich das alles nochmal laut sagen musste, konnte ich es mir noch einmal besser merken. Ich persönlich finde es auch immer besser, wenn man es nochmal verschriftlichen muss. Ich weiß, ich kann etwas besser lernen, wenn ich es noch einmal aufschreibe, als es mir nur durchzulesen.

13 **E: [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?**

14 **T:** Ich habe mir immer nochmal den Text angeschaut und die markierten Wörter, die ich mir schon am Anfang beim Durchlesen markiert habe. Dann habe ich versucht die Sätze so zu

formulieren, dass man die versteht und dass es eben gegliedert ist, also auch eine Reihenfolge hat.

- 15 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 16 **T:** Ich fand es hilfreich, weil ich persönlich es eher gerne nochmal aufschreibe und dann kann ich es mir schon gut merken.
- 17 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 18 **T:** Ja, das alles nochmal laut zu sagen, war dann schon irgendwie ein bisschen verwirrend, weil normalerweise schaue ich es mir noch einmal an und überlege ein bisschen, dann schreibe ich es einfach auf. Das empfand ich in dem Fall ein bisschen verwirrend, es nochmal laut sagen zu müssen.
- 19 **E:** Und jetzt in Bezug auf das, was du aufgeschrieben hast. Gab es dabei irgendwelche Schwierigkeiten?
- 20 **T:** Eigentlich nicht. Bis auf einen Satz, da habe ich es am Anfang nicht ganz so richtig verstanden.
- 21 **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 22 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 23 **T:** Nein, eigentlich nicht. Ich würde mir am Ende nochmal mein Schaubild anschauen und dann nochmal überlegen, ob das auch alles wichtig ist, zu wissen. Sonst würde ich es eigentlich nicht anders machen.
- 24 **[mRef_AD_7 entfällt]**
- 25 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?
- 26 **T:** Es wurde nicht so oft von uns verlangt. Manchmal bekommt man zwar Seiten auf, die man lesen soll, aber dann nochmal das Wichtigste rauszuschreiben, wird uns dann überlassen.
- 27 **E:** [mRef_AD_8b entfällt]
- 28 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 29 **T:** Jetzt fand ich es nicht so gut, weil es ein bisschen meinen Gedankengang gestört hat. Weil ich es nicht genauso formuliert habe, wie ich es laut wiedergegeben habe, deswegen hätte ich es ohne lautes Denken besser gefunden.
- 30 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 31 **T:** Nein, genau so.
- 32 **E:** [Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 33 **T:** Eine Drei.
- 34 **E:** [Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 35 **T:** Generell immer so eine Zwei oder Drei, aber ich bin katastrophal, was Zeichnen angeht. Es ist gar nicht mein Ding.
- 36 **E:** [Ergänzende Frage] Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 37 **T:** Was ich zum Beispiel manchmal nicht so gut im Unterricht finde, dass es uns überlassen wird, wie wir das zeichnen müssen *[zeigt auf das Mikroskop]*. Ich habe selbst gemerkt, dass es nicht nur an mir liegt, sondern auch an anderen Mitschülern, die gar keine Ahnung haben, wie man es zeichnen muss. Erst danach wurde uns an der Tafel gezeigt, wie wir es eigentlich sollen und jeder musste dann die Zeichnung nochmal wegmachen und dann nochmal

zeichnen. Ich würde es einfach besser finden, wenn es uns am Anfang nochmal erklärt wird, von innen nach außen oder andersherum. Dann zu dem Schaubild: Wenn wir einen Text lesen sollen, dann schreibe ich es mir ehrlich gesagt nicht heraus, wenn es nicht von mir verlangt wird, sondern markiere einfach.

Anhang 6.4: Kontext 10.2

Hannah – S10.2A

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1a] Weißt du, wo im Körper die Schilddrüse liegt?**
- 3 **T:** Oh, nicht genau.
- 4 **E:** **[Vor_AD_1b] Weißt du, welche Funktionen die Schilddrüse hat?**
- 5 **T:** Auch nicht genau.
- 6 **E:** **[Vor_AD_2] Wie stellt unser Körper sicher, dass es von einem Hormon nicht zu viel gibt?**
- 7 **T:** Dazu hatten wir im Unterricht noch nichts gemacht.
- 8 **E:** **[Vor_AD_3] Weißt du, was man unter negativer Rückkopplung versteht?**
- 9 **T:** Kenne ich nicht.
- 10 **E:** **[Vor_MZ_1] Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?**
- 11 **T:** Vielleicht ein- oder zweimal in der siebten oder achten Klasse. *[Diese Information stammt von einem späteren Zeitpunkt.]*
- 12 **E:** **[Vor_MZ_2] Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?**
- 13 **T:** [...] Zwiebelzellen mussten wir nicht zeichnen, wir hatten die Abbildung parallel dazu bekommen, wir mussten uns die Zwiebelzelle nur unter dem Mikroskop anschauen. Ansonsten haben wir eigentlich immer, wenn wir mikroskopiert haben, die Abbildungen dazu bekommen.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_3] Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?**
- 15 **T:** Nein, nicht, dass ich wüsste.
- 16 **[Vor_MZ_4, 5 entfällt]**
- 17 **E:** **[Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?**
- 18 **T:** Nein.
- 19 **E:** **[Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?**
- 20 **T:** Bei einer pflanzlichen Zelle ist außen eine Zellwand und dann kommt die Zellmembran und in der Zelle ist Cytoplasma, also Zellplasma und in der Zelle sind die Vakuolen und Chloroplasten und der Zellkern mit dem Kernkörperchen.
- 21 **E:** **[Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?**
- 22 **T:** Die tierische Zelle besitzt nur die Zellmembran mit dem Cytoplasma in der Zelle und dem Zellkern. Innen drin ist sonst nichts.
- 23 **[Vor_MZ_8, 9 entfallen]**
- 24 **Zeichnen-Test: Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen**
- 25 **E:** Ok.
- 26 **T:** Du denkst noch an die Beschriftung?
- 27 **E:** Oh ok. Soll ich dann auch die Innereien dazu malen? Und die dann auch beschriften?
- 28 **T:** Ja, was du dazu weißt.

29 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*30 **T:** [...]31 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**

32 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die Hormonregulation der Schilddrüse in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

33 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Ich fang an. Das Schaubild, wie ich es darstelle, ist mir überlassen, oder? **[E:** Ja.] Also da das Gehirn den Zeitpunkt der Ausschüttung des Thyroxins regelt und da die Zellen des Hypothalamus, deswegen fange ich jetzt damit an. Und der Hypothalamus gibt das Thyreotropin-Releasing-Hormon ab, abgekürzt TRH, das schreibe ich jetzt darunter TRH. [...] Das wiederum bildet in der benachbarten Hirnregion Hypophyse. Ja, schreibe ich mal dazu oder veranlasst in der Hypophyse die Bildung eines weiteren Hormons. Jetzt schreibe ich noch dazu, um es etwas genauer zu machen, wie die Pfeile, also die einzelnen Hormone, zusammenhängen. Dieses Hormon *[gemeint ist TSH]* gelangt dann zur Schilddrüse letztendlich, welche daraufhin das Thyroxin freisetzt und. Ja. Also hier erweitere ich nochmal. Das *[gemeint ist TRH]* bindet an spezifische Rezeptoren und dann noch der Abschluss, dass das Thyroxin über das Blut zu den Zielzellen gelangt. Und jetzt schaue ich nochmal, ob ich alles habe , aber es sieht komplett aus. Das heißt, ich bin fertig soweit.

34 **Kontext 1: Verständnisfragen**

35 **E:** **[Ver_AD_1]** Nenne die Funktionen des von der Schilddrüse ausgeschütteten Thyroxins.

36 **T:** Das weiß ich nicht mehr.

37 **E:** **[Ver_AD_2]** Beschreibe die hormonelle Regulation der Schilddrüse ausgehend von einem Reiz des Gehirns, wie z. B. Kälte oder Stress.

38 **T:** Wenn der Reiz im Gehirn ankommt, kann man das so sagen, sorgt das dafür, dass in der Hypo, ich kann mir diese Wörter nicht merken. Auf jeden Fall wird dann im Gehirn ein gewisses Hormon freigesetzt, das dann wiederum bei einer benachbarten Drüse, kann man das sagen, ein weiteres Hormon freisetzt, das dann zur Schilddrüse gelangt. Dort in der Schilddrüse wird dann letztendlich erst das Thyroxin freigesetzt, das dann zu den gewissen Zielzellen gelangt bzw. durch das Blut dorthin transportiert wird.

39 **E:** **[Ver_AD_3]** Erkläre in eigenen Worten, was man unter negativer Rückkopplung versteht.

40 **T:** Da habe ich jetzt nicht darauf geachtet.

41 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

42 **[Se_AD_1-5]**

43 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

44 **E:** **[mRef_AD_1]** Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

45 **T:** Erstmal habe ich den Text ganz durchgelesen und dann, weil ich die Aufgabe schon wusste, dass ich ein Schaubild über die Hormonregulation anfertigen soll, deswegen bin ich noch mal intensiver auf den mittleren Abschnitt eingegangen und habe geschaut, was die einzelnen Schritte da sind, um es schon mal verstanden zu haben. Dann habe ich daraufhin das Schaubild gezeichnet.

46 **E:** **[mRef_AD_2]** Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?

47 **T:** Da ich durch das Lesen schon wusste, dass es wie eine Kettenreaktion ist, habe ich auch gedacht, dass es am sinnvollsten ist, mit Pfeilen und wie so eine Kette darzustellen, sodass

ich es selbst auch am einfachsten verstehe. Deswegen war das naheliegend. Ich bin dann den Abschnitt, in dem es stand, alles dann nochmal durchgegangen, Schritt für Schritt, je nachdem, wie weit ich beim Schaubild schon war.

48 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?

49 **T:** Nein, also ich denke, das ist schon gut, gerade wenn man es lernen soll, dann ist es einfacher das so zu haben, weil im Text sich die Wörter oft wiederholen und dann das und das. Deswegen ist es im Schaubild eigentlich ganz gut darzustellen.

50 **E:** [mRef_AD_4] Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas schwer?

51 **T:** Nein, nicht direkt.

52 **[mRef_AD_5 entfällt]**

53 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?

54 **T:** Nein, ich bin eigentlich ganz zufrieden.

55 **[mRef_AD_7 entfällt]**

56 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?

57 **T:** Ein paarmal haben wir das schon gemacht.

58 **E:** [mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?

59 **T:** Ich glaube, das haben wir auf jeden Fall bei Fotosynthese gemacht. Da auf jeden Fall. Und wir hatten das beim Wundverschluss gemacht.

60 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

61 **T:** Ganz komisch. Ich weiß, vor allem ist es ja so, dass man letztendlich nicht alles sagt, was man denkt, sondern sich dann eher noch Gedanken darüber macht, was man sagen soll und dass es verständlich ist. [...] Es hat mich auch etwas abgelenkt, wenn man nicht ganz bei der Sache ist, weil wie gesagt, man konzentriert sich mehr auf das Reden.

62 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?

63 **T:** Nein, ich denke nicht.

Transkript Teil B

1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*

2 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu erkennende Spaltöffnung und die angrenzenden Zellen. Beschränke dich dabei auf den in Abbildung 2 umrandeten Ausschnitt. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Also ich fange an, den Ausschnitt vergrößert darzustellen, indem ich auch so ein Rechteck zeichne. [...] Dann schaue ich nochmal in das Mikroskop, welche Stelle es genau ist [...] und fange dann mit den kleinen Linien an. Ich weiß jetzt nicht genau, was das alles ist. *[Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her].* [...] Ich arbeite mich dann immer weiter, dass es möglichst ähnlich aussieht. *[Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her.]* [...] Ich zeichne das jetzt einfach mal als Kreis *[gemeint sind die Zellwände des Schließzellenpaars]*, der irgendwie so halbiert ist. [...] Also das stelle ich jetzt einfach mal so schraffiert dar, was unter dem Mikroskop pink aussieht *[gemeint sind die angefärbten Zellkerne]*. [...] Dann gehe ich weiter auf die andere Seite [...] und auch dann von unten her [...] hier mal rüber

[_] und auf die andere Seite. [_] Dann sind da noch diese kleinen pinkfarbenen [Zellkerne] [_] und da unten. [_] Jetzt schaue ich nochmal, ob alles auch in etwa so aussieht [_] und schaue nochmal. [_] Und ja. [_] Doch, so kann man es lassen.

4 Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung

5 E: Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

6 T: [...] Kann ich die Zeichnung auch noch etwas erweitern? [E: Ja.] [*Die Schülerin fügt in der rechten Bildhälfte zwei weitere Linien ein, um die bislang einlinige Zellbegrenzung in Mittellamelle und Zellwände auszudifferenzieren.*] [...] [E: Was hast du jetzt nachträglich noch eingezeichnet?] Nachträglich habe ich nur nochmal die einzelnen, also die Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle eingezeichnet, weil man das nicht ganz genau erkennen konnte. Deswegen habe ich da nochmal diese drei Schichten so eingezeichnet.

7 Kontext 2: Verständnisfragen

8 E: [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

9 T: Ich habe die Oberfläche einer Tulpe gezeichnet. Die besteht aus mehreren Epidermiszellen, in denen jeweils ein Epidermiskern ist. Zwischen diesen Zellen liegen die Schließzellen. Die sind aufgeteilt, es sind immer zwei die aneinanderhängen. In der Mitte ist ein Spalt. Die haben auch wieder einen Kern. Dann habe ich noch die einzelnen Schichten der Epidermiszellen beschriftet, also die Zellmembran und sowas.

10 E: [Ver_MZ_2] Beschreibe, wie der Gasaustausch bei der Tulpe funktioniert.

11 T: Durch diese Schließzellen, da ist ja der Spalt zwischendrin und dass da das dann so rein- und rausgeht. Dort hätte ich jetzt gesagt.

12 Kontext 2: Selbsteinschätzung

13 [Se_MZ_1-6]

14 Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen

15 E: [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

16 T: Erst von außen nach innen. Ich habe erst das Rechteck gezeichnet, um da halt den Überblick zu haben und auszumachen, was ich da genau gezeichnet habe. Dann bin ich von außen nach innen, würde ich sagen. Die Schließzellen habe ich dann als letztes gezeichnet, dass es auch in etwa von den Größenverhältnissen her gesehen passt und relativ realistisch aussieht.

17 E: [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

18 T: Es ist halt nicht ganz so einfach, es genauso abzuschätzen, dass es ähnlich aussieht. Und dann klar ist sehr vergrößert, aber unter dem Mikroskop kann man auch nicht alles so genau erkennen, deswegen finde ich immer etwas schwierig, dass man alles sieht und an alles denkt und dann auch alles wirklich zeichnet.

19 [mRef_MZ_3 entfällt]

20 E: [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

21 T: Vielleicht etwas schöner und genauer noch. [...] Also, dass man bei der Schließzelle die einzelnen Bestandteile etwas genauer erkennen kann.

22 E: [mRef_MZ_5] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?

23 T: Ich würde schauen, dass ich es genauer mache und vielleicht etwas öfters durch das Mikroskop schauen, dass alles etwas besser aussieht.

24 E: [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

25 T: Ich fand es sogar etwas einfacher, weil man etwas abgezeichnet hatte, was man genau vor sich hatte und bei dem anderen musste man aus dem Text die Informationen entnehmen und dann halt im Schaubild darstellen und so musste ich es quasi nur kopieren, deswegen fand ich das jetzt einfacher.

- 26 E: **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
27 T: Eine Eins.
28 E: **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
29 T: Da hatte ich immer eine Zwei. Aber Kunst macht mir nicht so Spaß.

Melinda – S10.2B

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 E: Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1a]** Weißt du, wo im Körper die Schilddrüse liegt?
3 T: Nein.
4 E: **[Vor_AD_1b]** Weißt du, welche Funktion die Schilddrüse hat?
5 T: Nein.
6 E: **[Vor_AD_2]** Wie stellt unser Körper sicher, dass es von einem Hormon nicht zu viel gibt?
7 T: Hormone hatten wir noch nicht.
8 E: **[Vor_AD_3]** Weißt du, was man unter negativer Rückkopplung versteht?
9 T: Nein.
10 E: **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
11 T: Ich glaube, wir haben es mal in der achten Klasse oder so mit dem Mikroskop gemacht.
12 E: **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
13 T: Das waren Zwiebelzellen.
14 E: **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
15 T: Nein.
16 E: **[Vor_MZ_4]** Kennst du Regeln oder Kriterien, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
17 T: Nicht wirklich.
18 **[Vor_MZ_5 entfällt]**
19 E: **[Ergänzende Frage]** Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?
20 T: Nein.
21 E: **[Vor_MZ_6]** Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
22 T: Die haben, glaube ich, keinen Zellkern. Eine Zellmembran heißt das, glaube ich, und es ist, glaube ich, eine Vakuole da drinnen. Das weiß ich nicht so genau.
23 E: **[Vor_MZ_7]** Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
24 T: Das haben wir schon mal gemacht. Tierzellen haben einen Zellkern glaube ich und sind anders aufgebaut. Aber wie genau weiß ich nicht.
25 E: **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal eine Spaltöffnung einer Pflanze unter dem Mikroskop betrachtet?
26 T: Nein.
27 **[Vor_MZ_9 entfällt]**

28 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

29 **E:** Also ich habe keine Ahnung, ob das richtig ist. Wahrscheinlich eher weniger. Ich weiß echt nicht mehr, wie das alles sein soll. [...] Ich habe nicht wirklich viel.

30 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*

31 **T:** [...]

32 **Kontext 1: Ablaufdiagramm**

33 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die Hormonregulation der Schilddrüse in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

34 **T:** [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Habt ihr ein Textmarker? [E: Nein.] Ich hole ihn. [Die Schülerin holt zum Markieren des Texts einen Textmarker aus der Tasche.] Die Hormonregulation also in einem Schaubild darstellen, wie das funktioniert? [E: Ja.] Oh je. [Die Schülerin liest den Text und die Aufgabenstellung erneut.] Also erstmal, ich mal jetzt einfach, egal. Hier ist der Hypothalamus [zeichnet ein Rechteck, das den Hypothalamus repräsentiert] und [...] und hier erstmal die Hypophyse [zeichnet ein Rechteck, das die Hypophyse repräsentiert] [...] und die Schilddrüse [zeichnet ein Rechteck, das die Schilddrüse repräsentiert]. [...] In der Schilddrüse wird das Hormon Thyroxin produziert [...] und das hat eine wichtige Steuerungsfunktion beim Energiestoffwechsel. [...] Die Zellen des Hypothalamus bilden das [...] TRH [...] und die Freisetzung erfolgt durch Kälte oder Stress beispielsweise. [...] Das TRH bindet an die Hypophysenzellen an spezifische Rezeptoren der Zellen. [...] Und dadurch produziert die Hypophyse das TSH [...] und das gelangt in die Schilddrüse und bindet dort wiederum an spezifische Rezeptoren [...] der Schilddrüsenzellen [...] und daraufhin wird Thyroxin freigesetzt. [...] Danach befördert das Blut es in alle Körperregionen. [...] Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein? [E: Das ist deine Entscheidung.] Nein, ich lasse es jetzt weg.

35 **Kontext 1: Verständnisfragen**

36 **E:** [Ver_AD_1] Nenne die Funktionen des von der Schilddrüse ausgeschütteten Thyroxins.

37 **T:** Ich habe nicht genau verstanden, was genau Thyroxin ist und wofür es wichtig ist, aber im Hypothalamus wird ja das TRH gebildet und das bindet an die Rezeptoren der Zellen der Hypophyse und die produzieren TSH und das gelangt in die Schilddrüse und setzt dort Thyroxin frei, was dann durch das Blut in den gesamten Körper transportiert wird. Aber wofür das jetzt genau wichtig ist, weiß ich nicht.

38 [Ver_AD_2 entfällt]

39 **E:** [Ver_AD_3] Erkläre in eigenen Worten, was man unter negativer Rückkopplung versteht.

40 **T:** Die Zellen im Hypothalamus haben auch die Rezeptoren in der Zellwand und deswegen, ich weiß nicht, welche Hormone sich auch daran binden können, aber bei den anderen ist es ja in der Zelle drin und nicht in der Membran und deswegen können die sich auch daran binden. Mehr weiß ich nicht.

41 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

42 [Se_AD_1-5]

43 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

44 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?

45 **T:** Ich habe es ganz normal gelesen und alles, was den Ablauf erklärt hat und für die Aufgabenstellung wichtig war, habe ich markiert.

- 46 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 47 **T:** Im Text war ja der Ablauf beschrieben und dann bin ich einfach chronologisch von oben nach unten durchgegangen und habe aufgezeichnet, was als erstes kam usw..
- 48 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 49 **T:** Ich find es war schon hilfreich, weil man dann nochmal einen Überblick hat und man versteht es mehr.
- 50 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 51 **T:** Wie man es sozusagen aufzeichnet, man weiß ja nicht, wie die Zellen aussehen oder wie das in der Hypophyse oder sonst wo aussieht.
- 52 **E:** [mRef_AD_5] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?
- 53 **T:** Es ist relativ schwierig, ein Schaubild zu zeichnen, aber, wenn man ungefähr weiß, was überhaupt die Hypophyse oder Hypothalamus ist, dann ist es, denke ich, einfacher, wenn es darum geht, wie man es aufzeichnet.
- 54 **E:** [mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 55 **T:** Jetzt so spontan ohne Vorwissen eigentlich nicht.
- 56 **[mRef_AD_7 entfällt]**
- 57 **E:** [mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet? [mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?
- 58 **T:** Oft. Zum Beispiel hatten wir gerade das Immunsystem und da machen wir auch die Abfolge, wenn ein Virus oder Bakterium in den Körper eindringt, auch mit Pfeilen und Bildern. [...] Sonst fällt mir spontan kein Thema ein, weil wir hatten ja seit einem Jahr kein Bio mehr.
- 59 **E:** [mRef_AD_9] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?
- 60 **T:** Schwierig. Es ist halt komisch. Ich habe mir auch noch so gedacht, ich verstehe das nicht ganz, es ist vielleicht auch etwas unangenehm. [...] Abgelenkt hat es aber nicht unbedingt, aber ich fand es nicht wirklich hilfreich.
- 61 **E:** [mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 62 **T:** Dann hätte ich vielleicht das mit der negativen Rückkopplung noch ergänzt. *lacht*

Transkript Teil B

- 1 **Kontext 2: Mikroskopische Zeichnung: Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop**
- 2 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu erkennende Spaltöffnung und die angrenzenden Zellen. Beschränke dich dabei auf den in Abbildung 2 umrandeten Ausschnitt. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.
- 3 **T:** *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.]* Als erstes sind da so eine Art Halbkreise mit einer kleinen Lücke zwischendrin, würde ich sagen, [] und dann ist innendrin nochmal etwas Pinkfarbenes *[gemeint ist der Zellkern der jeweiligen Schließzelle]*. Jetzt nicht farbig machen, oder? [E: Nein, das wurde nur angefärbt.] [] In der unteren Form sind so kleine Punkte [] ein bisschen weiter auseinander [] und in den kleinen *[gemeint sind die Zellkerne]* sind größere und kleinere Punkte irgendwie. [] Die haben noch eine Umrandung *[um die Schließzellen herum]* [] und das gleiche nebendran nochmal *[zeichnet das rechts*

danebenliegende Schließzellenpaar. [.] Die sind dann verbunden mit so, keine Ahnung, was das ist. [.] In der Mitte ist, schätze ich mal, der Zellkern oder sowas, [.] auch wieder mit den Punkten. [.] Soll ich noch mehr angrenzende Zelle zeichnen? [E: Wenn du denkst, dass es in dem Ausschnitt liegt.] Achso, oh. [.] Einen Moment. [Die Schülerin entfernt das linke außerhalb des zu zeichnenden Bildausschnitts liegende Schließzellenpaar und einen Teil der Epidermiszelle mit Radiergummi.] [.] So würde ich sagen, ist der Ausschnitt ungefähr.

4 **Kontext 2: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

5 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

6 **T:** [.] Ich markiere die Schließzellen in einer anderen Farbe.

7 **Kontext 2: Verständnisfragen**

8 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

9 **T:** Außen war die Zellwand, also die Zellmembran und dieses Viereck, sage ich mal, war die Zelle von der Epidermis und darin war der Zellkern der Epidermiszelle und dann hat es angeschlossen an zwei Schließzellen. In der Mitte von denen war dieser Spalt, die Öffnung. In den Schließzellen war auch wieder der Zellkern von den Schließzellen.

10 **E:** [Ver_MZ_2] Beschreibe, wie der Gasaustausch bei der Tulpe funktioniert.

11 **T:** Der Spalt öffnet sich und schließt sich. Ich weiß es nicht.

12 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**

13 **[Se_MZ_1-6]**

14 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**

15 **E:** [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

16 **T:** Ich habe erstmal vergessen, den Ausschnitt genau anzuschauen. Ich habe zuerst das Einfachste, das Größte, nämlich die beiden Schließzellen, gezeichnet. Ich habe ja zuerst zwei einzelne gezeichnet und dann deren Aufbau und dann die Zelle der Epidermis dann dazwischen. Und weil ich gemerkt habe, dass es im Ausschnitt anders ist, habe ich nochmal die andere Hälfte, also die andere Epidermiszelle gezeichnet und die andere Schließzelle wegradiert.

17 **E:** [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

18 **T:** Ich wusste nicht genau, was das im Zellkern war, die Punkte. Also habe ich einfach mal so Punkte gemacht, wusste aber nicht, ob das so richtig war und ob das so genau da hinsollte. Sonst eigentlich ging es.

19 **[mRef_MZ_3 entfällt]**

20 **E:** [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

21 **T:** Ich habe es jetzt nicht so ordentlich gezeichnet und vielleicht das mit der Zellwand genau auseinanderhalten. Ich weiß jetzt selber nicht, wie das genau ist, aber da waren ja drei verschiedene Linien. Auf der Abbildung danach war es in drei Linien differenziert und dass man das dann auch genau macht.

22 **E:** **[mRef_MZ_5 entfällt]**

23 **E:** [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

24 **T:** Eigentlich genauso wie vorher.

25 **E:** [Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?

26 **T:** Ich glaube eine Drei.

27 **E:** [Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?

28 **T:** In Kunst hatte ich eine Zwei.

29 **E:** [Ergänzende Frage] Gibt es noch etwas, das du loswerden möchtest?

- 30 **T:** Bei einem Ablauf ist es immer praktisch, eine Zeichnung zu machen. Man versteht es nochmal besser und hat einen Überblick. Das laute Denken war natürlich, dass ihr jetzt versteht, was ich jetzt da mache, aber für mich persönlich hat es nichts gebracht.

Victoria – S10.2C

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1a]** Weißt du, wo im Körper die Schilddrüse liegt?
- 3 **T:** Nein.
- 4 **E:** **[Vor_AD_1b]** Weißt du, welche Funktion die Schilddrüse hat?
- 5 **T:** Vielleicht hatte ich das schon mal in einer anderen Sprache. *[Die Erstsprache der Schülerin ist Spanisch.]*
- 6 **E:** **[Vor_AD_2]** Wie stellt unser Körper sicher, dass es von einem Hormon nicht zu viel gibt?
- 7 **T:** Es wird reguliert.
- 8 **E:** **[Vor_AD_3]** Weißt du, was man unter negativer Rückkopplung versteht?
- 9 **T:** Nein.
- 10 **E:** **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 11 **T:** Also dieses Jahr einmal, aber generell nicht so viel.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 13 **T:** Zellen eines Blatts.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 15 **T:** Wie man mit dem Mikroskop umgeht und dass man die Zeichnung beschriftet.
- 16 **E:** **[Vor_MZ_4]** Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 17 **T:** Es muss natürlich ordentlich sein. Sonst nichts, ich mache es eigentlich automatisch.
- 18 **[Vor_MZ_5 entfällt]**
- 19 **E:** **[Ergänzende Frage]** Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?
- 20 **T:** Nein.
- 21 **E:** **[Vor_MZ_6]** Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?
- 22 **T:** Es gibt die Zellhülle, dann die Chloroplasten. Es gibt keinen Zellkern.
- 23 **E:** **[Vor_MZ_7]** Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?
- 24 **T:** Die tierische Zelle hat einen Kern und die pflanzliche Zelle nicht.
- 25 **E:** **[Vor_MZ_8]** Hast du schon einmal eine Spaltöffnung einer Pflanze unter dem Mikroskop betrachtet?
- 26 **T:** Nein.
- 27 **[Vor_MZ_9 entfällt]**
- 28 **Zeichnen-Test: Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen**
- 29 **E:** Ich glaube, mehr weiß ich nicht. Das ist zu lange her.

30 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*31 **T:** [...]32 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*33 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu erkennende Spaltöffnung und die angrenzenden Zellen. Beschränke dich dabei auf den in Abbildung 2 umrandeten Ausschnitt. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.34 **T:** [...] *[Die Schülerin liest den Text nicht, sondern wendet sich direkt dem Mikroskop zu. Im Anschluss liest sie die Aufgabenstellung.]* [_] [E: Kannst du die Zeichnung gerade noch ein Stück hochschieben bitte.] [_] Soll ich jetzt weitermachen oder nur dieses *[gemeint ist das Schließzellenpaar]*? [E: So, wie es in der Aufgabenstellung drinsteht.] [_] [E: Du denkst noch an das laute Denken?] [_] Aber, wenn man nur das Zeichnen muss *[zeigt auf die Abbildung]*, dann ist es glaube ich schon fertig. [E: Ok.] [_] [E: Also, wenn du zufrieden bist, machen wir weiter.] [_] *[Die Schülerin betrachtet noch einmal den zu zeichnenden Ausschnitt und blickt durch das Mikroskop.]* Ok. *[Bis zu diesem Zeitpunkt wurde der Text zum thematischen Hintergrund nicht vollständig gelesen, sondern lediglich kurz betrachtet.]*35 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**36 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.37 **T:** *[Die Schülerin dreht die Zeichnung um 90 Grad und nimmt dann die Beschriftung vor.]* Ich glaube, ich bin fertig.38 **Kontext 1: Verständnisfragen**39 **E:** **[Ver_MZ_1]** Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.40 **T:** Also zuerst gibt es in der Mitte so einen Zellkern, aber es gibt zwei. Dann gibt es zwei Zellhüllen, dann gibt es eine Zellmembran, die umrandet alles. Und in der Mitte gibt es eine Spalte oder Öffnung, auch als Stomata oder so bezeichnet. Es gibt wie ein Faden zu einem kleinen runden Kreis, Epidermiszelle oder sowas. Nein, das liegt ganz innen die Epidermiszelle und dann gibt es Epidermisirgendwas.41 **E:** **[Ver_MZ_2]** Beschreibe, wie der Gasaustausch bei der Tulpe funktioniert.42 **T:** [...] CO₂ kommt in die Zellen und dann findet dort der Gasaustausch statt. [...]43 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**44 **[Se_MZ_1-6]**45 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**46 **E:** **[mRef_MZ_1]** Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?47 **T:** Einfach nur so gezeichnet, was ich da *[zeigt auf das Mikroskop]* gesehen habe. [...] Ich habe zuerst die Zellkerne gezeichnet und dann, was sie umrundet.48 **E:** **[mRef_MZ_2]** Was fiel dir beim Zeichnen schwer?49 **T:** Ja, also ich wusste nicht, bis wohin ich zeichnen musste, aber weil ich die Abbildung nicht so gut sehen konnte, die den Ausschnitt zeigt. Aber sonst war es gut.50 **[mRef_MZ_3 entfällt]**51 **E:** **[mRef_MZ_4]** Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?52 **T:** Vielleicht nicht erklären zu müssen, was ich da gemacht habe und mehr Zeit für mich, das selbst zu beschreiben.53 **E:** **[mRef_MZ_5]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?54 **T:** Ja, vielleicht mehr aufpassen. *lacht*

- 55 **E:** [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen des Schulweges empfunden?
- 56 **T:** Eher störend. *[Während des mikroskopischen Zeichnens wurde nicht laut gedacht. Die Antwort bezieht sich auf das laute Denken parallel zum Zeichnen des Schulweges.]*

Transkript Teil B

1 Kontext 2: Ablaufdiagramm

- 2 **E:** Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die Hormonregulation der Schilddrüse in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.
- 3 **T:** *[Die Schülerin beginnt zu lesen.]* Darf ich unterstreichen? [E: Ja, klar.] *[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab. Danach überträgt sie das Schaubild, das sich auf dem Blatt der Textgrundlage befindet, auf das Blatt der Aufgabenstellung. Sie beginnt dann den Text in Stichpunkten zusammenzufassen.]* [...] Kann man hier auch ein Flussdiagramm machen? [E: Klar.] Ok. [E: Ich gebe dir ein neues Blatt.] Ich kann sonst auch die Rückseite verwenden. [...] *[Sie wechselt auf die Blattrückseite, um nochmal komplett neu anzufangen. Sie verzichtet im Nachfolgenden auf lautes Denken, da sich die Versprachlichung der Gedanken bereits bei den vorab gestellten Fragen als Hürde herausstellte und große Sprechpausen innerhalb von Sätzen vorkamen. Ihre Erstsprache ist Spanisch.]*
- 4 **E:** Du hast vorhin gesagt, den Begriff Schilddrüse hättest du eventuell schon mal in einer anderen Sprache gehört. Was ist denn deine Muttersprache?
- 5 **T:** Ich spreche Spanisch.
- 6 **E:** Und kam dir die Schilddrüse bekannt vor?
- 7 **T:** Nein.

8 Kontext 2: Verständnisfragen

- 9 **E:** [Ver_AD_1] Nenne die Funktionen des von der Schilddrüse ausgeschütteten Thyroxins.
- 10 **T:** *[Die Schülerin tut sich sehr schwer, das zuvor Aufgeschriebene in Worte zu fassen, da es sich bei Deutsch um ihre Zweitsprache handelt.]*
- 11 **[Ver_AD_2, 3 entfallen]**

12 Kontext 2: Selbsteinschätzung

13 **[Se_AD_1-5]**

14 Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen

- 15 **E:** [mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?
- 16 **T:** Zuerst habe ich angefangen zu lesen und gleichzeitig unterstrichen, was ich wichtig fand.
- 17 **E:** [mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?
- 18 **T:** Zuerst wollte ich ein Bild zeichnen, aber dann fand ich es nicht so übersichtlich und dann habe ich ein Flussdiagramm gemalt.
- 19 **E:** [mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?
- 20 **T:** Es war auf jeden Fall besser, als nur den Text zu lesen.
- 21 **E:** [mRef_AD_4] Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer?
- 22 **T:** Vielleicht das Wichtige knapp zu formulieren.
- 23 **[mRef_AD_5 entfällt]**

- 24 **E:** **[mRef_AD_6]** Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?
- 25 **T:** Ja, es wäre mir vielleicht besser gelungen, wenn ich das alleine mache und nicht unter so vielen Menschen.
- 26 **E:** **[mRef_AD_7]** Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?
- 27 **T:** Vielleicht nicht so viel schreiben.
- 28 **[mRef_AD_8a, 8b entfallen]**
- 29 **E:** **[mRef_AD_9]** Du hast vorhin schon gesagt, dass dich das laute Denken gestört hat. Hier wäre es wahrscheinlich wieder genauso gewesen?
- 30 **T:** Ja. *[Die Schülerin hat bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms nicht laut gedacht.]*
- 31 **E:** **[mRef_AD_10]** Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?
- 32 **T:** [...] Es wäre genauso gewesen.
- 33 **E:** **[Note_Bio]** Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?
- 34 **T:** Eine Eins oder eine Zwei.
- 35 **E:** **[Note_Kunst]** Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?
- 36 **T:** Eine Eins.

Pablo – S10.2D

Transkript Teil A

- 1 **Erfassung fachlicher und zeichnerischer Vorerfahrung**
- 2 **E:** Ich werde dir jetzt ein paar thematische Fragen stellen. Dies soll kein Test sein. Wir wollen einfach nur herausfinden, wie viel du schon zum Thema weißt. **[Vor_AD_1]** Weißt du, wo im Körper die Schilddrüse liegt?
- 3 **T:** Ja. *[Der Schüler zeigt in den Bereich des Kehlkopfs.]*
- 4 **E:** **[Vor_AD_2]** Weißt du, welche Funktion die Schilddrüse hat?
- 5 **T:** Sie regelt verschiedene Sachen im Körper. Es ist jedenfalls eine Hormondrüse. Das haben wir gemacht, aber ich weiß es nicht mehr.
- 6 **E:** **[Vor_AD_3]** Wie stellt unser Körper sicher, dass es von einem Hormon nicht zu viel gibt?
- 7 **T:** Weiß ich nicht.
- 8 **E:** **[Vor_AD_4]** Weißt du, was man unter negativer Rückkopplung versteht?
- 9 **T:** Ich weiß, was es heißt, aber ich kann es nicht erklären. [...]
- 10 **E:** **[Vor_MZ_1]** Wie oft hast du bereits im Unterricht neben dem Mikroskopieren gezeichnet?
- 11 **T:** Vielleicht vier- oder fünfmal.
- 12 **E:** **[Vor_MZ_2]** Welche Objekte hast du dabei mikroskopisch gezeichnet?
- 13 **T:** Zwiebelzellen und andere pflanzliche Zellen.
- 14 **E:** **[Vor_MZ_3]** Hat dein Lehrer/deine Lehrerin euch gesagt, was es beim Zeichnen zu beachten gilt, also welche Regeln man dabei befolgen muss?
- 15 **T:** Nein.
- 16 **E:** **[Vor_MZ_4]** Welche Regeln oder Kriterien kennst du, die es beim mikroskopischen Zeichnen zu beachten gilt?
- 17 **T:** Es kommt immer darauf an, was es jetzt ist. Einfach am Mikroskop fokussieren und dann zeichnen, einfach loslegen.

18 **E:** [Ergänzende Frage] Wurden eure Zeichnungen eingesammelt und mit einer Note bewertet?

19 **T:** Nein.

20 **[Vor_MZ_5 entfällt]**

21 **E:** [Vor_MZ_6] Wie ist eine pflanzliche Zelle von außen nach innen aufgebaut?

22 **T:** Eine Zellwand, kein Zellkern, soweit ich weiß, Cytoplasma und Organellen.

23 **E:** [Vor_MZ_7] Wie unterscheiden sich tierische und pflanzliche Zellen?

24 **T:** Tierische Zellen haben keine Zellwand. Tierische Zellen haben einen Zellkern.

25 **E:** [Vor_MZ_8] Hast du schon einmal eine Spaltöffnung einer Pflanze unter dem Mikroskop betrachtet?

26 **T:** Nein.

27 **[Vor_MZ_9 entfällt]**

28 **Zeichnen-Test:** *Zeichnungen zu pflanzlichen und tierischen Zellen*

29 **T:** Das ist sehr ungegliedert [*in Bezug auf die Darstellung der drei pflanzlichen Zellen*].

30 **Warm-up zum lauten Denken:** *Standardisierte Einführung*

31 **T:** [...]

32 **Kontext 1: Mikroskopische Zeichnung:** *Standardisierte Einführung zum Umgang mit dem Mikroskop*

33 **E:** Zeichne die unter dem Mikroskop zu erkennende Spaltöffnung und die angrenzenden Zellen. Beschränke dich dabei auf den in Abbildung 2 umrandeten Ausschnitt. Gehe beim Zeichnen so vor, wie du es im Unterricht beim mikroskopischen Zeichnen gelernt hast.

34 **T:** [...] [*Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.*] Ok. [...] Das ist eine gute Frage, [...] ob die Zelle jetzt das kleine mit zwei Punkten ist oder [...] dieses kleine ovale. [...] Ich soll wieder laut mitdenken? [E: Ja.] Ok. Ich weiß nicht genau, was das hier darstellen soll, welcher Teil der Zelle das ist oder ob es überhaupt eine Zelle ist. [*Er zeichnet ein Schließzellenpaar.*] [...] Bunt soll ich nicht zeichnen, oder? [E: Nein, liegen ja auch keine bunten Stifte da.] Dumme Frage. [...] [*Der Schüler zeichnet die linke angrenzende Epidermiszelle ein.*] [unverständlich.] [...] [*Er zeichnet den Zellkern der Epidermiszelle.*] Wenn ich ehrlich sein muss, ich erkenne die Spaltöffnung nicht, [...] bzw. doch hier. [*Er schaut zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die linke angrenzende Epidermiszelle ein.*] [...] Die restlichen Zellen auch oder nur den Ausschnitt? [E: Das, was du im Bildausschnitt siehst.] Ok, gut. [...] [*Er zeichnet die obere und untere Epidermiszelle und blickt dabei mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her.*] Ok.

35 **Kontext 1: Beschriftung der mikroskopischen Zeichnung**

36 **E:** Vergleiche die nachfolgende beschriftete Fotografie mit deiner Zeichnung. Beschrifte anschließend die in deiner Zeichnung zu erkennenden Strukturen.

37 **T:** Ich sehe gerade, die haben also doch Zellkerne. [...] Ok.

38 **Kontext 1: Verständnisfragen**

39 **E:** [Ver_MZ_1] Beschreibe noch einmal die gezeichneten Strukturen.

40 **T:** Zwischen zwei Epidermiszellen liegen zwei Schließzellen und dazwischen ist eine Spalte. Die beiden Schließzellen und die Spalte sind zusammen eine Stoma oder Spaltöffnung. Zu sehen waren noch die Zellkerne der Zellen und mehr war da, glaube ich, nicht mehr zu sehen.

41 **E:** [Ver_MZ_2] Beschreibe, wie der Gasaustausch bei der Tulpe funktioniert.

42 **T:** Ja, der Gasaustausch findet auf jeden Fall in dieser Spalte zwischen den beiden Zellen statt, je nachdem, wie weit die Spalte geöffnet ist.

43 **Kontext 1: Selbsteinschätzung**

44 [Se_MZ_1-6]

45 **Kontext 1: Mündliche Reflexionsfragen**

46 E: [mRef_MZ_1] Wie bist du bei der Anfertigung der Zeichnung vorgegangen?

47 T: So, wie ich es normalerweise auch immer mache. Einfach loslegen und zeichnen, aber ab und zu wieder zurück durch das Mikroskop schauen, wenn ich vergessen habe, wie es ausgesehen hat.

48 E: [mRef_MZ_2] Was fiel dir beim Zeichnen schwer?

49 T: Beim Zeichnen an sich nichts, aber beim lauten Denken schon.

50 [mRef_MZ_3 entfällt]

51 E: [mRef_MZ_4] Was hätte dir deiner Meinung nach besser gelingen können?

52 T: Auf jeden Fall, dass ich die Strukturen genauer zeichne.

53 E: [mRef_MZ_5] Würdest du beim nächsten Mal etwas anders machen?

54 T: Nein.

55 E: [mRef_MZ_6] Wie hast du das laute Denken parallel zum Zeichnen empfunden?

56 T: Das fand ich schlimm. *lacht* Ich bin nicht daran gewöhnt, laut mitzudenken. [...] Abgehalten hat es mich nicht, ich fand es einfach nur komisch.

Transkript Teil B

1 **Kontext 2: Ablaufdiagramm**

2 E: Den nächsten Text kannst du gerne erst einmal leise lesen. Bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung denke bitte wieder laut. Stelle die Hormonregulation der Schilddrüse in Form eines Schaubilds dar. Berücksichtige alle im Text beschriebenen Zusammenhänge. Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.

3 T: [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Darf ich den behalten, während ich zeichne? [E: Ja, klar.] Gut. [...] Das ist kompliziert beides darzustellen. [E: Tatsächlich, in die Aufgabenstellung hat sich ein Fehler eingeschlichen.] [Der Versuchsleiter ersetzt "den Kohlenstoffkreislauf" gegen "das Schaubild".] [...] Ok, wir haben den Hypothalamus. [...] TRH. [unverständlich.] [...] Es bindet an die Rezeptoren [...] der Hypophysenzelle. [...] Die Hypophyse produziert dann [...] TSH. [...] [unverständlich.] [...] Thyroxin wird freigesetzt. [...] Ok. [...] Genau. [...] Fertig.

4 E: Hattest du die hormonelle Regulation schon einmal im Unterricht?

5 T: Ja, wir hatten das am Beispiel von Testosteron und nicht bei der Schilddrüse gemacht. Deswegen meinte ich vorhin auch, dass ich das mit der negativen Rückkopplung schon hatte, konnte es allerdings nicht erklären. [...]

6 **Kontext 2: Verständnisfragen**

7 E: [Ver_AD_1] Nenne die Funktionen des von der Schilddrüse ausgeschütteten Thyroxins.

8 T: Es regelt Wachstumsprozesse bei Heranwachsenden, den Energiestoffwechsel und die Aufnahme von Sauerstoff im Körper.

9 E: [Ver_AD_2] Beschreibe die hormonelle Regulation der Schilddrüse ausgehend von einem Reiz des Gehirns, wie z. B. Kälte oder Stress.

10 T: Das Gehirn steuert den Hypothalamus. Dort wird das TR [gemeint ist TRH] produziert, das die Hypophyse stimuliert, die dann das andere Hormon [gemeint ist TSH] produziert. Das Hormon bindet an Rezeptoren in der Schilddrüse, die dann dementsprechend Thyroxin produziert. Thyroxin wird irgendwann gehemmt, wenn es zu viel im Körper vorhanden ist, weil das Thyroxin an Rezeptoren im Hypothalamus und in der Hypophyse bindet. Das macht irgendwie kein Sinn, was ich gerade gesagt habe.

11 E: [Ver_AD_3] Erkläre in eigenen Worten, was man unter negativer Rückkopplung versteht.

- 12 T: Es gibt sozusagen ein Soll- und ein Ist-Wert und wenn der Sollwert überschritten wird [...]. Die Produktion von verschiedenen Stoffen oder Wärme wird so umgestellt, dass es dann dem Soll-Wert wieder entspricht.
- 13 **Kontext 2: Selbsteinschätzung**
- 14 **[Se_AD_1-5]**
- 15 **Kontext 2: Mündliche Reflexionsfragen**
- 16 E: **[mRef_AD_1] Wie bist du beim Lesen des Texts vorgegangen?**
- 17 T: Ich habe es mir einfach durchgelesen und dabei wichtige Schlüsselwörter entweder unterstrichen oder irgendwie markiert und das war es eigentlich.
- 18 E: **[mRef_AD_2] Wie bist du bei der Anfertigung des Schaubilds auf Grundlage des Texts vorgegangen?**
- 19 T: Da habe ich einfach nach den Schlüsselwörtern, die ich unterstrichen hatte, gesucht und bin im Zusammenhang vom Text geblieben.
- 20 E: **[mRef_AD_3] Hast du die Anfertigung des Schaubilds, zusätzlich zum Lesen des Texts, als hilfreich empfunden oder hätte es auch gereicht, einfach nur den Text zu lesen?**
- 21 T: Es hat schon geholfen, es zu verstehen oder wieder reinzukommen.
- 22 E: **[mRef_AD_4] Fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds etwas schwer?**
- 23 T: Nein.
- 24 E: **[mRef_AD_5 entfällt]**
- 25 E: **[mRef_AD_6] Hätte dir deiner Meinung nach etwas besser gelingen können?**
- 26 T: Vielleicht diese Verbindung zur Rückkopplung, dass quasi die Ausschüttung des Thyroxins auch dazu führt, dass es gleichzeitig gehemmt wird. Quasi dieser Pfeil nach oben.
- 27 E: **[mRef_AD_7] Was würdest du beim nächsten Mal anders machen?**
- 28 T: Vielleicht irgendwie die Begriffe vorne nach Zahlen sortieren, dass man eine Reihenfolge hat, also durchnummerieren.
- 29 E: **[mRef_AD_8a] Das, was du gezeichnet hast, bezeichnet man häufig als Ablaufdiagramm – Pfeile, die Begriffe miteinander verbinden und damit einen Prozess verdeutlichen. Wie häufig hast du bereits solche Darstellungsformen im Unterricht selbst gezeichnet?**
- 30 T: Ein paarmal. Was wir machen, sind meistens Mindmaps.
- 31 E: **[mRef_AD_8b] Bei welchem Thema war das denn? Was hast du dargestellt?**
- 32 T: Dieses Prinzip hier kann man schlecht mit einer Mindmap darstellen, finde ich. Eine Darstellungsweise wie diese bisher nur bei der negativen Rückkopplung im Zusammenhang mit der hormonellen Regulation des Testosterons. In anderen Fächern, wie zum Beispiel Erdkunde, haben wir es schon häufiger gemacht.
- 33 E: **[mRef_AD_9] Du hast vorhin schon gesagt, dass dich das laute Denken gestört hat. Hier wäre es wahrscheinlich wieder genauso gewesen?**
- 34 T: Dasselbe wie vorher. Merkwürdig, aber es hat mich nicht unbedingt gestört beim Zeichnen.
- 35 E: **[mRef_AD_10] Hättest du anders gezeichnet, wenn in der Aufgabenstellung nicht gestanden hätte „Fertige dein Schaubild so an, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann, ohne dass sie den Text gelesen hat.“?**
- 36 T: Nein, eigentlich nicht.
- 37 E: **[Note_Bio] Welche Note hattest du zuletzt in Biologie?**
- 38 T: Eine Zwei.
- 39 E: **[Note_Kunst] Welche Note hattest du zuletzt in Kunst?**
- 40 T: Eine Drei.

- 41 **E:** **[Ergänzende Frage]** Gibt es noch etwas, das du ergänzen möchtest?
- 42 **T:** Nein.

Anhang 7: Schülerprofile

Nachfolgend sind die einzelnen Schülerprofile nach Kontext geordnet dargestellt, wobei sich die Anhänge 7.1 bis 7.4 auf die Auswertung der Ablaufdiagramme beziehen und die Anhänge 7.5 bis 7.8 auf die Auswertung der mikroskopischen Zeichnungen. Ausschnitte aus den Transkripten (Anhang 6) werden durch ein direktes Zitat kenntlich gemacht.

Zur schnelleren Informationsentnahme sind die in Sätzen eingebundenen Zahlen eins bis zwölf, abweichend vom Hauptteil dieser Arbeit, teilweise nicht ausgeschrieben. Die einzelnen Abschnitte sind mit den Kürzeln der in der Studie gestellten Fragen referenziert und können dadurch mit dem Manual (Anhang 4) in Verbindung gebracht werden. Die angegebenen Mittelwerte und die Standardabweichungen sind für den jeweiligen Kontext spezifisch. Eine Ausnahme davon stellen die Ergebnisse zum Zeichnen-Test dar. Hier wurden Mittelwert und Standardabweichung für alle Schülerinnen und Schüler der siebten, achten oder zehnten Klasse berechnet, d. h. innerhalb der Zehntklässler erfolgte keine Differenzierung in 10.1 und 10.2, da das Erfordernis, zwischen Kontexten zu unterscheiden, beim Zeichnen-Test entfiel. Außerdem kann die Position der Zeichnungen auf Grund der Größe dieser innerhalb der Schülerprofile variieren.

Anhang 7.1: Ablaufdiagramme, Kontext 7

Laura – S7A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

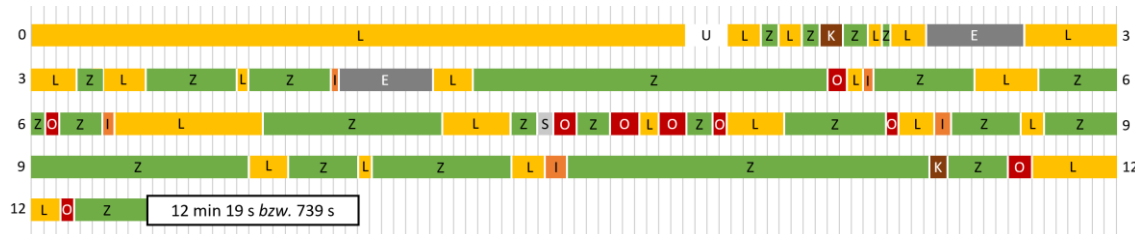
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	38	885	90

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

3 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.2$, $SD = 1.1$

Die Fragen zur Vorerfahrung mit Ablaufdiagrammen sind entfallen, da die Zeichnung kein Ablaufdiagramm darstellte.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	█ = S	3	11.2	12.6	1	2.2	2.1
Austausch_V _{AD}	█ = E	32	18.8	12.4	2	2.7	1.6
Explizite_Relation _{AD}	█ = X	0	10.0	15.3	0	3.2	5.5
Liest_gesamt _{AD}	█ = L	270	582.2	544.7	21	21.0	11.3
Liest_vorab _{AD}	-	108	238.7	94.3	1	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	162	343.5	480.0	20	19.5	11.4
Monolog _{AD}	█ = O	29	44.7	43.9	9	11.2	11.7
Off-task-Aktivität _{AD}	█ = K	7	3.2	2.9	2	0.8	0.7
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	█ = P	0	10.7	18.0	0	1.2	1.9
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	█ = I	11	47.5	36.2	5	10.3	6.8
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	█ = U	7	4.8	8.1	1	0.7	1.1
Verwirft_Struktur _{AD}	█ = W	0	7.2	9.5	0	1.2	1.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	█ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	█ = Z	380	231.8	84.5	23	19.3	10.4
Zeichnet_gesamt _{AD}	█ = X, P, V, Z	380	252.5	91.9	23	23.7	17.2
Alle_Tätigkeiten _{AD}	█ = alle	739	972.0	611.4	64	73.7	48.4

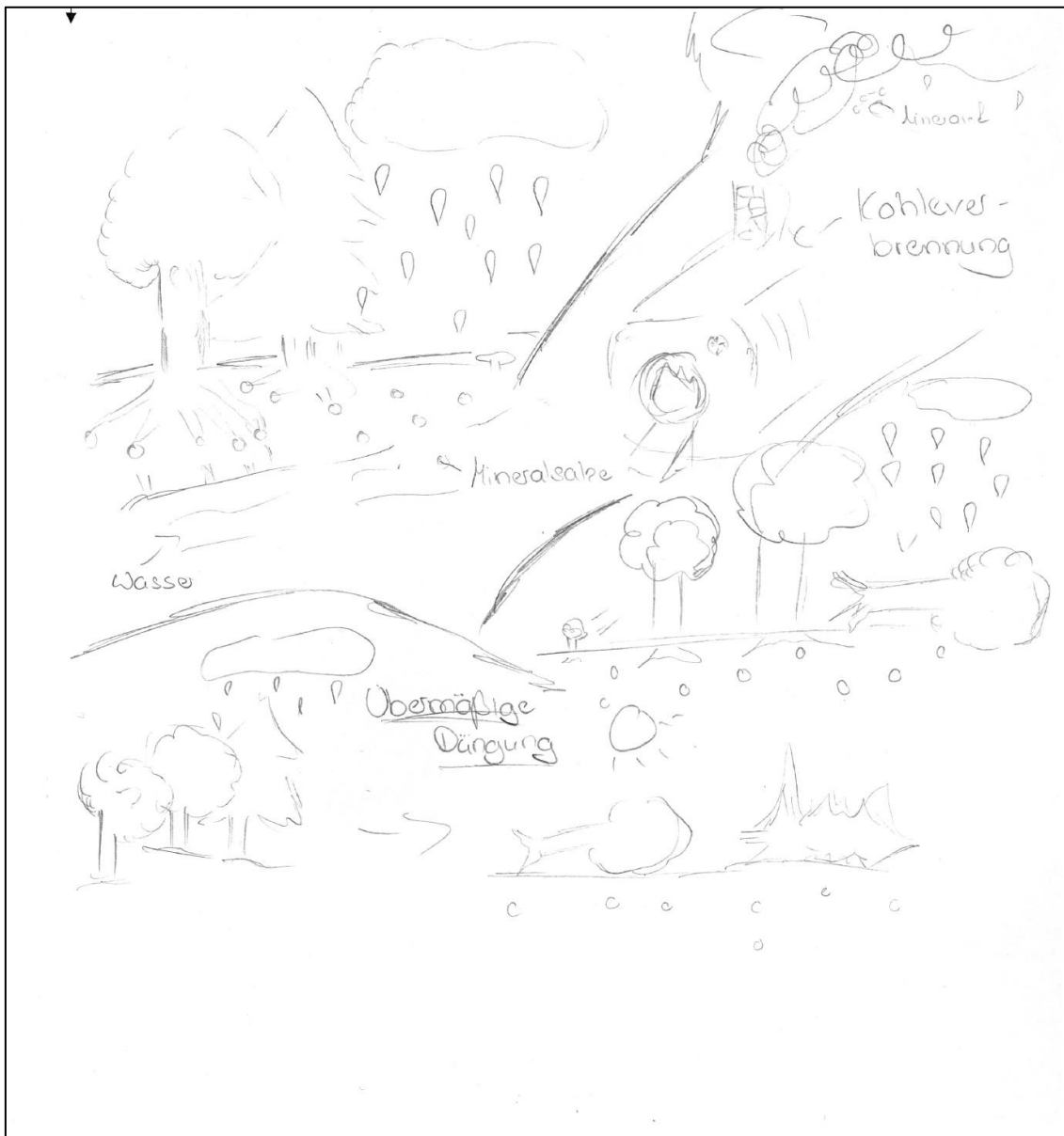
* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ich habe eine Frage. Soll ich auch laut denken, wenn ich mir den Text noch einmal durchlese? [E: Das würde dich nur stören, wenn du eine Passage nachliest und dabei laut denkst.] Ok. [] Oh. [E: Du hast auch einen Radiergummi da, wenn du etwas falsch gemacht hast.] Ich habe jetzt nichts falsch gemacht, aber ich muss die Aufgabe drei ja auch in das selbe Schaubild mit reinbringen [gemeint ist, die Darstellung so zu wählen, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann]. [] [unverständlich.] [] Ich habe keine Ahnung, wie die aufgebaut sind [sie zeichnet einen Ofen, in dem ein Feuer brennt] auf jeden Fall Kohleverbrennung [] und eine Wolke. [] Das heißt Kohleverbrennung und der Regen ist [unverständlich.] [] Regen [] dann brauchen wir noch Nadelbäume [] und ein Nadelbaum ok. [] So und was habe ich

dann noch nicht? [beschriftet die bisherige Zeichnung mit Wasser, Mineralsalz und Mineralien] [] [unverständl.] [] Das sind Mineralsalze. [] [E: Versuche bitte, etwas lauter zu sprechen.] Das sind Mineralsalze, diese Kügelchen [zeichnet kleine Kreise an die Wurzelspitzen der Bäume und im Boden], die nehmen die Bäume durch die Wurzeln auf. [] Und die [Mineralsalze] sind halt durch das hier, durch die Verbrennung, oder? [] Kommen die in die Luft. [] Naja, ob die dann schon Mineralsalze sind, ist eine andere Frage. [] Dann machen wir es einfach mal als Beispiel, irgendwie so. Hier unten läuft Grundwasser rum, [] auch wenn es nicht gerade aussieht, als wäre es unter dem Grund. [] Das nehmen die Bäume dann nicht mehr auf, [] das hätte ich vielleicht bei gesunden Bäumen machen sollen. [] Dann mache ich das hier unten nochmal hin, [] weil ich hier oben so wenig Platz habe. [] Hier so eine Wolke mit dem vergifteten Regen sage ich jetzt [] [unverständl.]. Und hier ein kleiner Baum, der eigentlich gar nicht so aussieht wie ein kleiner Baum, aber egal. [] Viel viel schneller [] und die Wurzeln breiten sich dann nicht so groß aus [gemeint ist der Verlust der Stabilität bei übermäßiger Stickstoffdüngung und in Folge von zu schnellem Wachstum], so, was weiß ich. Und am Ende fällt [der Baum um]. [] [unverständl.] Hier sind auch wieder Mineralsalze [zeichnet rechts unten im Schaubild kleine Kreise ein]. [] Egal. [] Ich weiß nicht, ob man es versteht. Dann ist das hier übermäßige Düngung [fügt die Beschriftung ein]. [] [Die Schülerin zeichnet innerhalb der Abbildung Trennlinien zwischen den Teilzeichnungen ein.] [] [Sie blickt über das gesamte Schaubild.] Sieht witzig aus. [] Jetzt muss ich nur noch eine Sache malen, [] ein Mischwald [unverständl.], [] wo es erst einmal regnet [] und alles ganz normal ist und dann danach [], wo kein Regen mehr ist und die Sonne scheint. [] Nein, das sieht nicht aus wie ein Nadelbaum. [] Oh jetzt habe ich die Kohleverbrennung nicht drin [unverständl.]. [] Naja, ob man es versteht, ist eine andere Sache und ob es nur ein Schaubild ist, ist auch eine andere Sache. [] Auf jeden Fall hängt es irgendwie alles zusammen. So ich bin fertig.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-4], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
60.0% (9/15 Elemente), $M = 50.0$, $SD = 25.2$	41.7% (10/24 Gesamtpunkte), $M = 39.6$, $SD = 11.5$
36.8% (7/19 Relationen), $M = 36.0$, $SD = 27.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 7 der 9 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>keine</u> weitere der 6 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.3 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.0$, $SD = 0.4$	
0.8 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„[...] Ich habe gelesen und dann habe ich mir die Unterabschnitte zwar nicht markiert, aber ein bisschen im Kopf gemerkt. Dann habe ich mir gemerkt, was in die Luft geht und dann mit den Waldschäden, vom Waldboden her und dass es schneller düngt. Ich habe den Text in zwei Teilen gelesen.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich bin vorgegangen, wie ich es mir am Anfang vorgestellt habe. Ich bin auch ein bisschen nach der Reihenfolge des Texts vorgegangen am Anfang. [...] Die Schadstoffe in der Luft wusste ich nicht genau, wie ich die zeichnen sollte. Da habe ich jetzt einfach Rauch gemalt und da kommen auch einfach Mineralsalze mit, weil die sind ja nachher für den Boden sehr wichtig, weil sie sehr oft erwähnt wurden und habe dann den Waldboden gemalt und mit den Bäumen das.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich weiß nicht, ob es für mich hilfreich war. [...] Ich finde, wenn man es malt, bleibt es einem länger im Kopf, aber, wenn ich vorher nicht korrigiert werde und es mir falsch merke, dann glaube ich, wäre es nicht gut für mich. Es wäre für mich nicht hilfreich, wenn es falsch gezeichnet ist, was es wahrscheinlich auch ist.“
Schwergefallen	„Den Schadstoff in der Luft darzustellen. Ich kann jetzt nicht ganz viele Moleküle dort hinmalen.“
Besonders schwergefallen	„Manche Sachen darzustellen. Wenn ich die Moleküle kennen würde, würde ich es halt damit darstellen, so wie man es halt eher macht. Und das konnte ich halt nicht, weil ich aus dem Kopf nicht genau weiß, wie die aussehen.“
Hätte besser gelingen können	„Alles *lacht*. Von den Fragen jetzt bin ich etwas überrascht, wie viel ich vergesse über die Zeit, wenn ich es nicht wiederhole. Das war ziemlich alles in der fünften Klasse. Ok, irgendwie kann ich mich verstehen, dass ich es vergesse, weil wir haben jetzt ganz viel anderen Unterrichtsstoff jetzt noch, aber wenn ich überlege, ich hatte in den ganzen Arbeiten in Bio immer eine Eins und jetzt weiß ich halt nichts mehr. Das hat mich etwas erschrocken. Das Schaubild hat für mich nicht wie ein Schaubild gewirkt, sondern eher wie eine Kinderkritzelei. Das hätte ich auf jeden Fall besser machen können.“
Beim nächsten Mal anders	„Wenn ich am Anfang wüsste, worum es geht, würde ich mich dafür schlau machen, ein Stück lernen und sonst weiß ich nicht, ob ich es ändern würde. [...] Den Text markieren hat mir auch noch nie geholfen, weil ich fange immer wieder an, den Text zu lesen, egal was markiert ist. Ich hätte mit dem Bleistift vielleicht die Abschnitte markieren sollen, jetzt ohne Farben.“
Empfinden des lauten Denkens	„Das fand ich schwer. Ich habe auch ziemlich wenig gesagt, glaube ich. Aber ich denke halt auch ziemlich wenig, weil wenn ich denke, keine Ahnung. Ich sag mir halt nicht im Kopf, das ist jetzt ein gelbes Haus und so. [...] Ich habe ein Bild im Kopf, aber gedanklich, dass ich jetzt mit mir selbst reden würde, würde ich niemals sagen, da ist ein gelbes Haus, auch in meinen Selbstgesprächen, mache ich tatsächlich gar nicht oft und eigentlich nie beim Zeichnen oder so.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Wenn ich etwas für mich selbst darstellen soll, dann kapiert es, glaube ich, niemand. Bei mir sieht es aus wie eine Kritzelei und für mich ist es Ordnung pur und ich verstehe alles. So sehen auch meine Notizen aus und da hatte ich schon oft das Problem, dass Lehrer zu mir kommen und fragen, was notierst du da und dann musste ich das erst erklären. Aber ich glaube, das ist auch nicht so ganz verständlich, weil jetzt halt nicht Schritte eins, zwei, drei und <i>blablabla</i> und das ist das, sondern einfach nur Striche [...]. Ich glaube, ich hätte ganz viel aneinander gemalt und irgendwie noch ganz viele Details, auch wenn ich nicht wüsste, dass sie richtig sind.“
Abschließende Anmerkung	„Ich muss sagen, das Ganze habt ihr besser rübergebracht als im Unterricht. Auch wenn es jetzt wahrscheinlich mehr war, als der Unterricht mit einer dreiviertel Stunde. Aber auch mit dem Zeichnen, dass man sich halt mehr mit einem Thema befasst. [...] Wir bleiben nie lange bei einer Sache, das war jetzt hier nicht, das fand ich gut.“

Isabelle – S7B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	1	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

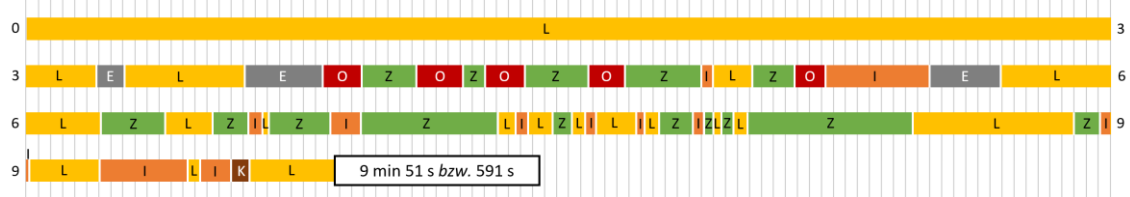
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	38	688	59

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

0 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.2$, $SD = 1.1$

„Ablaufdiagramme, hm, also Flussdiagramme ja. Das haben wir mal in Erdkunde gemacht. [...] In Erdkunde letztes Jahr haben wir es ganz oft gemacht. In Bio eher weniger. [...] Ich weiß nicht, ob man das auch so nennen kann, aber wir hatten die Entstehung von Lebewesen mit Pfeilen gemacht.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



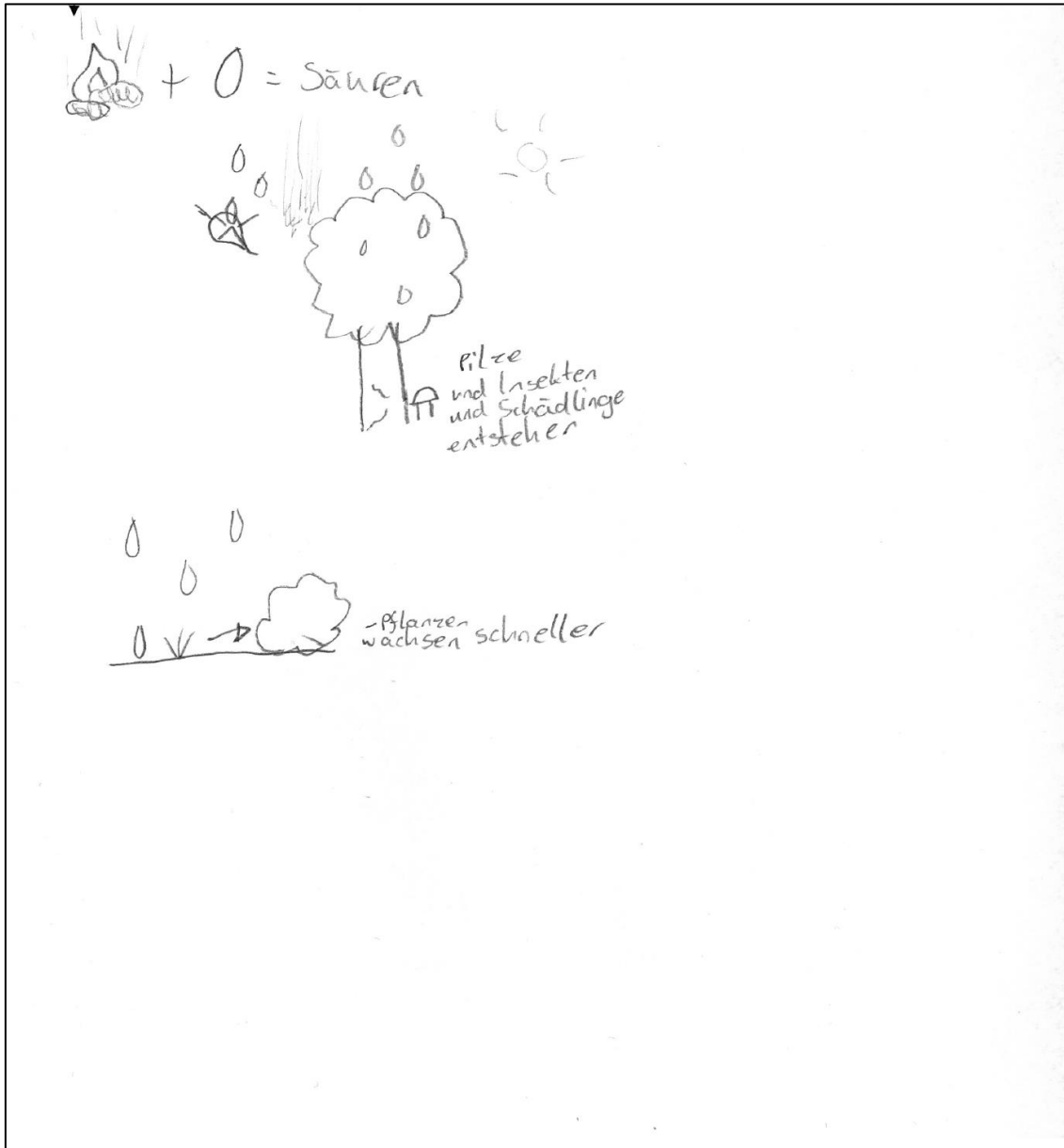
Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	■ = S	0	11.2	12.6	0	2.2	2.1
Austausch_V _{AD}	■ = E	30	18.8	12.4	3	2.7	1.6
Explizite_Relation _{AD}	■ = X	0	10.0	15.3	0	3.2	5.5
Liest_gesamt _{AD}	■ = L	336	582.2	544.7	17	21.0	11.3
Liest_vorab _{AD}	-	211	238.7	94.3	2	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	125	343.5	480.0	15	19.5	11.4
Monolog _{AD}	■ = O	32	44.7	43.9	5	11.2	11.7
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	3	3.2	2.9	1	0.8	0.7
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	0	10.7	18.0	0	1.2	1.9
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	54	47.5	36.2	11	10.3	6.8
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	0	4.8	8.1	0	0.7	1.1
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	0	7.2	9.5	0	1.2	1.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	136	231.8	84.5	15	19.3	10.4
Zeichnet_gesamt _{AD}	■ = X, P, V, Z	136	252.5	91.9	15	23.7	17.2
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	591	972.0	611.4	52	73.7	48.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ok, ich wäre jetzt fertig mit dem Lesen. [] Ok, also soll ich da jetzt etwas aufmalen? [E: Ja.] Kann ich dafür auch nochmal im Text nachlesen? [E: Ja.] Und ich soll jetzt auch wieder laut denken? [E: Ja.] Ja ok. Als erstes wird ja die Kohle verbrannt [] und dadurch entstehen Luftschadstoffe, das sind so Gase [] und wenn die mit Wasser in Berührung kommen, [] bilden sich Säuren und die kommen in Form von saurem Regen. Der saure Regen [] schädigt die Blätter [] und dadurch verdunsten dann die Nadeln, also von den Nadelbäumen. [] Ich kann nicht erklären irgendwie. [] Ja ich kann das nicht erklären. [E: Du kannst auch einfach still vor dich hinzeichnen, wenn dich das laute Denken davon ablenkt.] Ja ok. [Die Schülerin zeichnet einen Baum, Regentropfen und einen Pilz unter dem Baum und Sie nimmt dann die Beschriftung vor.] [] Ok, ich bin fertig.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-4], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
46.7% (7/15 Elemente), $M = 50.0$, $SD = 25.2$	37.5% (9/24 Gesamtpunkte), $M = 39.6$, $SD = 11.5$
26.3% (5/19 Relationen), $M = 36.0$, $SD = 27.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 4 der 7 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>eine</u> weitere der 8 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.2 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.0$, $SD = 0.4$	
0.9 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe es gelesen und mir versucht, die Sachen, die da standen, zu merken und zu verstehen. Meistens lese ich dann noch ein zweites Mal drüber, damit ich nochmal schauen kann, ob ich wirklich alles aus dem Text entnommen und verstanden habe.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe versucht, aufzuschreiben und aufzumalen, was ich noch wusste. Wenn ich mir nicht mehr so sicher war, habe ich nochmal im Text nachgelesen an der Stelle, wo ich es gebraucht habe.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich habe es durch das Schaubild, als ich es gemacht habe, habe ich es vor mir gesehen und habe es dann auch bisschen mehr verstanden, worum es dabei eigentlich geht.“
Schwergefallen	„Es fiel mir schwer, die Informationen herauszusuchen.“
Besonders schwergefallen	„Ich fand eigentlich alles gleich.“
Hätte besser gelingen können	„Ja natürlich. Ich habe von dem Thema vorher noch nichts gehört und hätte ich das schon ein bisschen gekannt, dann wäre mir das natürlich besser gelungen. Aber jetzt so, dafür, dass ich es das erste Mal gemacht habe, ist es denke ich ganz in Ordnung.“
Beim nächsten Mal anders	„Das weiß ich jetzt noch nicht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Bei dem Schulweg fand ich es gut, bei dem Schaubild hat es abgelenkt.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich glaube vielleicht, ja. Ich bin jetzt nicht so der Erklärtyp. Ich weiß nicht. Ich denke ich hätte es anders gemacht.“

Nathalie – S7C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

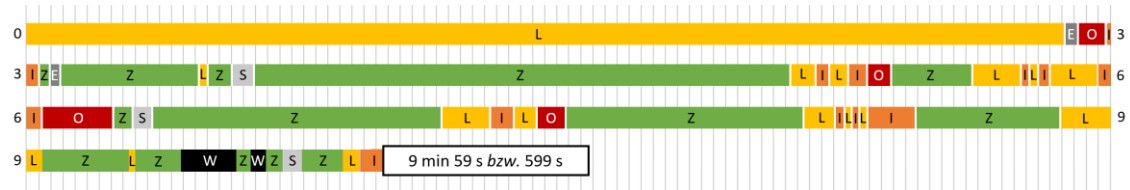
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
14	71	815	82

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

0 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.2$, $SD = 1.1$

Die Fragen zur Vorerfahrung mit Ablaufdiagrammen sind entfallen, da die Zeichnung kein Ablaufdiagramm darstellte.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	■ = S	10	11.2	12.6	3	2.2	2.1
Austausch_V _{AD}	■ = E	4	18.8	12.4	2	2.7	1.6
Explizite_Relation _{AD}	■ = X	0	10.0	15.3	0	3.2	5.5
Liest_gesamt _{AD}	■ = L	235	582.2	544.7	15	21.0	11.3
Liest_vorab _{AD}	-	172	238.7	94.3	1	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	63	343.5	480.0	14	19.5	11.4
Monolog _{AD}	■ = O	25	44.7	43.9	4	11.2	11.7
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	3.2	2.9	0	0.8	0.7
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	0	10.7	18.0	0	1.2	1.9
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	32	47.5	36.2	11	10.3	6.8
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	0	4.8	8.1	0	0.7	1.1
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	12	7.2	9.5	2	1.2	1.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	281	231.8	84.5	14	19.3	10.4
Zeichnet_gesamt _{AD}	■ = X, P, V, Z	281	252.5	91.9	14	23.7	17.2
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	599	972.0	611.4	51	73.7	48.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Zuerst male ich ein paar Nadelbäume. [] Muss das schön aussehen, nein oder? [E: Das ist deine Sache.] [] [E: Schiebe das Blatt gerade noch ein Stück hoch bitte, dass es im Kamerabereich liegt.] [] Ich male jetzt noch einen normalen Baum daneben. [] Ich mal daneben ein kleines Feuer und mache ein Papier daneben und so Gase, die dann hoch entweichen. [] [E: Sprich einfach selbst vor dich hin.] [] Ich male bei dieser Flamme eine Wolke [] und so kleine Regentropfen. [] [Die Schülerin zeichnet eine weitere Wolke und Regentropfen über dem Nadelbaum ein.] [E: Falls der Bleistift stumpf ist, kannst du ihn auch anspitzen.] [Sie nimmt die Beschriftung "Säure" und "saurer Regen" vor.] Ja, ich denke, ich bin fertig.“

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-4], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

26.7% (4/15 Elemente), $M = 50.0$, $SD = 25.2$

37.5% (9/24 Gesamtpunkte), $M = 39.6$, $SD = 11.5$

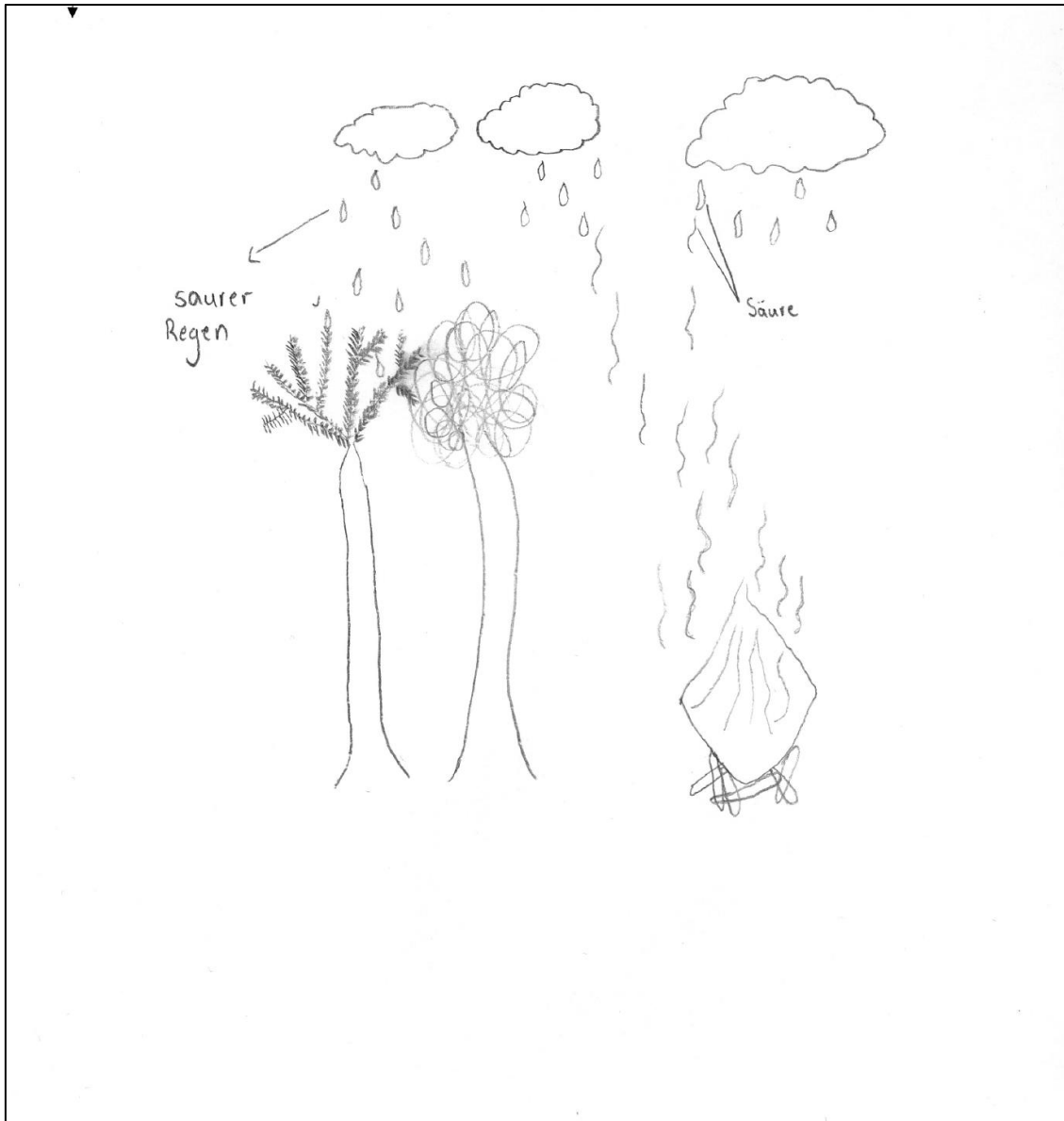
15.8% (3/19 Relationen), $M = 36.0$, $SD = 27.2$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 4 der 4 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus keine weitere der 11 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

0.7 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 1.0$, $SD = 0.4$

0.9 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 0.7$, $SD = 0.2$

Arbeitsblatt



Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.

Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.

Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.

Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.

Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.

Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.

Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.

Stimme eher zu

Stimme eher zu

Stimme eher nicht zu

Stimme eher zu

Stimme eher zu

Stimme gar nicht zu

Stimme gar nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„[...] Ich habe erstmal den ersten Abschnitt kurz angeschaut und dann einfach von oben nach unten den Text gelesen.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Es ging um Bäume, deswegen habe ich erstmal Bäume gemalt und dann wegen dem Gas habe ich an Feuer gedacht. Wegen dem Wasser [unverständl.] habe ich an Wolken und Regen gedacht. Wenn es regnet, mischt sich das Gas und danach fällt es halt runter.“
Mehrwert des Schaubilds	„Mit dem Schaubild ist es besser gewesen.“
Schwergefallen	„Nein, nicht wirklich.“
Hätte besser gelingen können	„Den Text etwas besser lesen.“
Beim nächsten Mal anders	„Mir mit dem Textmarker ein paar Textstellen markieren.“
Empfinden des lauten Denkens	„Unnötig. [E: Warum, war es störend?] Nein.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein, ich denke genau so.“
Abschließend ergänzt	<i>Keine Anmerkung</i>

Jonas – S7D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Überdurchschnittlicher Zeichner	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

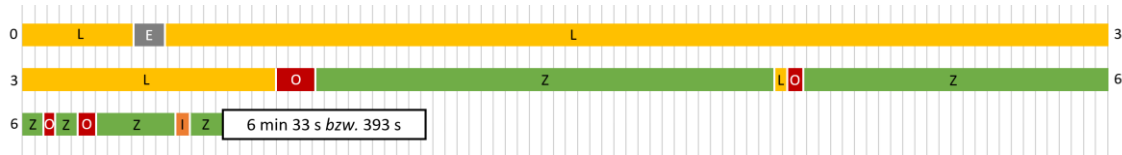
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	30	725	66

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

2 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.2$, $SD = 1.1$

„Einmal. [...] Den Wasserkreislauf.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	█ = S	0	11.2	12.6	0	2.2	2.1
Austausch_V _{AD}	█ = E	5	18.8	12.4	1	2.7	1.6
Explizite_Relation _{AD}	█ = X	0	10.0	15.3	0	3.2	5.5
Liest_gesamt _{AD}	█ = L	219	582.2	544.7	3	21.0	11.3
Liest_vorab _{AD}	-	217	238.7	94.3	2	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	2	343.5	480.0	1	19.5	11.4
Monolog _{AD}	█ = O	14	44.7	43.9	4	11.2	11.7
Off-task-Aktivität _{AD}	█ = K	0	3.2	2.9	0	0.8	0.7
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	█ = P	0	10.7	18.0	0	1.2	1.9
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	█ = I	2	47.5	36.2	1	10.3	6.8
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	█ = U	0	4.8	8.1	0	0.7	1.1
Verwirft_Struktur _{AD}	█ = W	0	7.2	9.5	0	1.2	1.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	█ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	█ = Z	153	231.8	84.5	5	19.3	10.4
Zeichnet_gesamt _{AD}	█ = X, P, V, Z	153	252.5	91.9	5	23.7	17.2
Alle_Tätigkeiten _{AD}	█ = alle	393	972.0	611.4	14	73.7	48.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Protokoll des lauten Denkens

„[...] Was ist 'vgl.'? [E: Vergleiche.] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Die Bäume. Erstmal den Boden, dann auch Bäume. [] [unverständlich.] Die Blätter kann ich so zeichnen, wie sie sind. So zeichnen, dass man auch erkennt, dass es Bäume sind. [] Und hier noch so ein Baum. [Der Schüler zeichnet die Umriss einer Fabrikanlage.] Eine etwas kleinere Fabrik und Rauch. [] Hier steigt Rauch hoch zu den Bäumen. Und wenn dann mal zu viel Sonne scheint, hier ist zum Beispiel ein See, verdunstet das Wasser [zeichnet die Verdunstung über der Wasseroberfläche und über den Bäumen ein] geht noch zu den Bäumen dazu und wenn es dann regnet, kommt der Schaden von den Regentropfen und von der Fabrik hauptsächlich [] hier auf die Bäume. Das schadet den Bäumen und dadurch können die schneller verrotten und kleinere Bäume oder generell Pflanzen wachsen nicht so schnell, das dauert dann länger. [] Sonst gibt es eigentlich nicht mehr dazu zu sagen.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-4], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
26.7% (4/15 Elemente), $M = 50.0$, $SD = 25.2$	25.0% (6/24 Gesamtpunkte), $M = 39.6$, $SD = 11.5$
15.8% (3/19 Relationen), $M = 36.0$, $SD = 27.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 4 der 4 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Der Schüler nannte darüber hinaus <u>eine</u> weitere der 11 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.1 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.0$, $SD = 0.4$	
0.9 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe ganz normal von oben nach unten gelesen. Wenn ich irgendetwas im Satz nicht verstanden habe, dann habe ich den Satz nochmal von Anfang an gelesen, um nochmal zu verstehen, was das Wort bedeutet.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe mir alles gemerkt, was im Text gestanden hat und wie ich es mir vorgestellt habe, wie es dann passiert mit den Wolken und dem Verdunsten.“
Mehrwert des Schaubilds	„Das Bild hat einem noch zum Verständnis verholfen.“
Schwergefallen	„Nein.“
Hätte besser gelingen können	„Die Bäume hätte ich vielleicht etwas besser zeichnen können und vielleicht die Chemikalien markieren können.“
Anzahl an Zeichenanlässen	„Einmal. [...] Den Wasserkreislauf.“
Empfinden des lauten Denkens	„Genauso wie bei der mikroskopischen Zeichnung.“ [→ „Nicht so schlimm. [...] Ich habe einfach das gesagt, was ich gedacht habe und manche finden das peinlich zu sagen, was sie denken, aber mir hat das nichts ausgemacht.“]
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Dann hätte ich wahrscheinlich kaum etwas zeichnen können außer Boden, Bäumen und einer Fabrik, weil ich das mit dem sauren Regen hatte ich davor noch nicht.“

Florian – S7E

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Durchschnittlicher Zeichner	1.5 (vgl. 5.8)	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

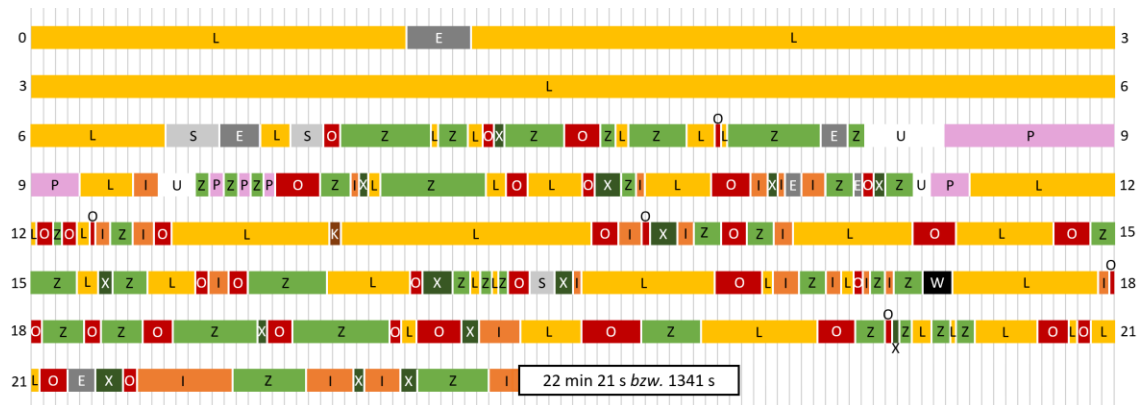
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
2	2	362	6

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

1 relevante kontextbezogene Information wurde benannt, $M = 1.2$, $SD = 1.1$

„Wir haben sowas schon ein paar Mal gemacht, aber dann haben wir eher auch mal eine Mindmap gemacht und dann haben wir die in der Reihenfolge mit Nummern beschriftet, aber wir haben es auch schon in Tabellen gemacht.“

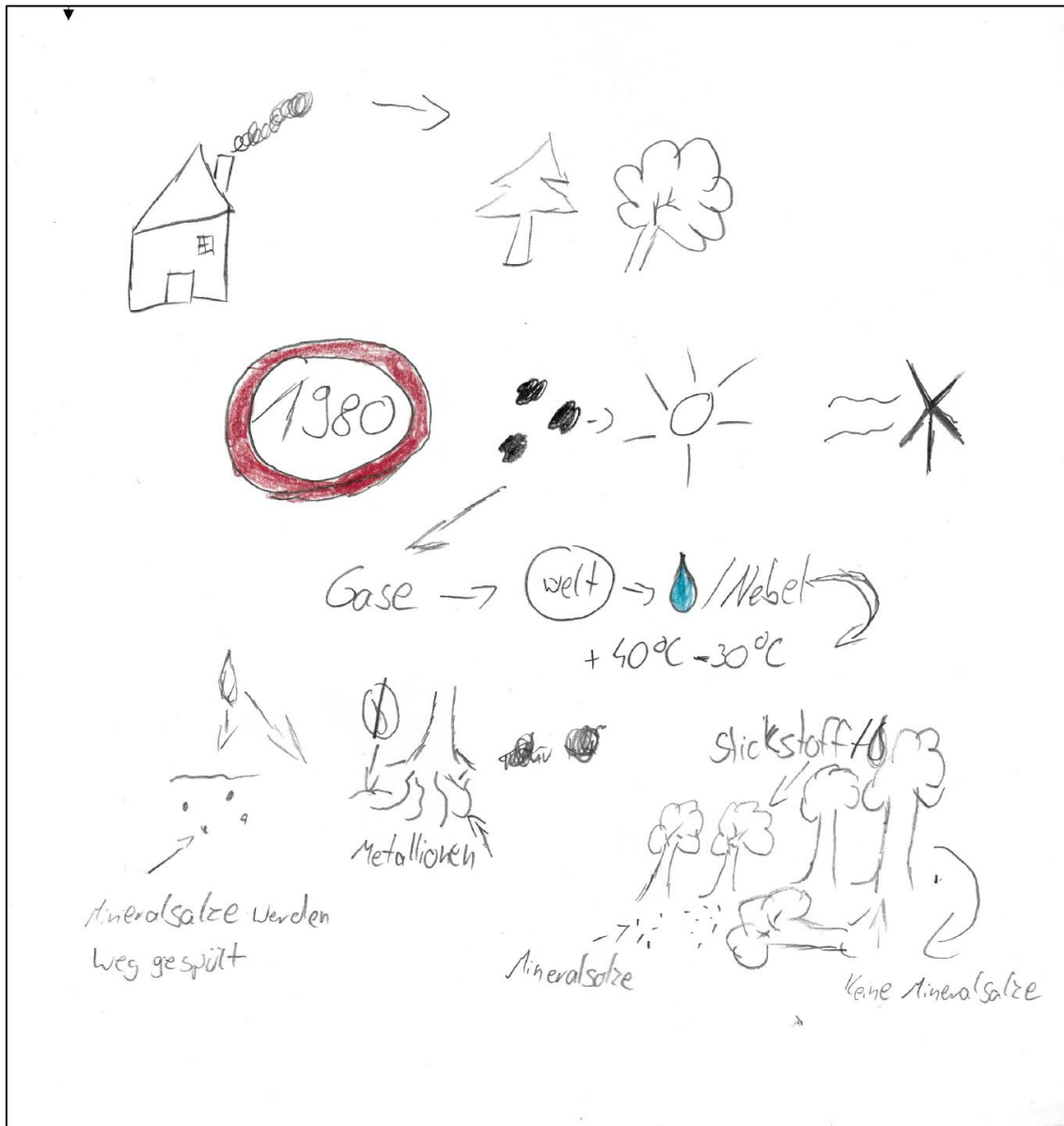
Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	■ = S	19	11.2	12.6	3	2.2	2.1
Austausch_V _{AD}	■ = E	31	18.8	12.4	6	2.7	1.6
Explizite_Relation _{AD}	■ = X	40	10.0	15.3	15	3.2	5.5
Liest_gesamt _{AD}	■ = L	685	582.2	544.7	36	21.0	11.3
Liest_vorab _{AD}	-	371	238.7	94.3	2	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	314	343.5	480.0	34	19.5	11.4
Monolog _{AD}	■ = O	142	44.7	43.9	37	11.2	11.7
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	2	3.2	2.9	1	0.8	0.7
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	49	10.7	18.0	5	1.2	1.9
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	88	47.5	36.2	23	10.3	6.8
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	22	4.8	8.1	3	0.7	1.1
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	5	7.2	9.5	1	1.2	1.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	258	231.8	84.5	39	19.3	10.4
Zeichnet_gesamt _{AD}	■ = X, P, V, Z	347	252.5	91.9	59	23.7	17.2
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	1341	972.0	611.4	169	73.7	48.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Arbeitsblatt



Protokoll des lauten Denkens

„[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Was bedeutet das in der Klammer? [E: Abbildung 1, das bezieht sich darauf.] [...] Darf ich ein paar Sachen beschriften während ich zeichne? [E: Ja klar. Denke auch noch an den abgeklebten Bereich zwecks Kamera]. Also bei den Schornsteinen von privaten Häusern, [] werden Rauchgase ausgestoßen [] und dann geht das in Richtung zu den Nadelbäumen [] und die werden hauptsächlich davon betroffen, aber auch die Laubbäume sind davon betroffen. [] Und das schlimmste Jahr in Deutschland war 1980. [] Darf ich Farbe benutzen? [E: Wenn du magst.] [Der Schüler sucht einen roten Stift in der Federmappe; malt danach die Begrenzung um die Jahreszahl rot aus] []. [Im Anschluss sucht er einen schwarzen Stift im Federmäppchen.] Damals wurden nämlich noch Braunkohlestücke zum Heizen oder zum Strom herstellen benutzt [] und da war es noch nicht so, dass die anstatt der Sonnenenergie [] und Windenergie [] und da wurde auch noch nicht auf die Erdwärme geachtet. [] Durch das Verbrennen der Braunkohle sind wieder Gase entstanden [] und die kommen dann in der Atmosphäre. Ehm, wie soll ich das zeichnen? [] Wie kann man eine Atmosphäre zeichnen? [] Und die [gemeint sind Gase] kommen dann mit Wasser in Berührung []. [Er sucht einen blauen Stift aus der Federmappe und malt dann den Regentropfen blau aus.] [] Und die schädigen dann nicht nur durch Regen, sondern auch durch Nebel [] und dann [] und dann sind die anfälliger auf [] zum Beispiel Kälte, aber auch auf Wärme zum Beispiel und dann [] sind sie nicht mehr standhaft dagegen, wenn es wärmer oder kälter wird durch den Regen. [] Der Regen kann auch zum Auswaschen [] im Boden führen und dann tut er Minerale [] werden dann ausgewaschen [] und dann können die Bäume, [] die es eigentlich durch ihre Wurzeln aufnehmen, geht es halt nicht mehr und dadurch sind die wiederum geschwächt. [] Und dann werden von diesem Regen auch noch [] Metallionen ausgesetzt, die dann die Bäume, [E: Würdest du die Zeichnung gerade noch ein Stück hochschieben bitte?] den Baum an den Wurzeln schädigen. [] Und wenn er an den Wurzeln geschädigt ist, kann der Baum keine Mineralstoffe oder Wasser aufnehmen [] und dadurch sind sie wieder [] sind sie halt wieder mehr durch Hitze und Kälte schädlich. [] Wenn Stickstoff [] durch den [] Regen [] wieder auf die Erde gelangt, gibt es im Wald [] eine Düngung und deswegen werden die Bäume immer größer [] aber durch das [] schnelle Wachsen [] kann es passieren, dass sie durch [] [zeichnet einen Pfeil und

setzt danach mehrmals zum Zeichnen an und blickt als er nicht weiterkommt zurück auf den Text] wenn zum Beispiel ein Sturm oder so ist, verlieren sie durch das schnelle Wachsen auch ihre Stabilität und deswegen kann es passieren, dass sie dann umfallen. [] Aber dadurch, dass diese Bäume durchgehend wachsen, gibt es nur für manche Mineralstoffe und für manche [] [notiert Mineralsalze]. [] Und deswegen werden sie dann nochmal anfälliger auf Hitze, Stürme und Parasiten. [Der Schüler schaut vom Blatt hoch zum Versuchsleiter.] [E: Fertig?] Sehr unordentlich aber. [Er zeigt auf den Pfeil neben dem Nebel.] Wie kann ich das verdeutlichen? [Der Schüler wechselt dann zu den Mineralsalzen und ergänzt "werden weggespült".] [Er ergänzt danach bei den groß gewachsenen Bäumen rechts unten "keine Mineralsalze".] [] Ja, fertig."

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-4], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
100% (15/15 Elemente), $M = 50.0$, $SD = 25.2$	62.5% (15/24 Gesamtpunkte), $M = 39.6$, $SD = 11.5$
94.7% (18/19 Relationen), $M = 36.0$, $SD = 27.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 14 der 15 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert.	
1.5 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.0$, $SD = 0.4$	
0.7 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überflogen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe mir den Text am Anfang durchgelesen, das konnte ich mir gut merken, das habe ich dann aus dem Kopf gemacht und dann, wo ich es gemerkt habe, dass ich es nicht so im Gedächtnis hatte, habe ich im Text immer wieder so ein Stück gelesen und es dann wieder probiert auf das Schaubild zu übertragen und dann immer in der Reihenfolge des Texts.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich finde es hat auch ein bisschen für mich persönlich geholfen, da ich es auch für mich nochmal darstellen konnte und dass ich es dann auch verstanden habe.“
Schwergefallen	„Es übersichtlich zu machen.“
Hätte besser gelingen können	„Ja vielleicht, dass ich mir den Text ein bisschen besser hätte einprägen können, wenn ich die Stichwörter markiert hätte. Und die Zeichnung das nächste Mal ein bisschen ordentlicher machen.“
Beim nächsten Mal anders	„Das wäre wieder das Gleiche. Erst wieder durchlesen, dann probieren das auf das Schaubild zu bekommen, was ich weiß, weil dann kann ich es ja schon mal absichern und dann kann ich es nochmal nachlesen, falls es falsch war. Danach noch das dazu machen, was ich nicht mehr wusste.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich fand es etwas komisch, etwas seltsam, weil man im Unterricht immer leise sein soll. [E: Aber es hat dich nicht gestört?] Nein.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich denke eigentlich nicht, weil für mich mache ich das auch lieber so.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Mara – S7F

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	2	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

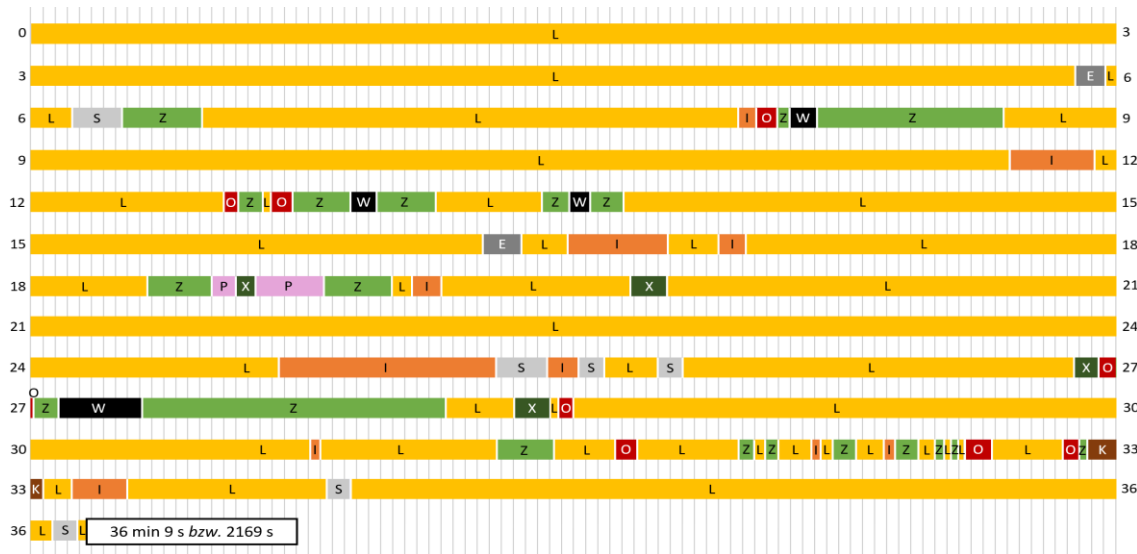
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
5	8	267	2

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

1 relevante kontextbezogene Information wurde benannt, $M = 1.2$, $SD = 1.1$

Die Fragen zur Vorerfahrung mit Ablaufdiagrammen sind entfallen, da die Zeichnung kein Ablaufdiagramm darstellte.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



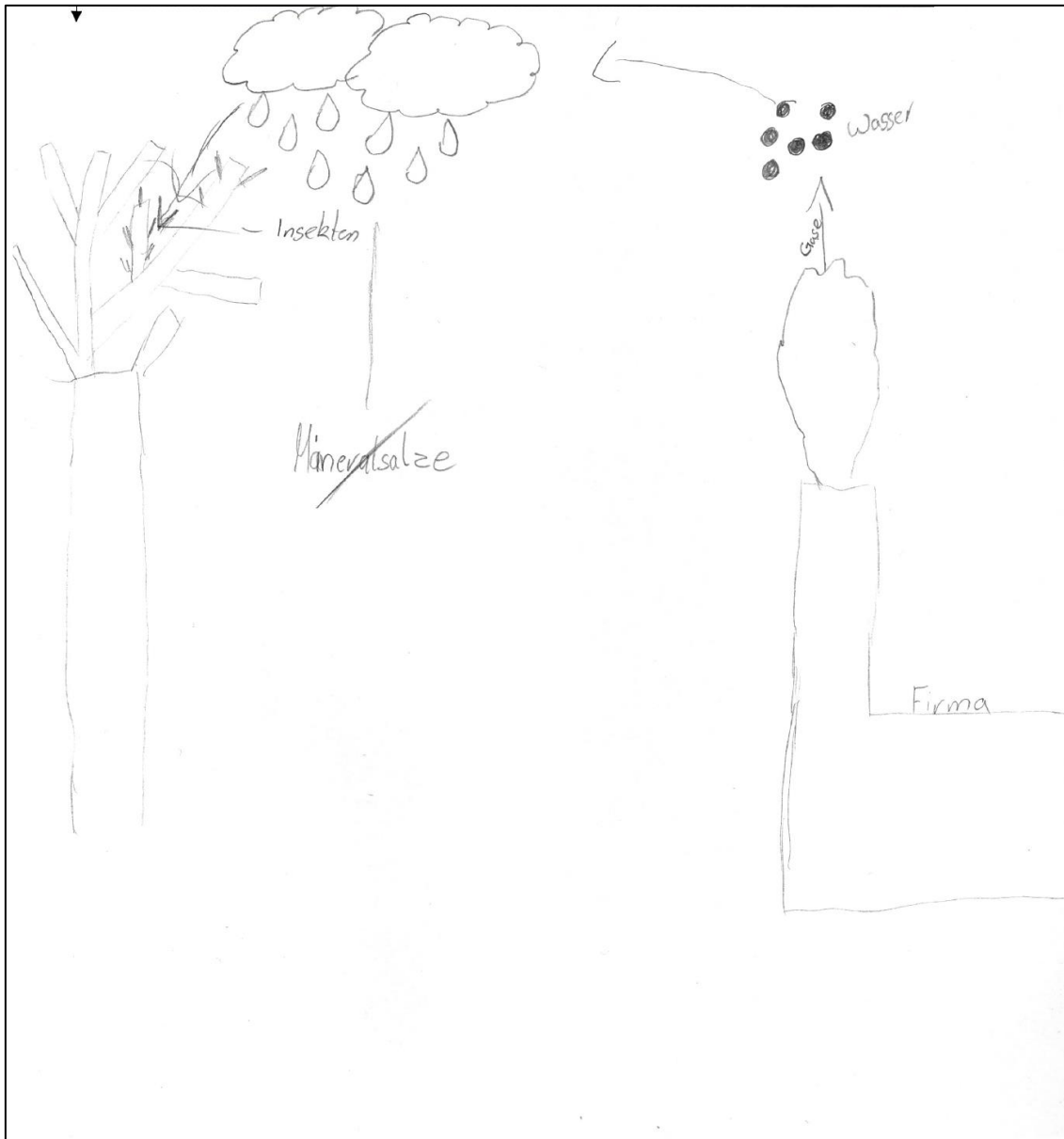
Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	= S	35	11.2	12.6	6	2.2	2.1
Austausch_V _{AD}	= E	11	18.8	12.4	2	2.7	1.6
Explizite_Relation _{AD}	= X	20	10.0	15.3	4	3.2	5.5
Liest_gesamt _{AD}	= L	1748	582.2	544.7	34	21.0	11.3
Liest_vorab _{AD}	-	353	238.7	94.3	1	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	1395	343.5	480.0	33	19.5	11.4
Monolog _{AD}	= O	26	44.7	43.9	8	11.2	11.7
Off-task-Aktivität _{AD}	= K	7	3.2	2.9	1	0.8	0.7
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	= P	15	10.7	18.0	2	1.2	1.9
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	= I	98	47.5	36.2	11	10.3	6.8
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	= U	0	4.8	8.1	0	0.7	1.1
Verwirft_Struktur _{AD}	= W	26	7.2	9.5	4	1.2	1.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	= Z	183	231.8	84.5	20	19.3	10.4
Zeichnet_gesamt _{AD}	= X, P, V, Z	218	252.5	91.9	26	23.7	17.2
Alle_Tätigkeiten _{AD}	= alle	2169	972.0	611.4	92	73.7	48.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Protokoll des lauten Denkens

[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] „Soll ich das Schaubild hier darauf machen? [E: Ja.] Ok. [] [E: Gerade noch etwas die Zeichnung hochschieben und dabei bitte wieder laut denken.] Ok. Ich zeichne erstmal einen Baum. [] Ich zeichne jetzt den sauren Regen [zeichnet zwei Wolken und Regentropfen]. [] Ich zeichne jetzt eine Firma für die Verbrennung. [] Das sind die Verbrennungsgase. [] Ich weiß nicht, wie ich das darstellen soll, das Ganze aus dem Text. [] Hier treffen die Gase mit Wasser [in der Atmosphäre] aufeinander. [] Und das wird dann zum Regen. [Sie verbindet die bereits gezeichneten Wassertropfen mit den beiden Wolken.] [] [Sie liest längere Zeit und schaut abschließend längere Zeit auf die Zeichnung.] [E: Was geht dir denn durch den Kopf?] Ich weiß nicht, wie ich die ganzen Informationen auf eine Skizze bringen kann [] und wie ich es darstellen soll das alles. [] [E: Du kannst es einfach mal probieren.] [] Der saure Regen zerstört die Oberfläche der Nadeln. Ich hätte einen anderen Baum zeichnen sollen. [Die Schülerin ersetzt einen Teil der Baumkrone durch feinere Strukturen.] Das sind die Nadeln. [] Zerstört halt die Oberfläche von den Nadeln. [Die Schülerin liest erneut lange den Text.] Die Insekten [] die Insekten [notiert den Begriff] schädigen den [] haben es halt leichter. [] Die Mineralsalze [notiert den Begriff] [] werden aus dem [] Boden [] ausgewaschen [streicht Mineralsalze durch] also sind nicht mehr da. [] [Versuch abzubrechen:] [E: Wenn du es nicht ganz fertigbekommst, ist es nicht weiter schlimm.] [Schülerin liest erneut lange den Text.] [Abbruch:] [E: Das ist an der Stelle auch nicht weiter schlimm. Du hast ja schon viele Punkte aus dem Text übernommen.]“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-4], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
40.0% (6/15 Elemente), $M = 50.0$, $SD = 25.2$	33.3% (8/24 Gesamtpunkte), $M = 39.6$, $SD = 11.5$
26.3% (5/19 Relationen), $M = 36.0$, $SD = 27.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 5 der 6 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>eine</u> weitere der 9 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
0.3 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.0$, $SD = 0.4$	
0.2 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe mir einmal den Text ganz gut durchgelesen und wenn ich etwas nicht mehr wusste, dann habe ich nochmal die Stelle gesucht und gelesen.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich hatte eigentlich gar nicht so ein Vorgehen. Ich habe einfach nur versucht, die Informationen irgendwie auf das Blatt zu bekommen.“
Mehrwert des Schaubilds	„Mir hätte es gereicht, einfach nur den Text zu lesen und nicht das Schaubild anzufertigen.“
Schwergefallen	„Die ganzen Informationen, die im Text standen, in ein Bild zu bekommen. Sonst ging es eigentlich [...]“
Hätte besser gelingen können	„Vielleicht den Text besser verstehen, dass ich besser die Informationen herausfinden kann.“
Beim nächsten Mal anders	„Ich glaube nicht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich bin nicht so der laute Denker. Ich denke lieber leise für mich und mach das dann einfach. [E: Aber es hat dich nicht gestört, sondern war einfach nur ungewohnt?] Ja.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich glaube nicht.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Anhang 7.2: Ablaufdiagramme, Kontext 8

Sara – S8A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

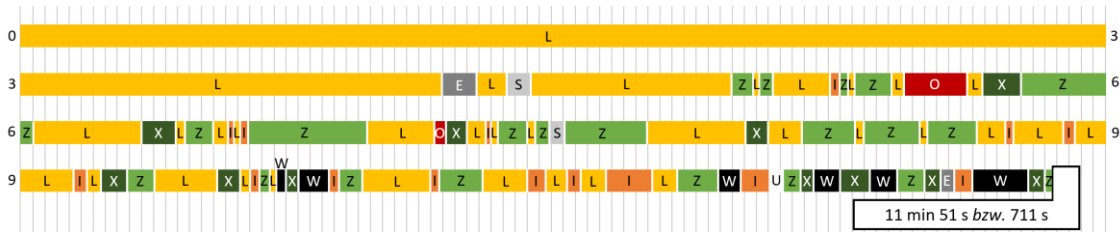
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	20	614	35

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

1 relevante kontextbezogene Information wurde benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„Ein- oder zweimal glaube ich.“ [...] „Beim Herz, das andere weiß ich nicht mehr.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	■ = S	7	12.6	7.6	2	1.9	0.6
Austausch _{VAD}	■ = E	8	7.6	6.9	2	1.9	1.5
Explizite _{RelationAD}	■ = X	42	25.6	8.5	11	8.1	2.2
Liest _{gesamtAD}	■ = L	441	489.9	138.8	32	22.6	9.0
Liest _{vorabAD}	-	250	286.0	83.6	1	1.3	0.5
Liest _{währendAD}	-	191	203.9	71.4	31	21.3	9.1
Monolog _{AD}	■ = O	12	54.1	42.7	2	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	0	0	0	0	0
Punktet _{schraffiert_malt_ausAD}	■ = P	0	5.3	12.9	0	0.6	1.4
Schaut _{still_auf_die_ZeichnungAD}	■ = I	37	62.6	19.7	15	21.0	6.6
Uneindeutig _{SonstigesAD}	■ = U	2	1.0	1.8	1	0.4	0.7
Verwirft _{StrukturAD}	■ = W	29	9.9	9.7	6	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0.6	1.4	0	0.1	0.3
Zeichnet/notiert _{TextinformationAD}	■ = Z	133	171.6	107.1	21	20.1	7.8
Zeichnet _{gesamtAD}	■ = X, P, V, Z	175	203.0	116.9	32	29.0	9.7
Alle _{TätigkeitenAD}	■ = alle	711	840.6	258.8	92	89.3	26.4

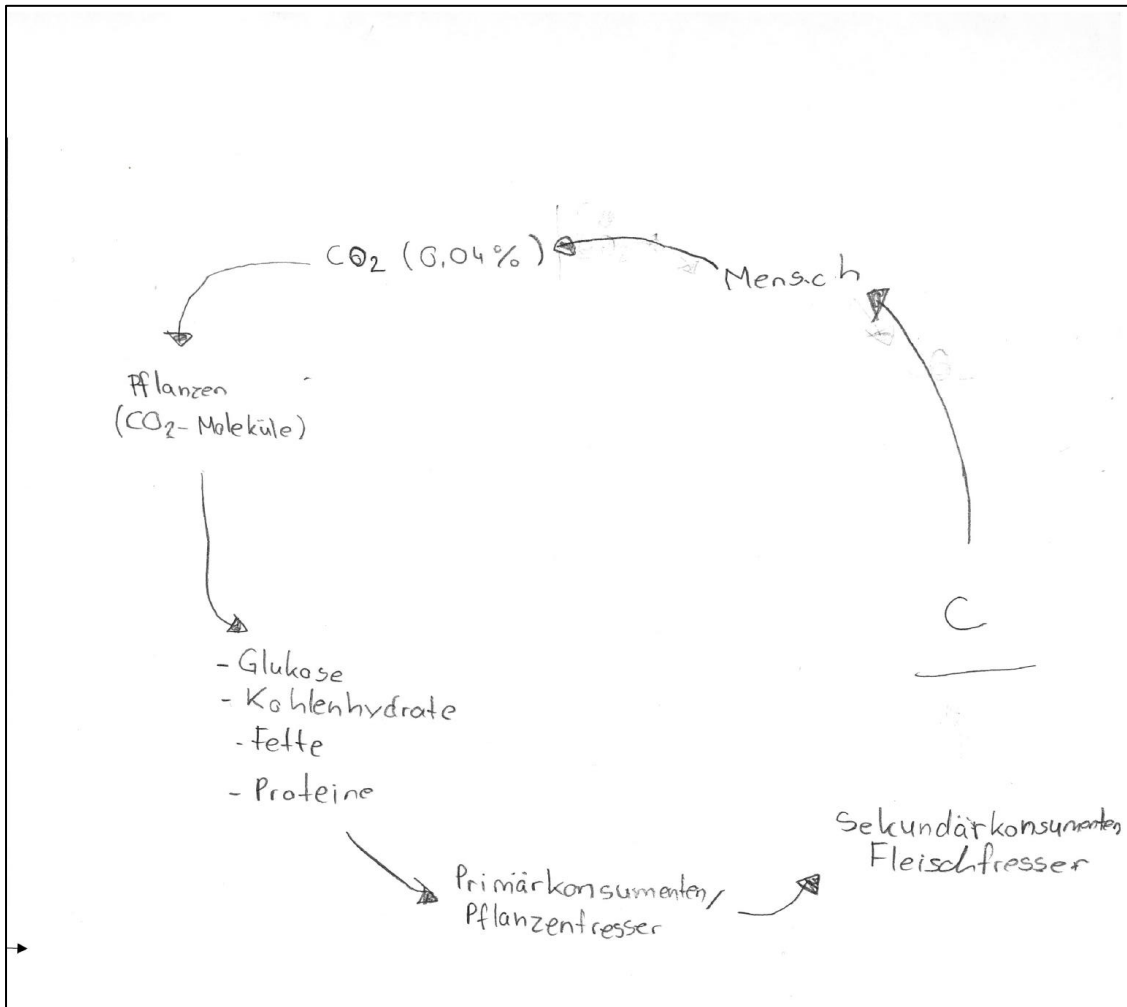
* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Darf ich mir den Text zur Hilfe nehmen? [E: Ja klar.] [] [E: Und dann wieder laut denken, sobald du zeichnest.] [] Ich schreibe jetzt erstmal den Überbegriff, also Kohlenstoffdioxid, und dann wer das alles braucht. [Die Schülerin hält parallel zum Zeichnen den Finger auf die Textstelle, die jeweils ins Schaubild übernommen wird.] Pflanzen brauchen das, [] deshalb schreibe ich das hier hin. [] Dann schreibe ich hier hin, was die Pflanzen herstellen können [] und jetzt schreibe ich hin, wer das braucht [] und zwar dient es den Primärkonsumenten. [E: Das Zeichenblatt noch ein kleines Stück nach oben schieben bitte.] [] Von den Fleischfressern werden die dann gefressen. [] Der Mensch nimmt CO₂ ja auch auf. [] [unverständlich.] Die Menschen nehmen ja dann auch CO₂ beim Essen auf, das schreibe ich noch dazu. [] Sie

produzieren auch CO₂. [] [unverständl.] [E: Etwas lauter bitte und die Zeichnung etwas höher.] Ich schreibe das jetzt nochmal andersherum hin, und zwar, dass die Menschen Kohlenstoff brauchen und zwar durch die Zellatmung stellen sie ja Kohlenstoffdioxid her und deswegen schreibe ich das jetzt so hin. Ja. [E: Ok.] Das kann ich theoretisch auch noch besser [unverständl.]“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
50.0% (4/8 Elemente), M = 60.7, SD = 18.2 40.0% (4/10 Relationen), M = 45.7, SD = 14.0	70.8% (17/24 Gesamtpunkte), M = 61.3, SD = 13.7
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 4 der 4 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>keine</u> weitere der 4 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
0.7 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , M = 0.7, SD = 0.2	
1.4 Punkte_pro_Minute _{AD} , M = 1.2, SD = 0.5	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe erst den kompletten Text einmal durchgelesen und dann halt immer langsam schrittweise durchgegangen und dann jeweils das gezeichnet, was dazugehört.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe beim Text erstmal geschaut, was kommt jetzt und dann habe ich gesehen, dass die Pflanzen Kohlenstoffdioxid brauchen und dann habe ich das auch so eingezeichnet auf dem Blatt und immer weiter mit den Pfeilen.“
Mehrwert des Schaubilds	„Mir hat das geholfen.“
Schwergefallen	„Irgendwie wusste ich nicht ganz, wie ich den Kreislauf schließen soll [...].“
Hätte besser gelingen können	„[...] Ja, vielleicht den Text sorgfältiger lesen, dass ich mir daraus erschließen kann, wie der [Kreislauf] geschlossen ist.“
Beim nächsten Mal anders	„Den Text nochmal sorgfältiger lesen und am Schluss nochmal lesen und vergleichen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Schwer.“ [Die Schülerin wurde beim lauten Denken kontinuierlich leiser, bis jeweils der nächste Impuls zum lauten Denken durch den Versuchsleiter erfolgte.]

Lisa – S8B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	2	1.5 (vgl. 5.8)

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

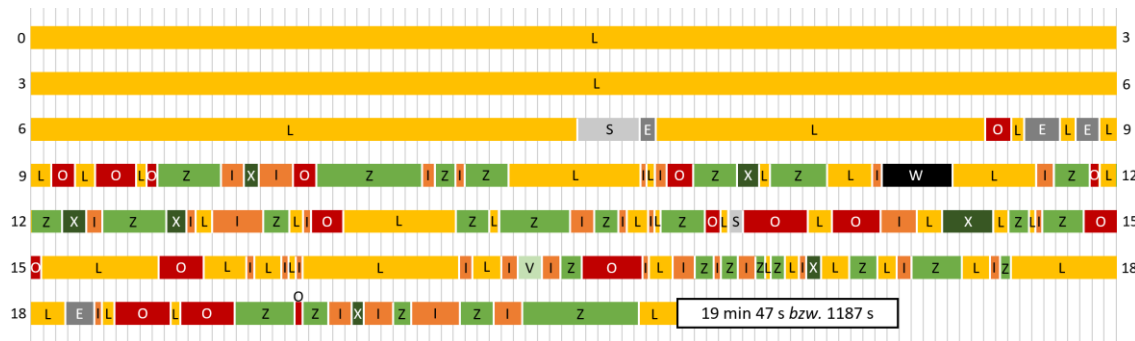
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	26	734	58

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

6 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„In Biologie eigentlich schon sehr häufig. Eigentlich machen wir sowas fast jede Stunde, also irgendwelche Bilder zeichnen mit Pfeilen. Wir machen das aber auch in anderen Fächern mit irgendwelchen komischen Bildern zeichnen. [E: Also verknüpft ihr dann eher die Begriffe mit Pfeilen oder eher Teilzeichnungen?] Das auch. Aber auch das Gezeichnete. Beides eigentlich.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	■ = S	13	12.6	7.6	2	1.9	0.6
Austausch_V _{AD}	■ = E	18	7.6	6.9	4	1.9	1.5
Explizite_Relation _{AD}	■ = X	27	25.6	8.5	7	8.1	2.2
Liest_gesamt _{AD}	■ = L	727	489.9	138.8	40	22.6	9.0
Liest_vorab _{AD}	-	451	286.0	83.6	1	1.3	0.5
Liest_während _{AD}	-	276	203.9	71.4	39	21.3	9.1
Monolog _{AD}	■ = O	98	54.1	42.7	17	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	0	5.3	12.9	0	0.6	1.4
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	95	62.6	19.7	35	21.0	6.6
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	0	1.0	1.8	0	0.4	0.7
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	12	9.9	9.7	1	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	4	0.6	1.4	1	0.1	0.3
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	193	171.6	107.1	29	20.1	7.8
Zeichnet_gesamt _{AD}	■ = X, P, V, Z	224	203.0	116.9	37	29.0	9.7
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	1187	840.6	258.8	136	89.3	26.4

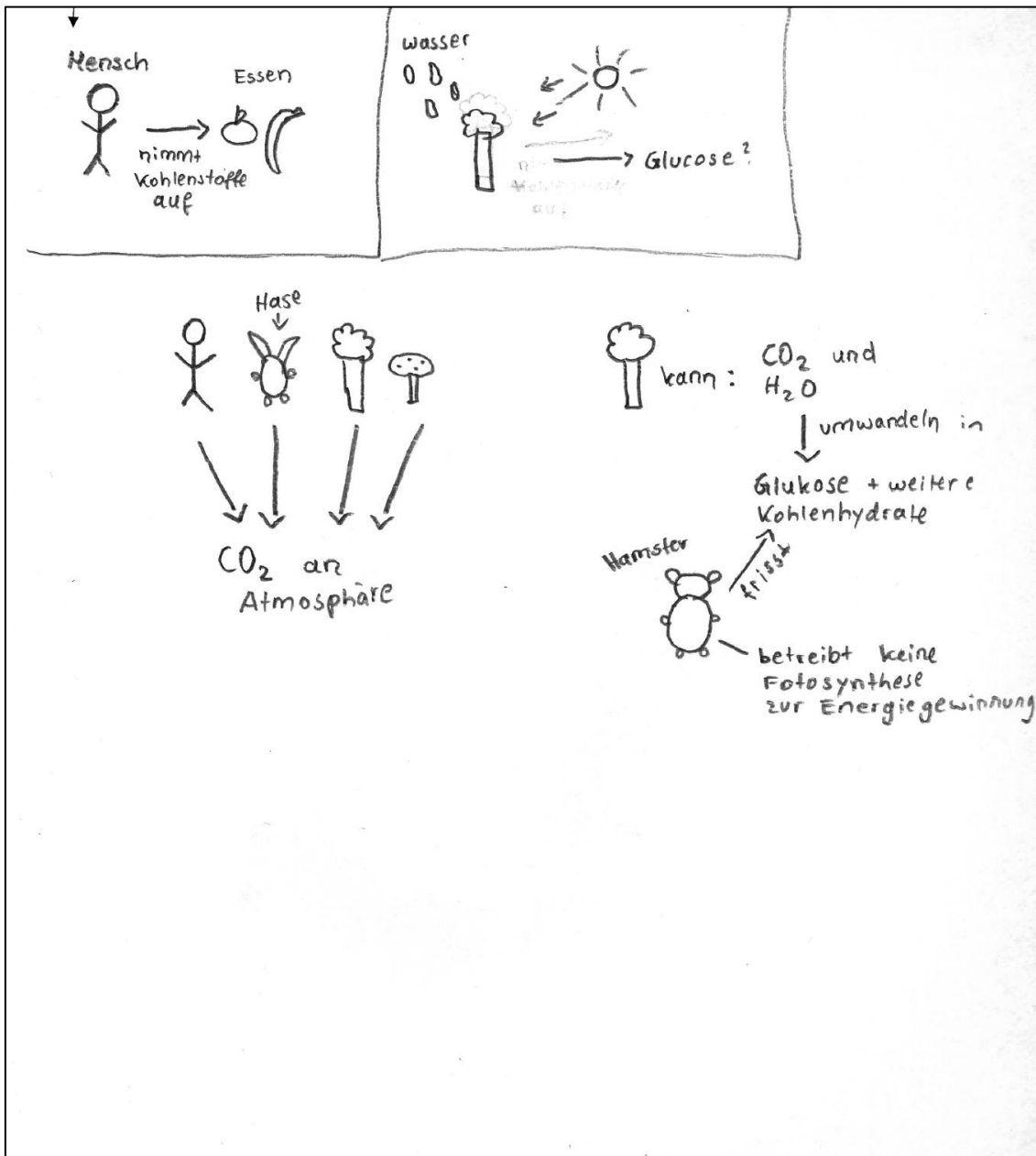
* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Denke bitte an den Zeichenbereich, indem sich das Blatt befinden sollte und wenn du mit dem Zeichnen anfängst, denke bitte an das laute Denken.] Darf ich nochmal den oberen Teil lesen? [E: Klar, jederzeit.] [Die Schülerin liest erneut für längere Zeit den Text.] [] Ohje. [] Ok. Muss das so ein großes [Schaubild] sein, oder können es mehrere sein? [E: Wie du magst, das ist dir überlassen.] Also jetzt soll ich wieder laut denken? [E: Ja.] Ok.“

Ich fange erstmal in der Mitte an, weil das ist das, was ich verstehe. Der Mensch nimmt die Kohlenstoffe von der Mahlzeit auf. Ich mach das jetzt einfach so. Oh je, wie soll ich Essen zeichnen? Ich male einen Apfel. Pflanzen, wie male ich Pflanzen? Ich male den Baum da. [Die Schülerin radiert das zuvor Eingezeichnet aus und liest noch einmal im Text nach.] Ich versuche jetzt Fotosynthese zu malen, wenn das funktioniert. Ich weiß nicht mehr, was bei der Fotosynthese produziert wird. Aber egal. [E: Denke bitte an das laute Denken.] Also ich will jetzt darstellen, dass die Menschen, Tiere, Pflanzen und Pilze, dass die bei der Zellatmung, das CO₂ wird an die Atmosphäre abgegeben. Wie soll ich die Zellatmung darstellen? Ich habe keine Ahnung, wie ich einen Kohlenstoffkreislauf zeichnen soll. Ich habe ein bisschen was gezeichnet, aber das hat, glaube ich, nichts mit dem Kohlenstoffkreislauf zu tun. Ich glaube, das ist ein Teilprozess, weil da steht etwas von Teilprozessen. Ich glaube, dass das ein Teilprozess des Kohlenstoffkreislaufs ist. [Sie zeigt auf den unteren linken Teil der Zeichnung mit Produzenten und Konsumenten unterschiedlicher Ordnung.] [Die Schülerin umrandet die oberen beiden Teile der Zeichnung.] Jetzt will ich zeichnen, dass die Pflanzen, also die Primärproduzenten, energiearme Substanzen zu energiereichen Substanzen umwandeln können. Ok. Glukose ist kohlenstoffhaltig oder wie? [Versuchsleiter nickt.] Ah, ok. Die Primärkonsumenten essen die kohlenstoffhaltigen Pflanzenmaterialien. Es ist deren Nahrungsquelle, da sie keine Fotosynthese betreiben können. Ohje, ein Hamster. Sieht irgendwie mehr aus wie ein Teddybär, aber es soll ein Hamster sein. Ok. Ich glaube das war es. Mehr kann ich dazu nicht zeichnen.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
50.0% (4/8 Elemente), $M = 60.7$, $SD = 18.2$ 30.0% (3/10 Relationen), $M = 45.7$, $SD = 14.0$	41.7% (10/24 Gesamtpunkte), $M = 61.3$, $SD = 13.7$
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 4 der 4 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>keine</u> weitere der 4 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
0.4 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	
0.5 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 1.2$, $SD = 0.5$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir gegeben, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir gegeben, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe mir meiner Meinung nach die wichtigsten Informationen aus dem Text unterstrichen. Ich habe unterstrichen, was ich glaube, was mir dabei hilft, so ein Schaubild anzufertigen. Ich habe die wichtigen Sachen unterstrichen, die unwichtigen nicht. [<i>Tatsächlich hat die Schülerin viele Aspekte unterstrichen, die im Schaubild nicht auftauchen.</i>].“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe halt probiert, das, was ich unterstrichen habe, in ein Bild umzuwandeln. Ich habe versucht, es so darzustellen, dass es andere, die es nicht kennen, verstehen. Ich glaube nicht, dass ich es verstehen würde, weil es etwas schlecht geworden ist. [E: Warum hast du dich dazu entschieden, das Ganze über gemalte Bilder darzustellen und nicht mit Hilfe von Text?] Ich glaube, es ist einfacher, Bilder zu verstehen.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich empfand es eher schwer, das zu zeichnen. Ich glaube, es hätte eher was gebracht, den Text zu lesen.“
Schwergefallen	„Ich wusste nicht so genau, was ich umsetzen soll oder was ich so zeichnen sollte. Ich konnte nicht so richtig in einem großen Bild darstellen, was mit was zu tun hat. Die Zusammenhänge zu finden, fand ich etwas schwer.“
Besonders schwergefallen	„Nein eigentlich war das alles gleich schwer.“
Hätte besser gelingen können	„Wenn ich den Text noch viel öfter gelesen hätte, dann hätte ich es vielleicht einfacher bekommen ein großes Bild zu zeichnen.“
Beim nächsten Mal anders	„Den Text noch öfter durchlesen und vielleicht auch Notizen an den Rand machen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich fand es hier [<i>im Gegensatz zur mikroskopischen Zeichnung</i>] schwieriger. Ich glaube, wenn man wüsste, was man genau zeichnen muss, dann wäre es einfacher. Jetzt war ich etwas hilflos. Ich wusste nicht genau, was ich zeichnen sollte. Da wusste ich auch nicht, was ich sagen sollte.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein eigentlich nicht. Unsere Lehrer sagen das immer, dass wir es so anfertigen sollen, dass jeder das verstehen kann.“

Nora – S8C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

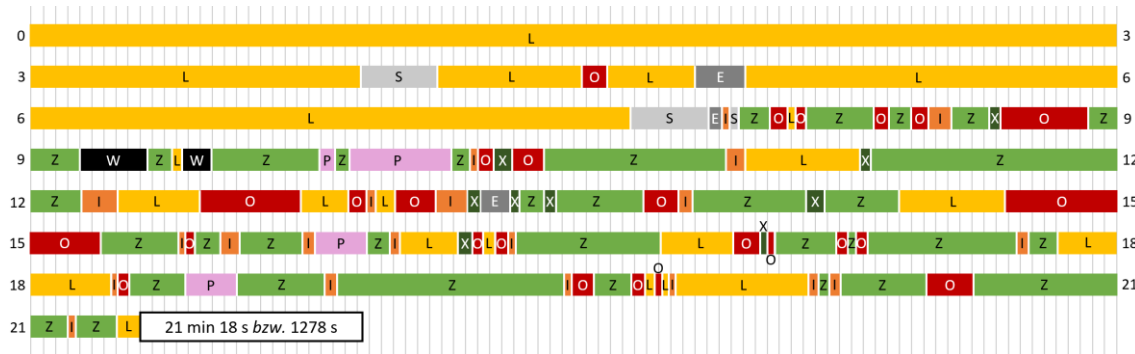
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
6	7	428	10

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

1 relevante kontextbezogene Information wurde benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„In Biologie bislang nicht so oft, eigentlich haben wir immer Bilder gehabt oder unsere Lehrerin hat uns etwas gesagt und wir mussten es dann zeichnen, aber beim Mikroskopieren halt nur.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	[Grey] = S	27	12.6	7.6	3	1.9	0.6
Austausch_V _{AD}	[Dark Grey] = E	17	7.6	6.9	3	1.9	1.5
Explizite_Relation _{AD}	[Dark Green] = X	17	25.6	8.5	9	8.1	2.2
Liest_gesamt _{AD}	[Yellow] = L	574	489.9	138.8	19	22.6	9.0
Liest_vorab _{AD}	-	259	286.0	83.6	2	1.3	0.5
Liest_während _{AD}	-	315	203.9	71.4	17	21.3	9.1
Monolog _{AD}	[Red] = O	130	54.1	42.7	25	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	[Brown] = K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	[Pink] = P	37	5.3	12.9	4	0.6	1.4
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	[Orange] = I	47	62.6	19.7	21	21.0	6.6
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	[White] = U	0	1.0	1.8	0	0.4	0.7
Verwirft_Struktur _{AD}	[Black] = W	16	9.9	9.7	2	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	[Light Green] = V	0	0.6	1.4	0	0.1	0.3
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	[Green] = Z	413	171.6	107.1	32	20.1	7.8
Zeichnet_gesamt _{AD}	[Green, Pink, Brown, Yellow] = X, P, V, Z	467	203.0	116.9	45	29.0	9.7
Alle_Tätigkeiten _{AD}	[All colors] = alle	1278	840.6	258.8	118	89.3	26.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Ab jetzt bitte wieder bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung laut denken.] Puh. [] Irgendwie, ich weiß nicht, irgendwie kann ich mir das nicht so gut merken. [] Kann ich mir es nochmal durchlesen? [E: Ja klar. Du darfst den Text ruhig benutzen.] [Die Schülerin liest erneut für längere Zeit den Text.] [E: Du darfst den Text auch markieren oder etwas hineinschreiben, wie du magst.] Nein, ich habe vorher nicht ganz so gut gelesen, aber jetzt

versteh ich es. Soll ich es einfach malen? [E: Ja und dabei bitte laut denken.] Also der erste [] Produzent ist die Pflanze und [] durch Wasser, Licht und Kohlenstoffdioxid macht die daraus Fotosynthese und [] die Pflanze kann daraus Energie machen, also Fotosynthese. Die Pflanze ist der erste Produzent und wird vom zweiten Produzent, dem Pflanzenfresser, gegessen, also zum Beispiel einem Hamster [] oder einer Maus. [] Die Maus wird dann von dem dritten *Prozenten*, dem Fleischfresser, zum Beispiel von einer Eule gegessen [] und [] und der Endkonsument ist dann der Mensch [] und [] die Maus, die Eule und der Mensch, die können ja nicht so Fotosynthese wie Pflanzen produzieren, die lassen dann einfach durch Zellatmung, zum Beispiel CO_2 ab. [] Wenn die Produzenten sterben, dann werden die durch Destruenten zersetzt. [] Soll ich jetzt eine sterbende Eule malen? [E: Wie du magst.] [] Dann werden die von so Bakterien, aber auch von kleinen Tieren gefressen. [] Pflanzen nehmen dann die Reste von denen auf und verwerten, nehmen dann die Mineralien davon auf und dann betreiben die wieder Fotosynthese. Wenn zum Beispiel Pflanzen oder so Reste von den Tieren oder wenn die Pflanze abstirbt und dann im Meer landen zum Beispiel [] dann bilden sich verschiedene Schichten. [] Daraus werden dann zum Beispiel Kohle oder Erdöl. [] Wenn dann was von den Menschen verbrannt wird von diesen Sachen, [] dann geht Kohlenstoffdioxid in die Luft [] oder wenn Menschen Wälder roden, [] dann wird wieder *Kohlenstoffdioxid zwei* abgegeben und dann [] und zum Beispiel die Atmosphäre wird dann immer mehr von Kohlenstoffdioxid und in der Atmosphäre befindet sich dann immer mehr Kohlenstoffdioxid. [] Ja."

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
100% (8/8 Elemente), $M = 60.7$, $SD = 18.2$ 70.0% (7/10 Relationen), $M = 45.7$, $SD = 14.0$	50.0% (12/24 Gesamtpunkte), $M = 61.3$, $SD = 13.7$
Im Zuge der Verständnisfragen wurden alle 8 der 8 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert.	
0.7 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 0.7$, $SD = 0.2$	
0.6 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 1.2$, $SD = 0.5$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Manche Texte, wenn ich sie nicht so ganz verstehe, lese ich sie halt nochmal und nochmal und nochmal, bis ich sie halt verstehe und ich versuche dann immer nach jedem Abschnitt so ein bisschen das zusammenzufassen, was in dem Text stand.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe immer so geguckt nach der Reihenfolge, die im Text stand, wie ich das anfertigen soll. Ich habe mich an der Reihenfolge im Text orientiert.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich finde, wenn man dann noch ein bisschen zeichnet, ist es halt meistens etwas einfacher zu verstehen und es zeigt auch selbst, dass du es mehr verstanden hast.“
Schwergefallen	„Mir fiel es etwas schwer, was im Text alles stand, zuzuordnen oder nacheinander reinzusetzen.“
Besonders schwergefallen	„Die letzten drei mit der Firma [...], wenn man vom Meer dann zu der Firma, das fand ich dann etwas komisch.“
Hätte besser gelingen können	„Nein.“
Beim nächsten Mal anders	„Ich würde vielleicht versuchen, etwas deutlicher zu zeichnen, etwas mehr herauszuarbeiten [aus dem Text], wenn es geht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Beim Kohlenstoffkreislauf fand ich es etwas schwerer als beim Zeichnen des Schulweges, weil man musste immer nochmal gucken, was man im Text nochmal gelesen hat. Ich weiß nicht.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich denke nicht nein.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Johanna – S8D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

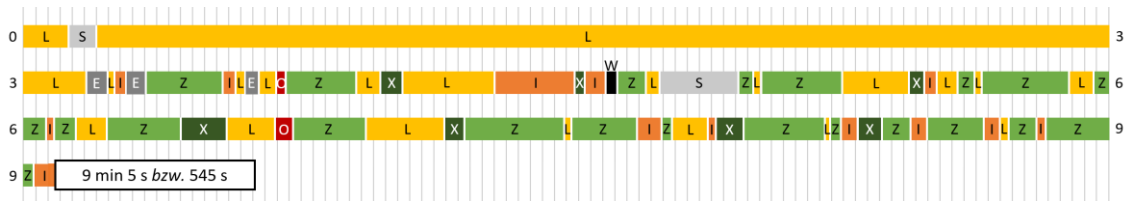
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
14	58	815	73

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

2 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„In Biologie nicht. [...] In anderen Fächern auch nicht.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



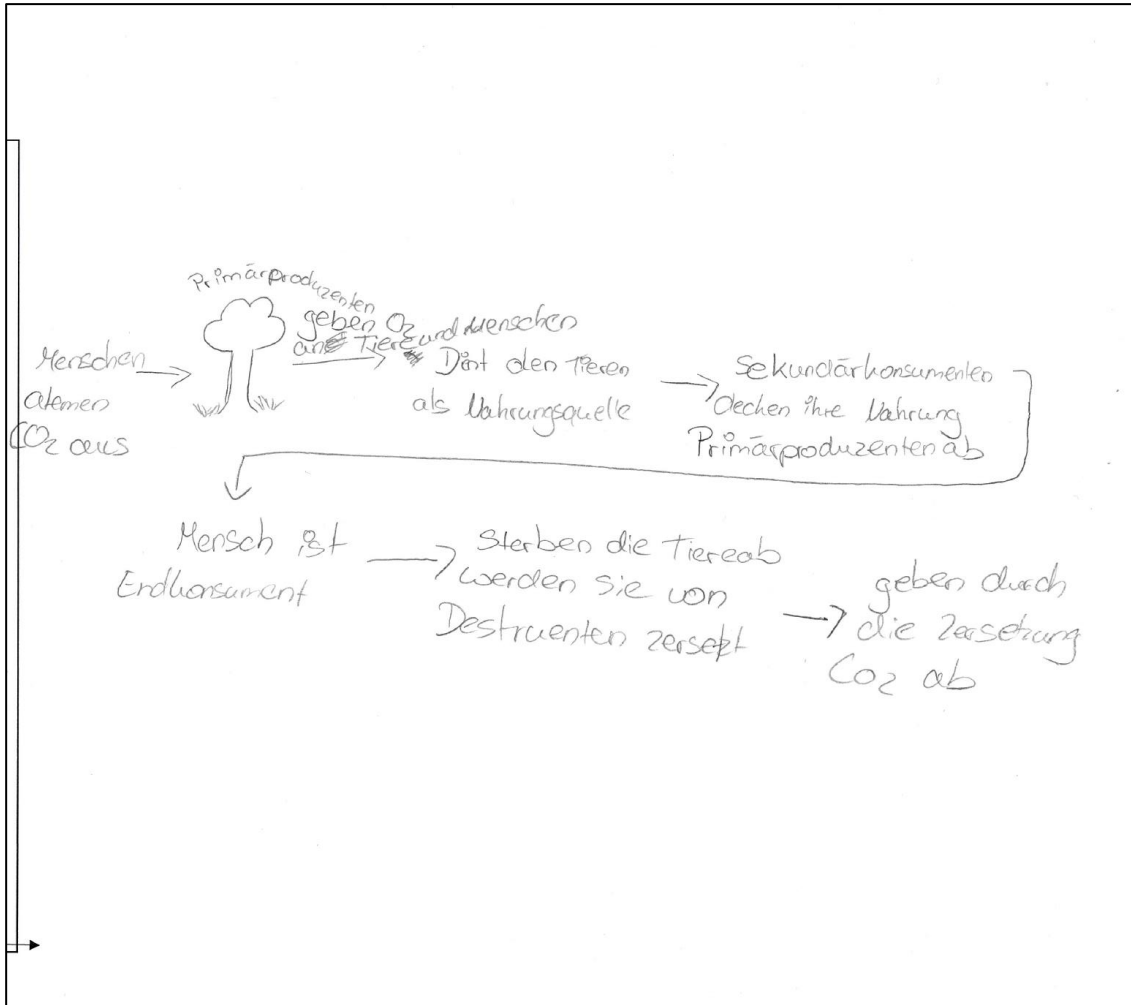
Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	■ = S	20	12.6	7.6	2	1.9	0.6
Austausch _{VAD}	■ = E	7	7.6	6.9	3	1.9	1.5
Explizite Relation _{AD}	■ = X	27	25.6	8.5	7	8.1	2.2
Liest _{gesamtAD}	■ = L	270	489.9	138.8	20	22.6	9.0
Liest _{vorabAD}	-	185	286.0	83.6	2	1.3	0.5
Liest _{währendAD}	-	85	203.9	71.4	18	21.3	9.1
Monolog _{AD}	■ = O	4	54.1	42.7	2	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	0	5.3	12.9	0	0.6	1.4
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	42	62.6	19.7	13	21.0	6.6
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	0	1.0	1.8	0	0.4	0.7
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	2	9.9	9.7	1	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0.6	1.4	0	0.1	0.3
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	173	171.6	107.1	20	20.1	7.8
Zeichnet _{gesamtAD}	■ = X, P, V, Z	200	203.0	116.9	27	29.0	9.7
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	545	840.6	258.8	68	89.3	26.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[E: Du darfst auch Markierungen vornehmen, wie du magst.] Ok. [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Darf ich auch Sachen beschriften? [E: Ja klar.] Ok. [E: Die Darstellung, wie du es machst, ist komplett dir überlassen.] Ok. [] [E: Und bitte laut denken.] [Die Schülerin zeichnet still einen Baum und wechselt nachfolgend von bildlicher Darstellung zu schriftbasierten Notizen.] Die Pflanzen sind Primärproduzenten. [] Sie geben Sauerstoff ab. [] [Die Schülerin wird beim lauten Denken kontinuierlich leiser.] [E: Versuche bitte, etwas lauter zu sprechen. Falls es dich zu sehr stören sollte, kannst du es auch weglassen.] [] Die Pflanzen dienen den Tieren als Nahrungsquelle. [] Die sekundären Tiere essen die anderen Tiere. [] Die Sekundärkonsumenten [] decken ihre Nahrung mit den Primärproduzenten ab. [] [unverständlich.] Der Mensch ist der Endkonsument. [] Sterben die Tiere ab, werden sie von Destruenten zersetzt. [] Sie geben durch die Zersetzung CO₂ ab. [] Menschen atmen CO₂ aus. [] Primärkonsumenten geben O₂ an Tiere und Menschen. [] Fertig.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
62.5% (5/8 Elemente), $M = 60.7$, $SD = 18.2$	70.8% (17/24 Gesamtpunkte), $M = 61.3$, $SD = 13.7$
50.0% (5/10 Relationen), $M = 45.7$, $SD = 14.0$	

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 5 der 5 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus zwei weitere der 3 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

1.1 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 0.7$, $SD = 0.2$
 1.9 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.2$, $SD = 0.5$

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabebearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe mir wichtige Sachen gemerkt, zum Beispiel das mit den ganzen Tieren und wie die auch heißen und wer von wem gegessen wird. Dann habe ich mir gemerkt, dass die Destruenten auch CO ₂ in die Luft abgeben und dass wir Menschen auch zum Teil daran schuld sind, wegen den ganzen <i>Ölsachen</i> und so.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Zuerst habe ich den Hauptfaktor genommen, das waren ja die Bäume, der Produzent. Dann habe ich aufgeschrieben, wer von wem die Nahrung nimmt und was dann genau passiert.“
Mehrwert des Schaubilds	„Eigentlich hätte ich die Zeichnung schon gebraucht.“
Schwergefallen	„Nein.“
Hätte besser gelingen können	„Ich hätte es wahrscheinlich ordentlicher machen können oder auch ausführlicher.“
Beim nächsten Mal anders	„Wahrscheinlich müsste ich den Text ordentlicher lesen, damit ich ihn nicht nochmal während der Zeichnung lese.“
Empfinden des lauten Denkens	„An manchen Stellen hat es mich eher gestört, aber auch an manchen Stellen fand ich es gut.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein, ich denke nicht wirklich anders.“

Sophia – S8E

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

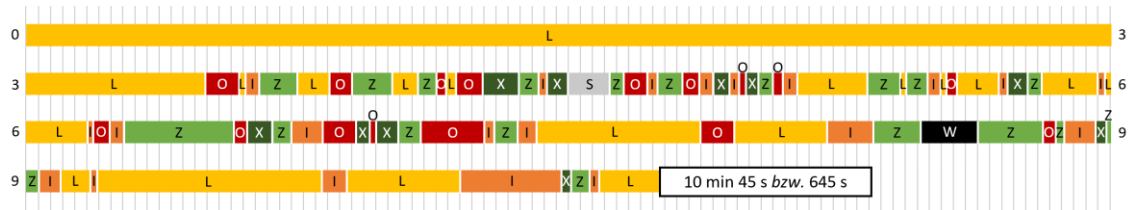
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
7	10	705	52

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

6 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„Einmal. [...] Ich glaube, das, was ich eben gezeichnet habe, also nicht der Kohlenstoffkreislauf, aber der Zusammenhang zwischen Primärproduzenten und Konsumenten.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



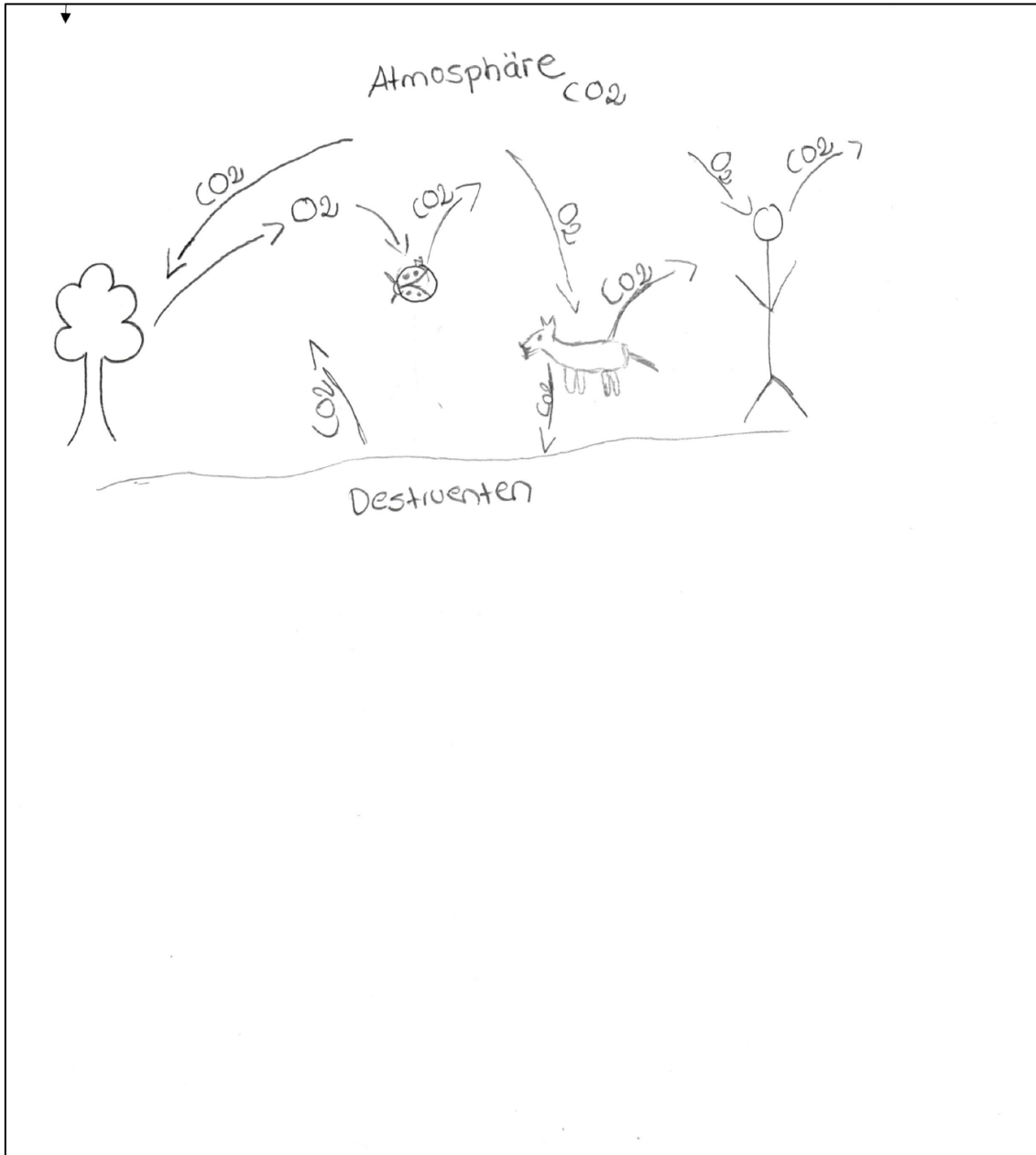
Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	■ = S	7	12.6	7.6	1	1.9	0.6
Austausch_V _{AD}	■ = E	0	7.6	6.9	0	1.9	1.5
Explizite_Relation _{AD}	■ = X	31	25.6	8.5	10	8.1	2.2
Liest_gesamt _{AD}	■ = L	377	489.9	138.8	17	22.6	9.0
Liest_vorab _{AD}	-	210	286.0	83.6	1	1.3	0.5
Liest_während _{AD}	-	167	203.9	71.4	16	21.3	9.1
Monolog _{AD}	■ = O	56	54.1	42.7	16	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	0	5.3	12.9	0	0.6	1.4
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	69	62.6	19.7	21	21.0	6.6
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	0	1.0	1.8	0	0.4	0.7
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	10	9.9	9.7	1	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0.6	1.4	0	0.1	0.3
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	95	171.6	107.1	19	20.1	7.8
Zeichnet_gesamt _{AD}	■ = X, P, V, Z	126	203.0	116.9	29	29.0	9.7
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	645	840.6	258.8	85	89.3	26.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Zuerst komme ich zu den Pflanzen, [] da male ich einen Baum [] und ich mache hier noch die Atmosphäre, [] da ist dann Kohlenstoffdioxid [] und dann nimmt der Baum oder die Pflanzen [] Kohlenstoffdioxid auf [E: Du kannst auf den Druckbleistift einfach hinten draufdrücken.] und Sauerstoff geben die dann ab. [] Wir Menschen, [] wir nehmen dann [] das auf und geben wieder [] Kohlenstoffdioxid ab. [] Dann waren da noch die Destruenten. [] Da muss ich noch [unverständlich.] [] und dann muss hier irgendwo noch [zeichnet einen Sekundärkonsumenten ein] [], der nimmt dann Sauerstoff auf. [] Wenn der stirbt, [] achso nein, der gibt ja nochmal, wenn er ausatmet [] Kohlenstoffdioxid ab. Und die Destruenten, wenn das Tier tot ist, nehmen dann quasi auch wieder etwas auf. [] Ach nein, [] ich habe das falsch gemacht. [Die Schülerin radiert und bringt Primärkonsument, Sekundärkonsument und Endkonsument nachfolgend in die richtige Reihenfolge.] [] Das hier wird, [] [E: Du hast oben auch einen großen Radiergummi.] ah, das wird jetzt ein Marienkäfer. [] [Die Schülerin zeichnet den Menschen ein.] Ok. [] Ok, fertig.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

62.5% (5/8 Elemente), $M = 60.7$, $SD = 18.2$

83.3% (20/24 Gesamtpunkte), $M = 61.3$, $SD = 13.7$

60.0% (6/10 Relationen), $M = 45.7$, $SD = 14.0$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 5 der 5 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus eine weitere der 3 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

1.0 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 0.7$, $SD = 0.2$

1.9 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.2$, $SD = 0.5$

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe ihn erstmal durchgelesen und immer so geschaut, welche bestimmten Wörter mir schon bekannt vorkamen, dass ich dazu eine Verwendung finden konnte. Wenn da so Zahlen bzw. Prozente standen, waren mir diese nicht ganz so wichtig. Allgemein habe ich geschaut, was für mich am wichtigsten erschien.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe im Text Begriffe, die ich schon kannte oder wo ich wusste, was sein konnte, eben gezeichnet. [...] Dann habe ich das mit Pfeilen so dargestellt, dass man weiß, von wem es ausgeht oder zu wem es kommt.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich glaube, ich fand es hilfreich, eine solche Veranschaulichung, also so ein Bild, zu machen. Für mich ist es generell einfacher, egal in was für einem Fach, wenn man das zusammenfasst mit einer Zeichnung vereinfacht.“
Schwergefallen	„Ja ich wusste nicht genau, da ging es ja auch um die Energie und so, wie ich das genau machen sollte.“
Besonders schwergefallen	„Weiß ich nicht.“
Hätte besser gelingen können	„Ja das Veranschaulichen. Ich habe jetzt wirklich nur mit Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid gearbeitet, aber ich hätte es halt noch besser machen können, wenn das Tier zum Beispiel tot ist, dass die Destruenten das dann zersetzen.“
Beim nächsten Mal anders	„Ich glaube, ich würde den Text noch einmal etwas langsamer durchlesen und nochmal im Kopf überlegen, wie ich das machen will. Ich habe ja jetzt auch gemerkt, dass ich den Menschen zunächst ganz vorne hingemalt habe, obwohl er ganz ans Ende kommt, sowas würde dann zum Beispiel nicht mehr passieren.“
Empfinden des lauten Denkens	„Es war ungewohnt, aber es war vielleicht auch ganz hilfreich, das so vor mich hinzusagen.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich glaube nicht.“

Emma – S8F

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

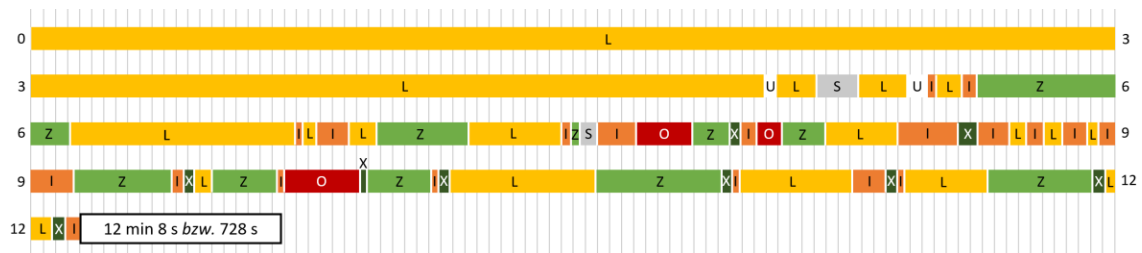
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
0	1	532	21

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

0 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„Sehr wenig. [...] [E: Hast du sowas schon einmal in anderen Fächern erstellt?] [...] Ja.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	■ = S	10	12.6	7.6	2	1.9	0.6
Austausch _{VAD}	■ = E	0	7.6	6.9	0	1.9	1.5
Explizite Relation _{AD}	■ = X	18	25.6	8.5	9	8.1	2.2
Liest _{gesamtAD}	■ = L	464	489.9	138.8	17	22.6	9.0
Liest _{vorabAD}	-	302	286.0	83.6	1	1.3	0.5
Liest _{währendAD}	-	162	203.9	71.4	16	21.3	9.1
Monolog _{AD}	■ = O	26	54.1	42.7	3	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	0	0	0	0	0
Punktet _{schriffiert_malt_ausAD}	■ = P	0	5.3	12.9	0	0.6	1.4
Schaut _{still_auf_die_ZeichnungAD}	■ = I	69	62.6	19.7	19	21.0	6.6
Uneindeutig _{SonstigesAD}	■ = U	5	1.0	1.8	2	0.4	0.7
Verwirft _{StrukturAD}	■ = W	0	9.9	9.7	0	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0.6	1.4	0	0.1	0.3
Zeichnet/notiert _{TextinformationAD}	■ = Z	136	171.6	107.1	10	20.1	7.8
Zeichnet _{gesamtAD}	■ = X, P, V, Z	154	203.0	116.9	19	29.0	9.7
Alle _{TätigkeitenAD}	■ = alle	728	840.6	258.8	62	89.3	26.4

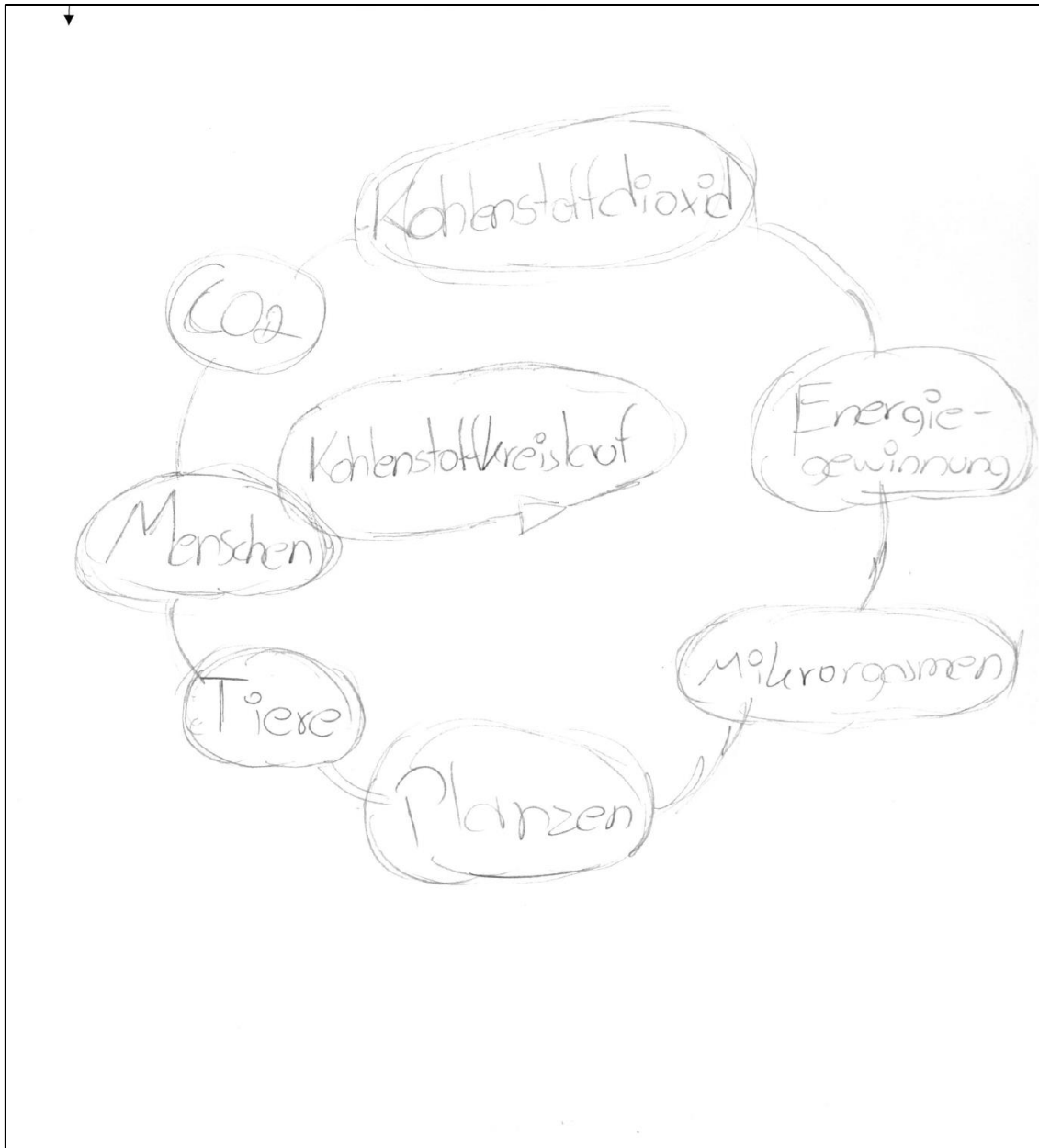
* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Bitte denke an das laute Denken, sobald du zeichnest.] Ok. [Die Schülerin schreibt den Begriff "Kohlenstoffkreislauf" in die Mitte des Blatts und nimmt sich mehrere Sekunden Zeit, um diesen zu umkreisen. Nach mehrmaligem Hin- und Herschauen zwischen Zeichnung und Text notiert sie den Begriff "Kohlenstoffdioxid".] [E: Probiere doch nochmal, etwas dazu zu sagen.] Der Kohlenstoffkreislauf kommt auch vom Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid ist auch in der Luft vorhanden, das heißt hier. [] Kohlenstoffdioxid ist in [] CO₂ vorhanden [notiert den Begriff "CO₂"]. [] [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen der Zeichnung und dem Text hin und her und notiert anschließend die Begriffe "Mensch" und "Tiere".] Durch CO₂ werden, äh durch Kohlenstoffdioxid werden CO₂ und durch CO₂ werden auch Menschen, dadurch leben Menschen und davon können auch Tiere leben, aber auch Pflanzen. [Sie notiert die Begriffe "Pflanzen" und "Mikroorganismen". Nach erneutem Lesen des Texts zählt sie die Anzahl der bereits notierten Begriffe. Sie liest dann erneut und notiert abschließend

den Begriff "Energiegewinnung".] Fertig. [E: Hast du bewusst keine Pfeilrichtung angezeigt?] Weil es ein Kohlenstoffkreislauf ist und es soll auch wie ein Kreislauf aussehen, also Kohlenstoff wird zu CO₂ und was sie alles bewirken und halt der Kreislauf sozusagen."

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

62.5% (5/8 Elemente), $M = 60.7$, $SD = 18.2$

62.5% (15/24 Gesamtpunkte), $M = 61.3$, $SD = 13.7$

40.0% (4/10 Relationen), $M = 45.7$, $SD = 14.0$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 3 der 5 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus keine weitere der 3 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

0.7 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 0.7$, $SD = 0.2$

1.2 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.2$, $SD = 0.5$

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich lese mir den Text einmal durch und wenn ich die Aufgaben lese, lese ich mir einfach den Text noch einmal durch, sodass ich es im Kopf nochmal durchgehen kann, was Sache ist oder was ich genau machen muss. Soll ich mir Begriffe rausschreiben? Ja.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe den Text durchgelesen und habe mir sozusagen im Kopf die wichtigsten Sachen markiert und habe sie dann ausgeschrieben.“
Mehrwert des Schaubilds	„Es hat mir sehr geholfen.“
Schwiergefallen	„Ja, viele unbekannte Wörter, die ich nicht kannte. [...] Es fiel mir halt sehr schwer, unbekannte Worte herauszufinden und dann ein Schaubild zu erstellen. Es war sehr schwer, sagen wir es so.“
Hätte besser gelingen können	„Ich hätte das Schaubild besser erklären können, sodass man es auch richtig versteht.“
Beim nächsten Mal anders	„Eigentlich nichts.“
Empfinden des lauten Denkens	„Es war gut, aber ich denke nicht viel.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein, eigentlich nicht.“

Ben – S8G

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Überdurchschnittlicher Zeichner	2	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

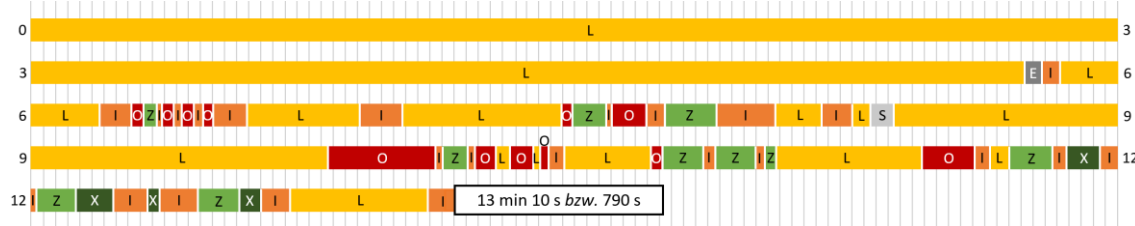
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	20	507	18

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1, 2] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

0 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 2.3$, $SD = 2.4$

„Schon öfter. In der aktuellen Klasse nicht so oft. [...] Vor zwei Jahren in Nawi über ein Thema. Aber sonst fällt mir gerade nicht ein, in welchem Fach wir das noch hatten.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	■ = S	4	12.6	7.6	1	1.9	0.6
Austausch _{VAD}	■ = E	3	7.6	6.9	1	1.9	1.5
Explizite _{RelationAD}	■ = X	17	25.6	8.5	4	8.1	2.2
Liest _{gesamtAD}	■ = L	576	489.9	138.8	13	22.6	9.0
Liest _{vorabAD}	-	345	286.0	83.6	1	1.3	0.5
Liest _{währendAD}	-	231	203.9	71.4	12	21.3	9.1
Monolog _{AD}	■ = O	53	54.1	42.7	12	11.0	8.3
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	0	0	0	0	0
Punktet _{schraffiert_malt_ausAD}	■ = P	0	5.3	12.9	0	0.6	1.4
Schaut _{still_auf_die_ZeichnungAD}	■ = I	79	62.6	19.7	23	21.0	6.6
Uneindeutig _{SonstigesAD}	■ = U	0	1.0	1.8	0	0.4	0.7
Verwirft _{StrukturAD}	■ = W	0	9.9	9.7	0	1.6	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0.6	1.4	0	0.1	0.3
Zeichnet/notiert _{TextinformationAD}	■ = Z	58	171.6	107.1	10	20.1	7.8
Zeichnet _{gesamtAD}	■ = X, P, V, Z	75	203.0	116.9	14	29.0	9.7
Alle _{TätigkeitenAD}	■ = alle	790	840.6	258.8	64	89.3	26.4

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Protokoll des lauten Denkens

„[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Soll ich jetzt laut dabei denken? [E: Ja.] [] Also wir haben die Erde und die Atmosphäre [] und dann sind die Menschen hier, die Ausatmen und CO₂ dadurch produzieren. [] Dann haben wir hier Pflanzen, [] die das CO₂ aufnehmen. [] [E: Du kannst auch nochmal in den Text schauen.] Ja. [] Pflanzen nehmen das CO₂ auf, die dann wiederum ein anderes Gas freigeben, die Mäuse und Hamster, also die dann Fotosynthese betreiben können durch Wasser und Sonne [] und betreiben dann Fotosynthese und das benutzen Pflanzenfresser oder Tiere als Nahrungsquelle. [Der Schüler setzt den Stift zum Weiterzeichnen an, liest danach allerdings im Text weiter.] [] Dann ist da der Mensch, der das auch aufnimmt, indem er Sachen isst, atmet oder so [] und die atmen dann wiederum aus und erzeugen das CO₂ dann wieder und so geht der Kreislauf. [Der Schüler liest noch einmal im Text nach.] [] Das war es.“

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

37.5% (3/8 Elemente), $M = 60.7$, $SD = 18.2$

50.0% (12/24 Gesamtpunkte), $M = 61.3$, $SD = 13.7$

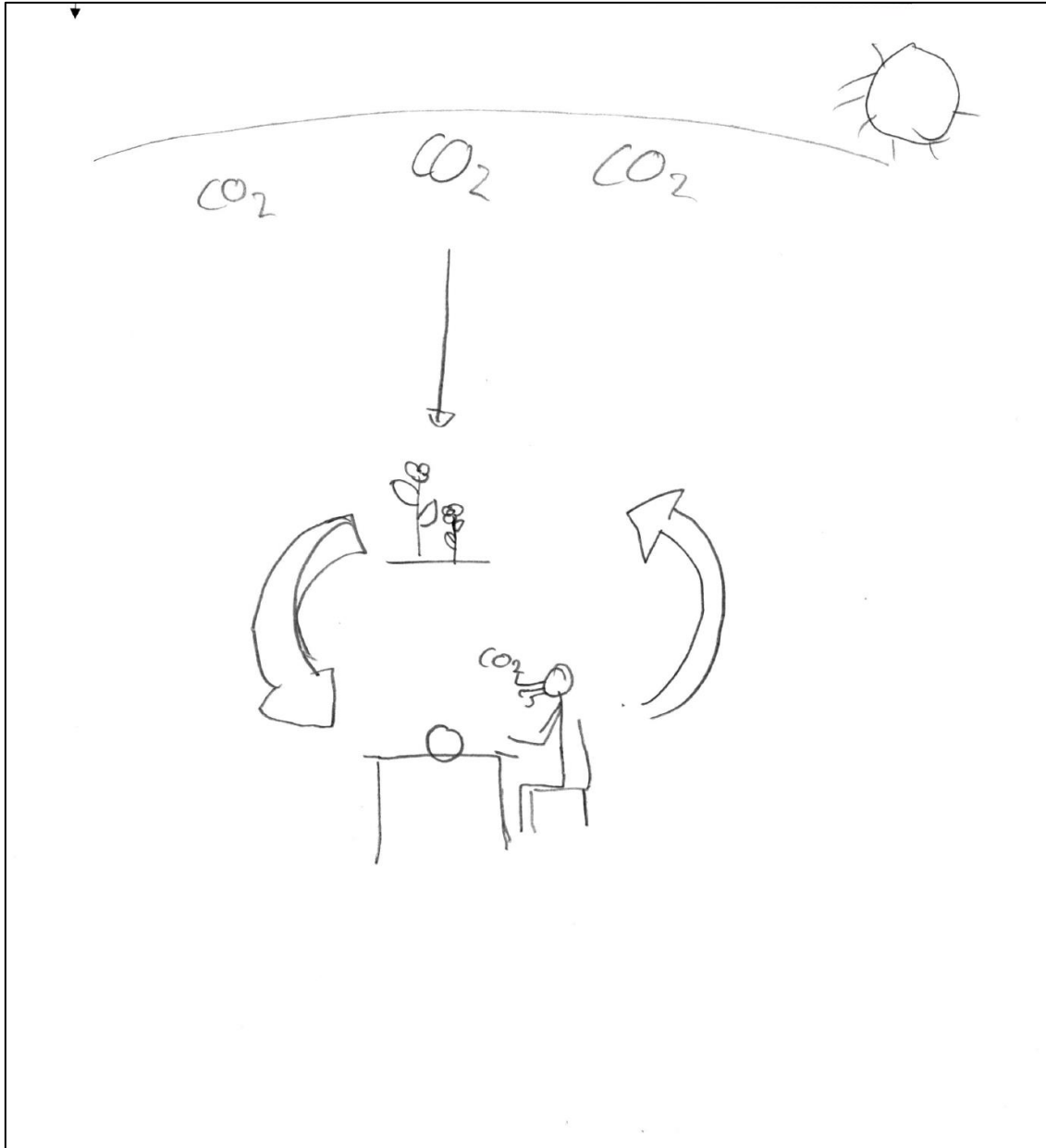
30.0% (3/10 Relationen), $M = 45.7$, $SD = 14.0$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 3 der 3 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Der Schüler nannte darüber hinaus keine weitere der 5 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

0.5 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 0.7$, $SD = 0.2$

0.9 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.2$, $SD = 0.5$

Arbeitsblatt



Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.

Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.

Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.

Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.

Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.

Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.

Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.

Stimme eher zu

Stimme eher nicht zu

Stimme voll und ganz zu

Stimme voll und ganz zu

Stimme eher zu

Stimme voll und ganz zu

Stimme eher nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe es mir durchgelesen und halt immer wieder versucht, die wichtigsten Sachen zusammenzusetzen, damit ich ein grobes Bild davon habe, wie es funktioniert.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Da habe ich es fast genauso gemacht. Ich bin den Text nochmal im Kopf durchgegangen und habe versucht es so aufzuzeichnen, wie es da auch war.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ja also das Schaubild war schon hilfreicher.“
Schwergefallen	„Ich habe den Text nicht überall ganz verstanden, deswegen war es etwas schwer zu zeichnen.“
Hätte besser gelingen können	„Wenn ich vielleicht davor schon eine grobe Zeichnung von dem Bild hätte.“
Beim nächsten Mal anders	„Eigentlich nichts. Dann würde ich es genauso machen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich fand es etwas besser, als wenn ich nur still sitze und das so zeichne.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich hätte es genauso gemacht.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Anhang 7.3: Ablaufdiagramme, Kontext 10.1

Klara – S10.1A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	1.5 (vgl. 5.8)	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

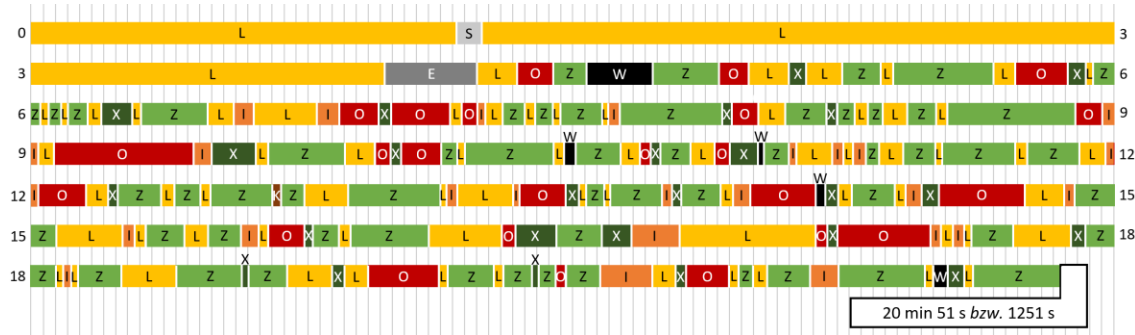
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
12	34	507	15

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

2 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.8$, $SD = 0.4$

„Pfeildiagramm, Fließdiagramm, ja. Ich mache das eigentlich ziemlich oft. Wenn man Stichpunkte schreiben darf, mache ich das eigentlich so gut wie immer.“ [...] „Ja, da hatten wir die Bestandteile des Bluts [...] und beim Wundverschluss haben wir das auch benutzt.“

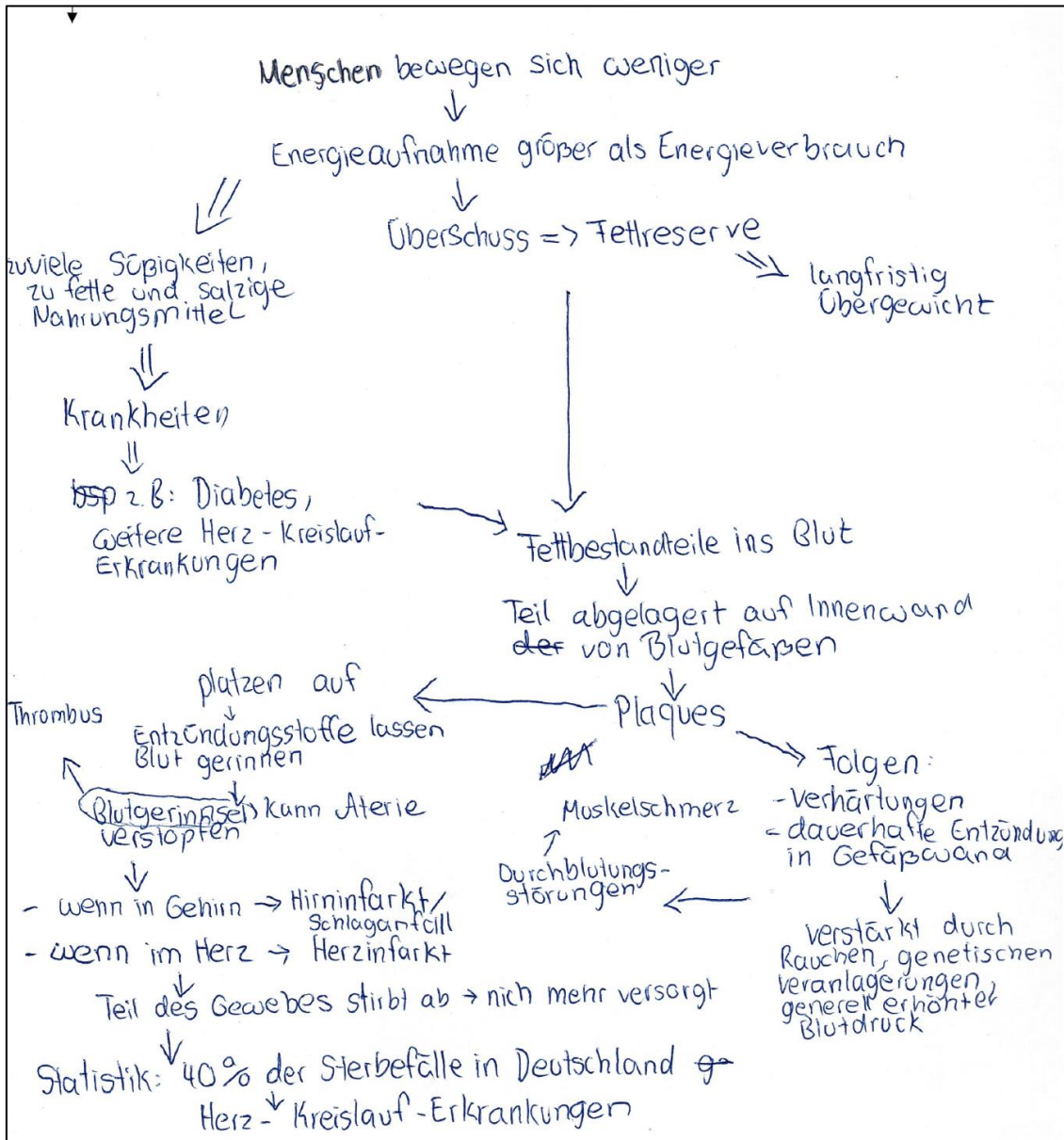
Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	= S	4	5.0	4.7	1	1.3	0.4
Austausch _{VAD}	= E	16	10.8	6.5	1	1.0	0.7
Explizite _{RelationAD}	= X	67	32.5	20.9	25	15.0	6.3
Liest _{gesamtAD}	= L	483	446.5	66.8	70	48.0	17.4
Liest _{vorabAD}	-	235	273.5	56.3	2	1.5	0.5
Liest _{währendAD}	-	248	173.0	61.4	68	46.5	16.9
Monolog _{AD}	= O	173	85.3	52.7	24	18.3	5.6
Off-task-Aktivität _{AD}	= K	1	1.0	1.2	1	0.8	0.8
Punktet _{schraffiert_malt_ausAD}	= P	0	0	0	0	0	0
Schaut _{still_auf_die_ZeichnungAD}	= I	67	56.3	30.3	24	22.8	3.0
Uneindeutig _{SonstigesAD}	= U	0	0	0	0	0	0
Verwirft _{StrukturAD}	= W	18	13.5	7.8	5	5.0	2.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert _{TextinformationAD}	= Z	422	363.5	76.0	55	48.0	9.8
Zeichnet _{gesamtAD}	= X, P, V, Z	489	396.0	83.7	80	63.0	11.8
Alle _{TätigkeitenAD}	= alle	1251	1014.3	218.2	206	160.0	38.5

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Arbeitsblatt



Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ok, ich würde jetzt wahrscheinlich mit Pfeilen arbeiten und Stichpunkte sozusagen miteinander verbinden. [E: Einfach vor dich hinreden.] Ok. Ok, dann würde ich am Anfang hinschreiben, dass sich viele Menschen weniger bewegen. Ich denke mal, dass die Gründe dafür nicht relevant sind. Dadurch ist die Energieaufnahme größer als der Energieverbrauch und dadurch wird der Überschuss als Fettreserve gespeichert und das führt zu Übergewicht. Dann würde ich einen Pfeil abgehend von "Energieaufnahme" machen, weil Energieaufnahme ist ja praktisch essen. Es geht darum, dass sich manche Menschen falsch ernähren, also zu viel Süßigkeiten, Fette oder salzige Nahrungsmittel essen und das kann auch zu Krankheiten führen, das heißt. Und dadurch kann es zu weiteren Erkrankungen führen, wie zum Beispiel Diabetes und der Entstehung weiterer Herz-Kreislauf-Erkrankungen und dann würde ich wahrscheinlich vom [...]. Falsche Ernährung ist ja praktisch ein Zusammenschluss aus beiden dieser Wege, also Überschuss der Fettreserve und den falschen Lebensmitteln und deshalb würde ich das zusammenfassen und dann hinschreiben, dass durch die falsche Ernährung die Fettbestandteile in das Blut gelangen und sich dann diese Plaques bilden. Dann lagert ja ein Teil der Fettbestandteile im Blut, also wird dort abgelagert auf der Innenwand der Gefäße und dann einfach noch den Namen [notiert "Plaques"]. Jetzt würde ich die Folgen aufschreiben. [Die Schülerin zeichnet ausgehend von "Plaques" jeweils Pfeile nach links und rechts und notiert "Folgen".] Dann ein Pfeil, da dies durch Rauchen und weitere Belastungen verstärkt werden kann. [Die Schülerin liest mehrmals im Text nach.] Und dadurch entstehen Durchblutungsstörungen und. Jetzt würde ich einen weiteren Pfeil von diesen Plaques aus machen und zwar für den Fall, dass diese aufplatzen und dann die Folgen usw. hinschreiben und wenn die Aufplatzen werden Entzündungsstoffe frei und durch diese gerinnt das Blut und verstopft dadurch die Arterie, war es glaube ich. Dadurch bildet sich ein Blutgerinnsel, das die Arterie verstopfen kann. Und dann noch ein Pfeil von Blutgerinnsel, einmal eingekreist, zu Thrombus. Wenn sich dieser Vorgang im Gehirn oder Herz ereignet, spricht man von einem Herzinfarkt oder Schlaganfall und dann würde ich noch die Folgen aufschreiben, dass 40% der Sterbefälle in Deutschland auf Herz-Kreislauf-Erkrankungen zurückgehen. Und jetzt noch zum Herz. Wenn das im Herz passiert, kommt es zu einem Herzinfarkt. Und

darunter kommt noch ein Pfeil, weil in beiden Fällen ein Teil des Gewebes stirbt, also Herzgewebe oder ein Hirnareal, und dadurch nicht mehr versorgt werden kann [] und dann noch ein Pfeil zu "nicht mehr versorgt werden kann". [] Dann nur noch ein Pfeil zur Statistik, 40% der Sterbefälle und dann ein Pfeil zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen. [] Ok, dann wäre ich fertig."

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1, 2], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
93.8% (15/16 Elemente), $M = 79.7$, $SD = 9.3$	87.5% (21/24 Gesamtpunkte), $M = 81.3$, $SD = 8.6$
93.3% (14/15 Relationen), $M = 76.7$, $SD = 12.0$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 11 der 15 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus nicht die letzte relevante Textinformation, die im Text stand, aber nicht gezeichnet wurde.	
1.4 <i>Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}</i> , $M = 1.5$, $SD = 0.3$	
1.0 <i>Punkte_pro_Minute_{AD}</i> , $M = 1.2$, $SD = 0.4$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Wenn ich Schwierigkeiten habe, lese ich die Stelle mehrmals oder ich habe unten auf das Schaubild geschaut, um mir die Textstelle zu erklären.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Eher chaotisch, aber irgendwie hilft es mir, wenn ich einfach immer Stichpunkte notiere und die dann verbinden, so wie sie zusammengehören, also mit Pfeilen.“
Mehrwert des Schaubilds	„Es ist schon sinnvoll, wenn man die Stichpunkte aufschreibt und sich dadurch nochmal Gedanken darüber macht. So bleibt es mehr im Kopf, weil man sich damit mehr beschäftigt hat, wo was hin muss und was zusammenhängt. Das ist nochmal anders, als wenn ich nur den Text gelesen hätte. Für das Kurzzeitgedächtnis hätte der Text wahrscheinlich auch gereicht, aber für das Langzeitgedächtnis ist das Schaubild schon besser.“
Schwergefallen	„Ja, Platzprobleme. Ich fang entweder zu groß oder zu klein an.“
Hätte besser gelingen können	„Wahrscheinlich, dass es etwas übersichtlicher ist, weil jetzt sieht alles etwas kreuz und quer aus. Für mich ist es optimal, aber vielleicht nicht für eine außenstehende Person.“
Beim nächsten Mal anders	„Eher nichts, weil es für mich wahrscheinlich die beste Variante ist.“
Empfinden des lauten Denkens	„Sehr komisch, weil ich jetzt nicht wusste, was ich sagen soll und was nicht. Ich schaue mir eigentlich immer nur den Text an und übernehme die wichtigsten Informationen in das Schaubild, deshalb wusste ich jetzt nicht, was ich sagen soll.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein, so mache ich das eigentlich immer für mich. Vielleicht ist das nicht der Weg einer anderen Person. Aber wenn die sich das anschaut und sich reindenkt, denke ich schon, dass es verständlich ist.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Paul – S10.1B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Unterdurchschnittlicher Zeichner	2	2.5 (vgl. 5.8)

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

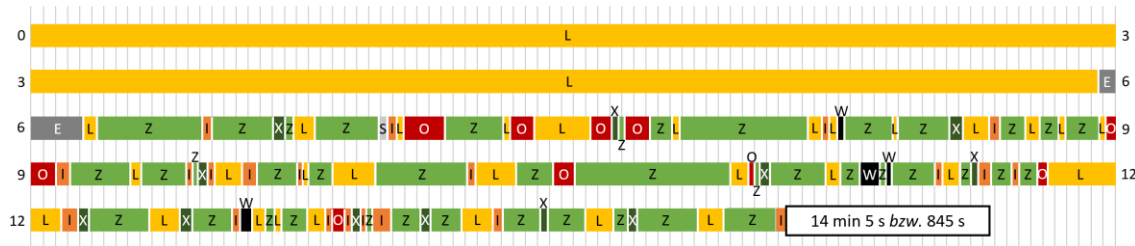
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
12	34	742	51

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

1 relevante kontextbezogene Information wurden benannt, $M = 1.8$, $SD = 0.4$

„In Biologie, dieses Halbjahr jetzt wieder, zweimal mindestens. Und wenn man es einmal macht, bekommt man schnell den Bogen raus und dann ist es auch leicht. [...] Beim Wundverschluss. Das andere ist mir gerade entfallen.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	■ = S	1	5.0	4.7	1	1.3	0.4
Austausch_V _{AD}	■ = E	11	10.8	6.5	1	1.0	0.7
Explizite_Relation _{AD}	■ = X	18	32.5	20.9	12	15.0	6.3
Liest_gesamt _{AD}	■ = L	459	446.5	66.8	30	48.0	17.4
Liest_vorab _{AD}	-	357	273.5	56.3	1	1.5	0.5
Liest_während _{AD}	-	102	173.0	61.4	29	46.5	16.9
Monolog _{AD}	■ = O	33	85.3	52.7	9	18.3	5.6
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	0	1.0	1.2	0	0.8	0.8
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	■ = P	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	■ = I	32	56.3	30.3	21	22.8	3.0
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	■ = U	0	0	0	0	0	0
Verwirft_Struktur _{AD}	■ = W	7	13.5	7.8	4	5.0	2.5
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	■ = Z	284	363.5	76.0	41	48.0	9.8
Zeichnet_gesamt _{AD}	■ = X, P, V, Z	302	396.0	83.7	53	63.0	11.8
Alle_Tätigkeiten _{AD}	■ = alle	845	1014.3	218.2	119	160.0	38.5

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Arbeitsblatt

1. Übermäßiger Nahrungskonsum / zu viel Süß/Salz etc.
- ↳ 2. Energieaufnahme größer als Energieverbrauch
- ↳ 3. ein Teil d. Fettbestandteile wird nicht verarbeitet, lagert sich ab an den Innenwänden von Blutgefäßen ab (Plaques)
- ↳ 4. Folge: Verkätfungen + dauerhafte Entzündungen in Gefäßwand (verursacht durch Rauchen + erhöhter Blutdruck + Genetik)
- ↳ 5. Gewebe können sich dann bei körperlicher Belastung nicht mehr erweitern.
- ↳ 6. Durchblutungsstörungen (z.B.: Muskelschmerzen)
- ↳ 7. Plaques platzen → Verstopfen anderer Blutgefäße
- ↳ 8. Blutgerinnsel (Thrombus)
- ↳ 9. -Nah am Herz → Herzinfarkt
- ↳ 9. -Nah am Gehirn → Schlaganfall
- ↳ 10. Gewebe stirbt teilweise ab (40% der Sterbefälle)

Protokoll des lauten Denkens

„[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Meinen Sie mit Schaubild, dass ich es auch beschriften soll, also ein Flussdiagramm? [E: Du kannst es darstellen, wie du magst.] [] [E: Bitte das laute Denken beachten.] Ach ja. Die Energieaufnahme ist dann meistens größer als der Energieverbrauch, [] dadurch bleibt zu viel übrig, also zu viel Fettreserve. [] Dann werden sie nicht vollständig verbraucht, ein Teil lagert an den Innenwänden von Blutgefäßen ab. [] Dadurch kommt es zu Verkätfungen und dauerhaften Entzündungen [] der Gefäßwand, [] verursacht durch Rauchen []. Fünftes. [] Die Gewebe können sich dann bei körperlicher Belastung nicht mehr erweitern []. Die Folge davon sind Durchblutungsstörungen, [] zum Beispiel Muskelschmerzen. [] Dann platzen diese Blutgefäße. [] In Folge freiwerdender Entzündungsstoffe werden dann anderen Blutgefäße durch Blutgerinnung verstopfen. [] Dadurch gibt es ein Blutgerinnsel, [], das heißt Thrombus. So, jetzt kommt hier [unverständl.]. [] Neuntens, nah am Herz, Herzinfarkt. [] Nah am Gehirn, Schlaganfall. [] Gewebe stirbt teilweise ab. [] Bonuspunkt, rund 40% der Sterbefälle.“

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1, 2], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

81.3% (13/16 Elemente), $M = 79.7$, $SD = 9.3$ 75% (18/24 Gesamtpunkte), $M = 81.3$, $SD = 8.6$ 80.0% (12/15 Relationen), $M = 76.7$, $SD = 12.0$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 8 der 13 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Der Schüler nannte darüber hinaus keine weitere der 3 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

1.8 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 1.5$, $SD = 0.3$ 1.3 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.2$, $SD = 0.4$

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme gar nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe den Text gelesen und die wichtigsten Wörter unterstrichen, die den Inhalt des Satzes sehr gut widerspiegeln, [...] sodass, wenn ich nochmal über den Text lese, nur noch diese Wörter lesen muss, um den Text zu verstehen. Dadurch habe ich leichter die Stichpunkte aufschreiben können.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe die Reihenfolge des Texts beachtet und habe die unterschiedlichen Stichpunkte auf das Blatt nochmal neu aufgeschrieben, vielleicht etwas kürzer gefasst. Insgesamt habe ich mich an die Reihenfolge gehalten.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich denke es ist sinnvoll, dass man sich es nochmal herausschreibt. Man sagt ja auch so, durch Schreiben lernt mal nochmal besser. Und das ist ja auch so. Ich konnte es zumindest eine Minute später nochmal ungefähr aufsagen. Ich denke, es ist auch sinnvoll, wenn man später einen Lernzettel hat und nicht nochmal auf den Text gucken muss.“
Schwergefallen	„Schwer fiel mir nichts wirklich.“
Beim nächsten Mal anders	„Wenn ich einen Textmarker benutzen würde, würde ich auch nichts anders machen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Man hat es immer ein bisschen vergessen. Ich habe geschrieben und dann war ich da so drin und dann habe ich vergessen, laut zu denken. Aber das laute Denken, wenn man sich das Ganze nochmal aufsagt, dann kann man es bestimmt nochmal besser.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Ich glaube nicht, wenn ich so ein Schaubild mache, versuche ich die Hauptinformationen rauszuschreiben, sodass ich es selbst gut verstehen kann [...].“
Abschließende Anmerkung	Keine

Carolin – S10.1C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	1.5 (vgl. 5.8)	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

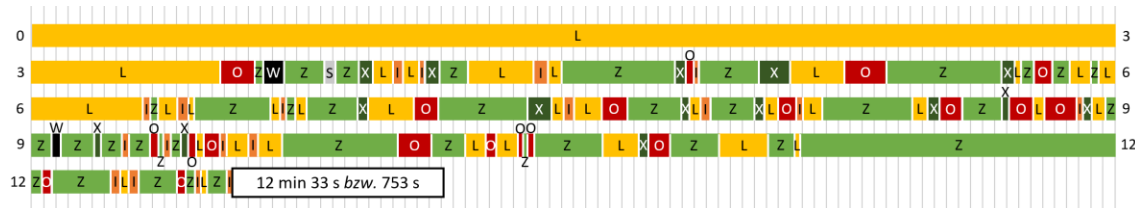
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
12	34	722	47

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

2 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.8$, $SD = 0.4$

„Ziemlich oft eigentlich in Biologie und Physik. [...] In Biologie hatten wir den Wundverschluss, zur Nahrungskette, also zur Nahrungsaufnahme auch etwas. In Physik war es ein Energieflussdiagramm.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
<i>Austausch_SAD</i>	█ = S	2	5.0	4.7	1	1.3	0.4
<i>Austausch_VAD</i>	█ = E	0	10.8	6.5	0	1.0	0.7
<i>Explizite_RelationAD</i>	█ = X	31	32.5	20.9	15	15.0	6.3
<i>Liest_gesamtAD</i>	█ = L	335	446.5	66.8	32	48.0	17.4
<i>Liest_vorabAD</i>	-	211	273.5	56.3	1	1.5	0.5
<i>Liest_währendAD</i>	-	124	173.0	61.4	31	46.5	16.9
<i>MonologAD</i>	█ = O	62	85.3	52.7	20	18.3	5.6
<i>Off-task-AktivitätAD</i>	█ = K	0	1.0	1.2	0	0.8	0.8
<i>Punktet_schraffiert_malt_ausAD</i>	█ = P	0	0	0	0	0	0
<i>Schaut_still_auf_die_ZeichnungAD</i>	█ = I	25	56.3	30.3	19	22.8	3.0
<i>Uneindeutig_SonstigesAD</i>	█ = U	0	0	0	0	0	0
<i>Verwirft_StrukturAD</i>	█ = W	5	13.5	7.8	2	5.0	2.5
<i>(Vor-)strukturiertAD</i>	█ = V	0	0	0	0	0	0
<i>Zeichnet/notiert_TextinformationAD</i>	█ = Z	293	363.5	76.0	36	48.0	9.8
<i>Zeichnet_gesamtAD</i>	█ = X, P, V, Z	324	396.0	83.7	51	63.0	11.8
<i>Alle_TätigkeitenAD</i>	█ = alle	753	1014.3	218.2	125	160.0	38.5

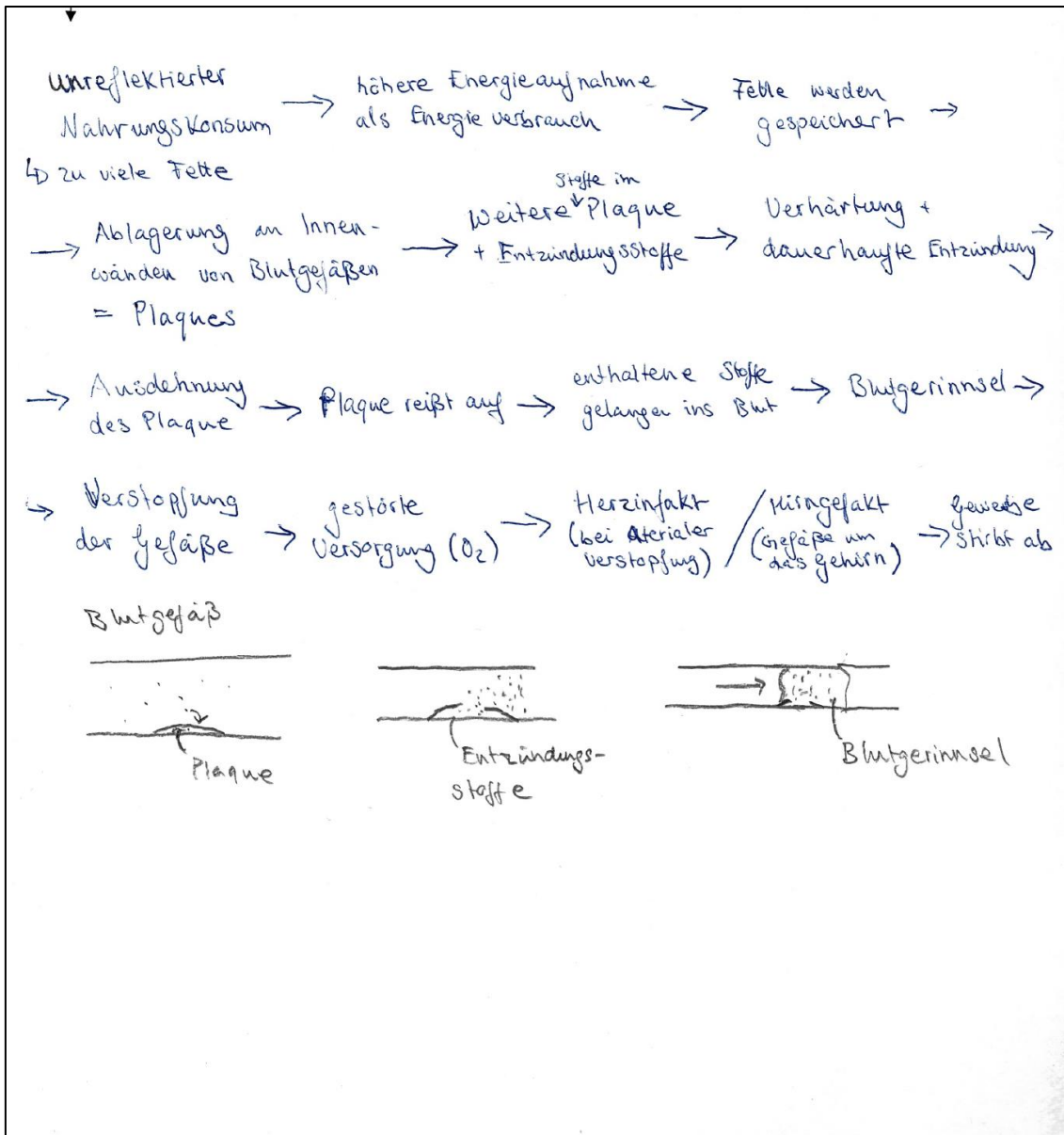
* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Am Anfang vom Kreislauf steht der unreflektierte Nahrungskonsum. [] Dabei sind meist zu viele Fette und die Fette können nicht ganz aufgenommen werden und werden abgespeichert. [] Das hängt auch mit dem fehlenden Sport zusammen. [] Ein Teil der überschüssigen Fetten wird auch in den Innenwänden von den Blutgefäßen abgespeichert. [] Der Fachbegriff dazu ist Plaque. [] Weitere Stoffe lagern sich im Plaque ab [] außerdem auch Entzündungsstoffe. [] Dadurch entsteht eine Verhärtung und eine dauerhafte Entzündung. [] Wenn sich das Plaque ausdehnt, kann es aufreißen [] und die darin enthaltenen Stoffe gelangen ins Blut. [] Durch die Stoffe, die dann im Blut sind, entsteht ein Blutgerinnsel, [] das bedeutet, dass die Blutgefäße verstopft sind, also kann das Blut nicht mehr gut fließen und die Versorgung ist gestört. [] Unter anderem wird mit dem Blut Sauerstoff [] transportiert und wenn der fehlt, können die Gewebe oder Organe danach nicht mehr funktionieren. [] Natürlich kann das bei verschiedenen Blutgefäßen passieren. Ist es in einer Arterie, führt es zum Herzinfarkt und beim Hirninfarkt [] oder Schlaganfall [] sind es die Gefäße um das Gehirn. [] Wenn es

nicht versorgt werden kann, ist das Gewebe abgestorben. [Die Schülerin zeichnet nachfolgend den bereits auf dem Arbeitsblatt dargestellten Prozess der Plaquebildung.] [] Die Fettteilchen, die überschüssig im Blut sind, lagern sich im Plaque ab, [] das größer wird und aufreißt [] und die übermäßigen Stoffe und auch die Entzündungsstoffe [] in der Blutbahn, sodass sich ein Blutgerinnsel gebildet hat [] und das Blut nicht mehr weiter fließen kann.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1, 2], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

68.8% (11/16 Elemente), $M = 79.7$, $SD = 9.3$
 60.0% (9/15 Relationen), $M = 76.7$, $SD = 12.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

91.7% (22/24 Gesamtpunkte), $M = 81.3$, $SD = 8.6$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 6 der 11 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus keine weitere der 5 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

1.6 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 1.5$, $SD = 0.3$

1.8 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.2$, $SD = 0.4$

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe Zeile für Zeile gelesen und wenn ein Satz unklar war, habe ich den noch einmal gelesen, bis ich den Satz verstanden hatte. Ich habe mir so ein Überblick geschaffen, wo die Information steht, die ich brauche. Im oberen Teil war so eine Art Einleitung und im unteren Teil standen die Fachbegriffe.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe mich an der Reihenfolge des Texts orientiert, das heißt es hat auch angefangen mit der Ernährung, was ja auch der Beginn des Problems ist und dann habe ich ein Fließdiagramm gemacht aus der Folge eines jeden Problems. Ich habe dann nochmal einzelne Begriffe im Text nachgeschaut.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich denke schon, dass es hilfreich ist, weil man die Informationen nochmal auf einen Blick sieht. In einem Text ist es ja nicht ganz übersichtlich. Auch die Zeichnung nochmal selbst zu machen, das einfach nochmal zu wiederholen, war hilfreich.“
Schwergefallen	„Nein.“
Hätte besser gelingen können	„Die Zeichnung vielleicht detaillierter anfertigen. Da waren zum Beispiel keine Erythrozyten drin.“
Beim nächsten Mal anders	„Genauer zeichnen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Es ist auch ein bisschen Eigenübung, weil man überlegt, was mache ich jetzt wirklich und vorher nochmal wirklich bewusst durchgeht, bevor man es macht. [E: Also hat dir das laute Denken eher geholfen?] Ja.“

Leah – S10.1D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	3	2.5 (vgl. 5.8)

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

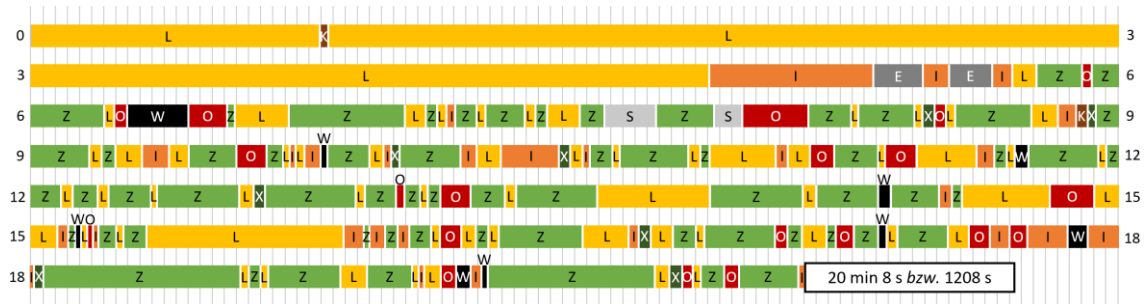
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	15	507	15

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

2 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 1.8$, $SD = 0.4$

„Es wurde nicht so oft von uns verlangt. Manchmal bekommt man zwar Seiten auf, die man lesen soll, aber dann nochmal das Wichtigste rauszuschreiben, wird uns dann überlassen.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
<i>Austausch_SAD</i>	☐ = S	13	5.0	4.7	2	1.3	0.4
<i>Austausch_VAD</i>	☐ = E	16	10.8	6.5	2	1.0	0.7
<i>Explizite_RelationAD</i>	☐ = X	14	32.5	20.9	8	15.0	6.3
<i>Liest_gesamtAD</i>	☐ = L	509	446.5	66.8	60	48.0	17.4
<i>Liest_vorAD</i>	-	291	273.5	56.3	2	1.5	0.5
<i>Liest_währendAD</i>	-	218	173.0	61.4	58	46.5	16.9
<i>MonologAD</i>	☐ = O	73	85.3	52.7	20	18.3	5.6
<i>Off-task-AktivitätAD</i>	☐ = K	3	1.0	1.2	2	0.8	0.8
<i>Punktet_schraffiert_malt_ausAD</i>	☐ = P	0	0	0	0	0	0
<i>Schaut_still_auf_die_ZeichnungAD</i>	☐ = I	101	56.3	30.3	27	22.8	3.0
<i>Uneindeutig_SonstigesAD</i>	☐ = U	0	0	0	0	0	0
<i>Verwirft_StrukturAD</i>	☐ = W	24	13.5	7.8	9	5.0	2.5
<i>(Vor-)strukturiertAD</i>	☐ = V	0	0	0	0	0	0
<i>Zeichnet/notiert_TextinformationAD</i>	☐ = Z	455	363.5	76.0	60	48.0	9.8
<i>Zeichnet_gesamtAD</i>	☐ = X, P, V, Z	469	396.0	83.7	68	63.0	11.8
<i>Alle_TätigkeitenAD</i>	☐ = alle	1208	1014.3	218.2	190	160.0	38.5

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Das heißt, ich soll es jetzt zeichnen? [E: Ja. Die Darstellungsweise ist dir überlassen.] Also kann ich es auch verschriftlichen? [E: Ja.] Ok. ☐ Normalerweise arbeite ich so mit einem Text, dass ich mir erst einmal die Überschrift notiere ☐ und die wichtigsten Themen zusammenfasse ☐ und dann mit Hilfe des Schaubilds zum Beispiel mich vorbereite für eine Kursarbeit. ☐ [E: Bitte denke an das laute Denken.] Dadurch, dass ich schon am Anfang des Lesens alles markiert habe, was ich für wichtig halte, schreibe ich mir diese Sätze [E: Du musst nicht begründen, was du machst, sondern nur sagen, was dir in den Sinn kommt.] Achso. Der überflüssige Nahrungskonsum führt ja zu gesundheitlichen

Risiken und die Energieaufnahme ist oftmals größer als der Energieverbrauch. Das führt zu Übergewicht. Dazu gehören zum Beispiel Fette, Süßigkeiten, usw. Das kann dann zu Diabetes führen, also wenn man zu viel davon aufnimmt oder zu hohem Blutdruck, der die Blutgefäße schädigt und fördert auch die Entstehung von Kreislauf-Erkrankungen. Wenn durch falsche Ernährung Fettbestandteile in das Blut gelangen, dann lagern sich diese Fettbestandteile an den Innenwänden der Blutgefäße ab. Diese Ablagerungen nennt man eben Plaques und die Folge des Ganzen sind Verhärtungen und eben dauerhafte Entzündungen in der Gefäßwand. Die Schädigungen können gefördert werden durch Rauchen, genetische Veranlagung und einen generell erhöhten Blutdruck. Dadurch kommt es zu Durchblutungsstörungen, die in von Muskelzellen, [sucht nach dem Zusammenhang im Text] ja auftreten können und wenn ein Plaque aufplatzt, dann wird die Blutgerinnung verstopft, also die Blut, nein warte. Also wenn die Plaque aufplatzt, dann kommt es zu einer Verstopfung der Blutgefäße. Daraufhin bildet sich ein Blutgerinnsel, der auch Thrombus genannt wird. Und dann wird eben noch beschrieben, wenn das im Herz, also in den Blutgefäßen am Herz, wenn es eben dort abläuft, führt es zu einem Herzinfarkt. Also wenn sich diese Blutgefäße am Herz befinden kommt es zum Herzinfarkt und wenn sich die Blutgefäße eben im Gehirn befinden bzw. die Blutgefäße, die das Gehirn versorgen. Dabei stirbt ein Teil des Gewebes ab. Das fand ich eigentlich so das Wichtigste vom Text.“

Arbeitsblatt

↑
 Überschuss in Wohlstandsgesellschaften

- überschüssiger Nahrungskonsum führt zu gesundheitlichen Risiken
- Energieaufnahme oftmals größer als der Energieverbrauch
 ↳ über führt zu Übergewicht
 ↓
 Fette, Süßigkeiten usw.
- kann zu Diabetes ~~schwer~~, hohen Blutdruck → schädigt Blutgefäße
 ↳ fördert Kreislauf-Erkrankungen
- ~~Fettbestandteile~~ ^{wenn} wenn zu viele Fettbestandteile ins Blut gelangt, lagert sich ein Teil an den Innenwänden von Blutgefäßen ab
 ↳ Ablagerungen nennt man Plaques
- Folge: Verhärtungen, dauerhafte ~~z.B.~~ Entzündungen in Gefäßwand
- Rauchen, genetische Veranlagungen ~~führen zu~~ ^{tragen zu} die Schädigung bei
- ⁴ ^{wenn} Plaque ausplatzt, kommt es zu einer Verstopfung der Blutgefäße
 ↳ daraufhin bildet sich ein Blutgerinnsel → Thrombus
- ~~Herz Blutgefäße am Herz~~
 ↳ wenn sich diese Blutgefäße an Herz befinden, kommt es zum Herzinfarkt
- wenn sich die Blutgefäße ~~in Gehirn befinden~~ ^{in Gehirn befinden} die das Gehirn versorgen betreffen sind, kommt es zum Schlaganfall
 ↳ stirbt ein Teil des Gewebes ab

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1, 2], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
75.0% (12/16 Elemente), $M = 79.7$, $SD = 9.3$	70.8% (17/24 Gesamtpunkte), $M = 81.3$, $SD = 8.6$
73.3% (11/15 Relationen), $M = 76.7$, $SD = 12.0$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 7 der 12 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>keine</u> weitere der 4 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.1 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.5$, $SD = 0.3$	
0.8 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 1.2$, $SD = 0.4$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Wenn ich den Text lese, markiere ich mir immer das Wichtigste und dadurch habe ich schon, wenn ich dann zu dem Schaubild komme, die wichtigsten Sachen markiert, sodass ich diese dann herausschreiben kann. Ich persönlich weiß, dass ich auch manchmal die unnötigen Sachen herausschreibe, die jetzt vielleicht nicht so wichtig sind, die ich aber als wichtig empfinde. Dann versuche ich den Text ggf. in eigenen Worten bzw. die Stichpunkte nochmal in eigenen Worten zu formulieren. Dadurch, dass ich das alles nochmal laut sagen musste, konnte ich es mir noch einmal besser merken. Ich persönlich finde es auch immer besser, wenn man es nochmal verschriftlichen muss. Ich weiß, ich kann etwas besser lernen, wenn ich es noch einmal aufschreibe, als es mir nur durchzulesen.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Ich habe mir immer nochmal den Text angeschaut und die markierten Wörter, die ich mir schon am Anfang beim Durchlesen markiert habe. Dann habe ich versucht die Sätze so zu formulieren, dass man die versteht und dass es eben gegliedert ist, also auch eine Reihenfolge hat.“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich fand es hilfreich, weil ich persönlich es eher gerne nochmal aufschreibe und dann kann ich es mir schon gut merken.“
Schwergefallen	„Ja, das alles nochmal laut zu sagen, war dann schon irgendwie ein bisschen verwirrend, weil normalerweise schaue ich es mir noch einmal an und überlege ein bisschen, dann schreibe ich es einfach auf. Das empfand ich in dem Fall ein bisschen verwirrend, es nochmal laut sagen zu müssen. [E: Und jetzt in Bezug auf das, was du aufgeschrieben hast. Gab es dabei irgendwelche Schwierigkeiten?] Eigentlich nicht. Bis auf einen Satz, da habe ich es am Anfang nicht ganz so richtig verstanden.“
Hätte besser gelingen können	„Nein, eigentlich nicht. Ich würde mir am Ende nochmal mein Schaubild anschauen und dann nochmal überlegen, ob das auch alles wichtig ist, zu wissen. Sonst würde ich es eigentlich nicht anders machen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Jetzt fand ich es nicht so gut, weil es ein bisschen meinen Gedankengang gestört hat. Weil ich es nicht genauso formuliert habe, wie ich es laut wiedergegeben habe, deswegen hätte ich es ohne lautes Denken besser gefunden.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein, genauso.“
Abschließende Anmerkung	„Was ich zum Beispiel manchmal nicht so gut im Unterricht finde, dass es uns überlassen wird, wie wir das zeichnen müssen [zeigt auf das Mikroskop]. Ich habe selbst gemerkt, dass es nicht nur an mir liegt, sondern auch an anderen Mitschülern, die gar keine Ahnung haben, wie man es zeichnen muss. Erst danach wurde uns an der Tafel gezeigt, wie wir es eigentlich sollen und jeder musste dann die Zeichnung nochmal wegmachen und dann nochmal zeichnen. Ich würde es einfach besser finden, wenn es uns am Anfang nochmal erklärt wird, von innen nach außen oder andersherum. Dann zu dem Schaubild: Wenn wir einen Text lesen sollen, dann schreibe ich es mir ehrlich gesagt nicht heraus, wenn es nicht von mir verlangt wird, sondern markiere einfach.“

Anhang 7.4: Ablaufdiagramme, Kontext 10.2

Hannah – S10.2A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	1	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

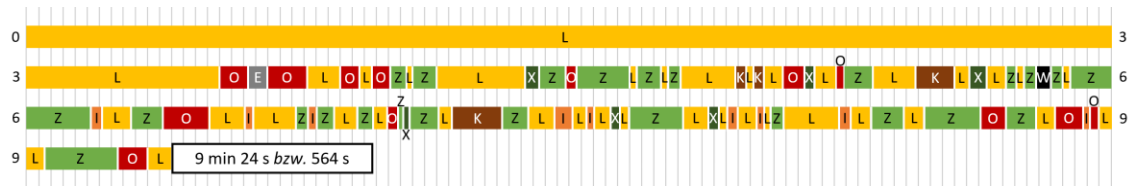
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
18	79	719	47

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1a-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

0 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 0.8$, $SD = 0.8$

„Ein paarmal haben wir das schon gemacht. [...] Ich glaube, das haben wir auf jeden Fall bei Fotosynthese gemacht. Da auf jeden Fall. Und wir hatten das beim Wundverschluss gemacht.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



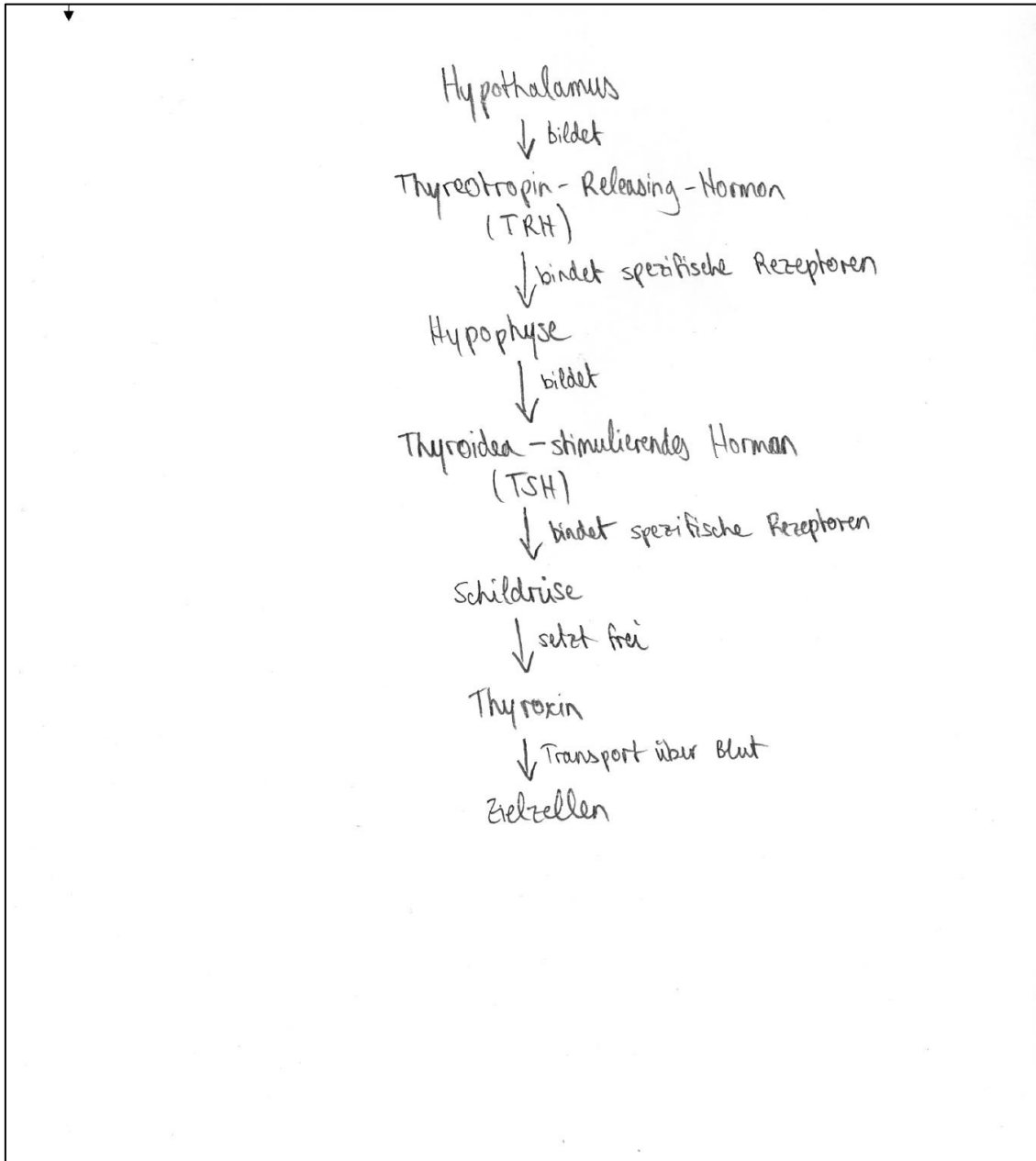
Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	█ = S	0	1.5	2.6	0	0.3	0.4
Austausch_V _{AD}	█ = E	3	19.3	11.0	1	2.3	1.1
Explizite_Relation _{AD}	█ = X	12	17.5	6.3	6	7.8	3.1
Liest_gesamt _{AD}	█ = L	344	475.5	201.8	36	39.3	16.9
Liest_vorab _{AD}	-	212	284.5	82.7	1	2.5	1.1
Liest_während _{AD}	-	132	191.0	120.6	35	36.8	16.6
Monolog _{AD}	█ = O	48	20.8	17.6	13	6.0	5.2
Off-task-Aktivität _{AD}	█ = K	19	5.0	8.1	4	1.3	1.6
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	█ = P	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	█ = I	15	59.3	36.3	9	22.3	13.4
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	█ = U	0	5.5	6.2	0	1.0	1.0
Verwirft_Struktur _{AD}	█ = W	2	5.0	4.3	1	2.3	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	█ = V	0	4.0	6.9	0	0.8	1.3
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	█ = Z	121	219.5	158.2	24	33.0	17.3
Zeichnet_gesamt _{AD}	█ = X, P, V, Z	133	241.0	162.9	30	41.5	19.9
Alle_Tätigkeiten _{AD}	█ = alle	564	832.8	381.9	94	116.0	46.8

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ich fang an. Das Schaubild, wie ich es darstelle, ist mir überlassen, oder? [E: Ja.] Also da das Gehirn den Zeitpunkt der Ausschüttung des Thyroxins regelt und da die Zellen des Hypothalamus, deswegen fange ich jetzt damit an. [] Und der Hypothalamus gibt das Thyreotropin-Releasing-Hormon ab, abgekürzt TRH, [] das schreibe ich jetzt darunter [] TRH. [...] Das wiederum bildet in der benachbarten Hirnregion Hypophyse. Ja, schreibe ich mal dazu oder veranlasst in der Hypophyse die Bildung eines weiteren Hormons. [] Jetzt schreibe ich noch dazu, um es etwas genauer zu machen, wie die Pfeile, also die einzelnen Hormone, zusammenhängen. [] Dieses Hormon [gemeint ist TSH] gelangt dann zur Schilddrüse letztendlich, [] welche daraufhin das Thyroxin freisetzt und. [] Ja. [] Also hier erweitere ich nochmal. Das [gemeint ist TRH] bindet an spezifische Rezeptoren [] und dann noch der Abschluss, dass das Thyroxin über das Blut zu den Zielzellen gelangt. [] Und jetzt schaue ich nochmal, ob ich alles habe [], aber es sieht komplett aus. Das heißt, ich bin fertig soweit.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1, 2], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
60.0% (9/15 Elemente), $M = 71.7$, $SD = 13.6$	91.7% (22/24 Gesamtpunkte), $M = 85.4$, $SD = 3.6$
60.0% (6/10 Relationen), $M = 75.0$, $SD = 11.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 7 der 9 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus <u>eine</u> weitere der 6 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.6 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.5$, $SD = 0.4$	
2.3 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 1.7$, $SD = 0.6$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir gegeben, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir gegeben, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Erstmal habe ich den Text ganz durchgelesen und dann, weil ich die Aufgabe schon wusste, dass ich ein Schaubild über die Hormonregulation anfertigen soll, deswegen bin ich noch mal intensiver auf den mittleren Abschnitt eingegangen und habe geschaut, was die einzelnen Schritte da sind, um es schon mal verstanden zu haben. Dann habe ich daraufhin das Schaubild gezeichnet.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Da ich durch das Lesen schon wusste, dass es wie eine Kettenreaktion ist, habe ich auch gedacht, dass es am sinnvollsten ist, mit Pfeilen und wie so eine Kette darzustellen, sodass ich es selbst auch am einfachsten verstehe. Deswegen war das naheliegend. Ich bin dann den Abschnitt, in dem es stand, alles dann nochmal durchgegangen, Schritt für Schritt, je nachdem, wie weit ich beim Schaubild schon war.“
Mehrwert des Schaubilds	„Nein, also ich denke, das ist schon gut, gerade wenn man es lernen soll, dann ist es einfacher das so zu haben, weil im Text sich die Wörter oft wiederholen und dann das und das. Deswegen ist es im Schaubild eigentlich ganz gut darzustellen.“
Schwergefallen	„Nein, nicht direkt.“
Hätte besser gelingen können	„Nein, ich bin eigentlich ganz zufrieden.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ganz komisch. Ich weiß, vor allem ist es ja so, dass man letztendlich nicht alles sagt, was man denkt, sondern sich dann eher noch Gedanken darüber macht, was man sagen soll und dass es verständlich ist. [...] Es hat mich auch etwas abgelenkt, wenn man nicht ganz bei der Sache ist, weil wie gesagt, man konzentriert sich mehr auf das Reden.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	<i>Keine Anmerkung</i>

Melinda – S10.2B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

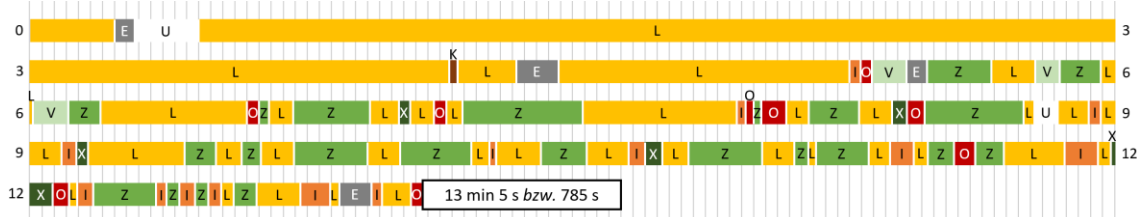
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
13	41	827	66

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1a-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

0 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 0.8$, $SD = 0.8$

„Oft. Zum Beispiel hatten wir gerade das Immunsystem und da machen wir auch die Abfolge, wenn ein Virus oder Bakterium in den Körper eindringt, auch mit Pfeilen und Bildern. [...] Sonst fällt mir spontan kein Thema ein, weil wir hatten ja seit einem Jahr kein Bio mehr.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	■ = S	0	1.5	2.6	0	0.3	0.4
Austausch _{VAD}	■ = E	19	19.3	11.0	4	2.3	1.1
Explizite _{RelationAD}	■ = X	13	17.5	6.3	5	7.8	3.1
Liest _{gesamtAD}	■ = L	488	475.5	201.8	36	39.3	16.9
Liest _{vorabAD}	-	294	284.5	82.7	4	2.5	1.1
Liest _{währendAD}	-	194	191.0	120.6	32	36.8	16.6
Monolog _{AD}	■ = O	22	20.8	17.6	9	6.0	5.2
Off-task-Aktivität _{AD}	■ = K	1	5.0	8.1	1	1.3	1.6
Punktet _{schräftigt_malt_ausAD}	■ = P	0	0	0	0	0	0
Schaut _{still_auf_die_ZeichnungAD}	■ = I	37	59.3	36.3	14	22.3	13.4
Uneindeutig _{SonstigesAD}	■ = U	15	5.5	6.2	2	1.0	1.0
Verwirft _{StrukturAD}	■ = W	0	5.0	4.3	0	2.3	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	■ = V	16	4.0	6.9	3	0.8	1.3
Zeichnet/notiert _{TextinformationAD}	■ = Z	174	219.5	158.2	23	33.0	17.3
Zeichnet _{gesamtAD}	■ = X, P, V, Z	203	241.0	162.9	31	41.5	19.9
Alle _{TätigkeitenAD}	■ = alle	785	832.8	381.9	97	116.0	46.8

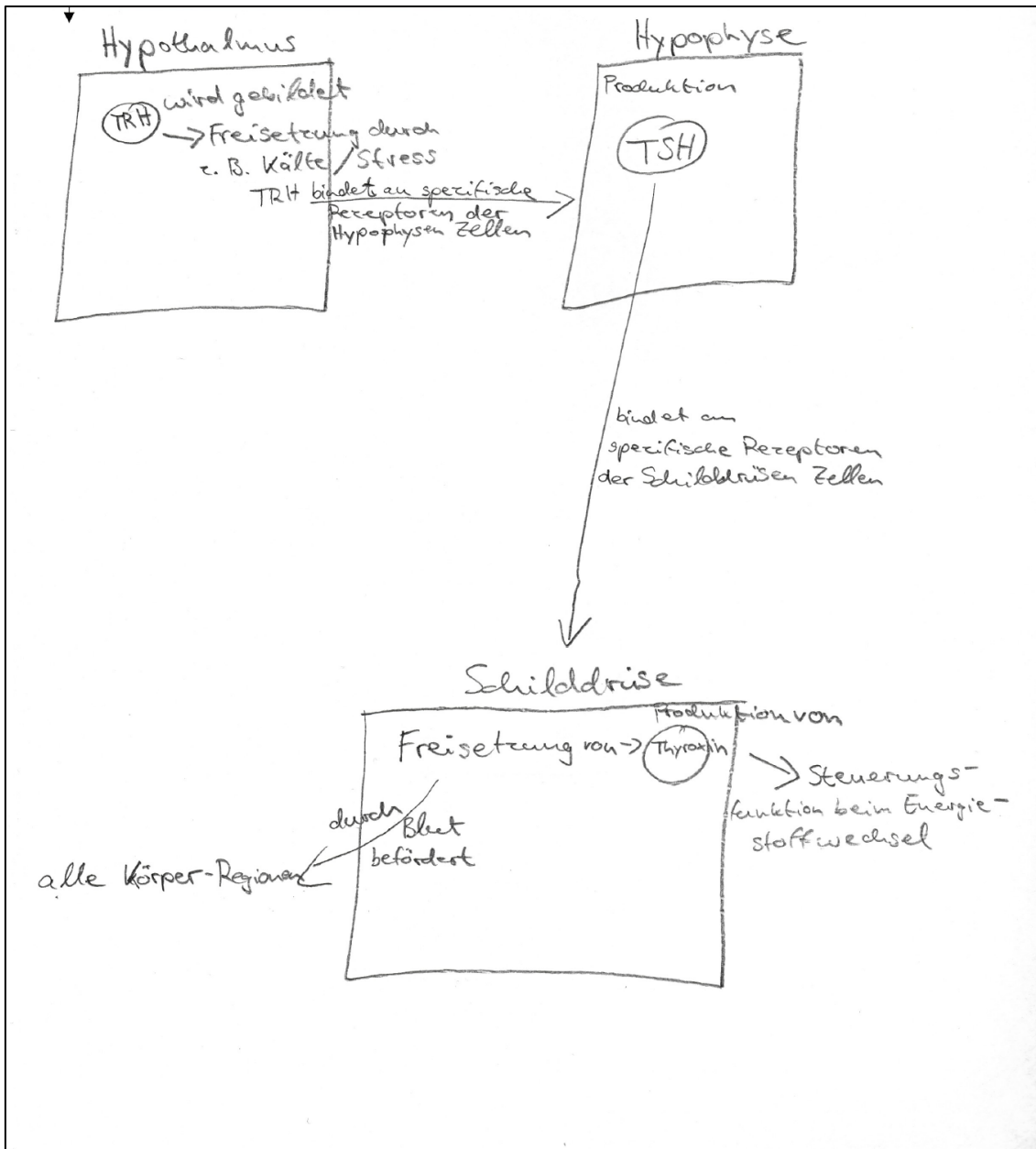
* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Habt ihr ein Textmarker? [E: Nein.] Ich hole ihn. [Die Schülerin holt zum Markieren des Texts einen Textmarker aus der Tasche.] Die Hormonregulation also in einem Schaubild darstellen, wie das funktioniert? [E: Ja.] Oh je. [Die Schülerin liest den Text und die Aufgabenstellung erneut.] Also erstmal, ich mal jetzt einfach, egal. Hier ist der Hypothalamus [zeichnet ein Rechteck, das den Hypothalamus repräsentiert] und [] und hier erstmal die Hypophyse [zeichnet ein Rechteck, das die Hypophyse repräsentiert] [] und die Schilddrüse [zeichnet ein Rechteck, das die Schilddrüse repräsentiert]. [] In der Schilddrüse wird das Hormon Thyroxin produziert [] und das hat eine wichtige Steuerungsfunktion beim Energiestoffwechsel. [] Die Zellen des Hypothalamus bilden das [] THR [] und die Freisetzung erfolgt durch Kälte oder Stress beispielsweise. [] Das TRH bindet an die Hypophysenzellen an spezifische Rezeptoren der Zellen. [] Und dadurch

produziert die Hypophyse das TSH [] und das gelangt in die Schilddrüse und bindet dort wiederum an spezifische Rezeptoren [] der Schilddrüsenzellen [] und daraufhin wird Thyroxin freigesetzt. [] Danach befördert das Blut es in alle Körperregionen. [] Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein? [E: Das ist deine Entscheidung.] Nein, ich lasse es jetzt weg."

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung

73.3% (11/15 Elemente), $M = 71.7$, $SD = 13.6$

83.3% (20/24 Gesamtpunkte), $M = 85.4$, $SD = 3.6$

80.0% (8/10 Relationen), $M = 75.0$, $SD = 11.2$

Im Zuge der Verständnisfragen wurden 9 der 11 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Die Schülerin nannte darüber hinaus eine weitere der 4 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.

1.5 Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}, $M = 1.5$, $SD = 0.4$

1.5 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 1.7$, $SD = 0.6$

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme gar nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe es ganz normal gelesen und alles, was den Ablauf erklärt hat und für die Aufgabenstellung wichtig war, habe ich markiert.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Im Text war ja der Ablauf beschrieben und dann bin ich einfach chronologisch von oben nach unten durchgegangen und habe aufgezeichnet, was als erstes kam usw..“
Mehrwert des Schaubilds	„Ich find es war schon hilfreich, weil man dann nochmal ein Überblick hat, und man versteht es mehr.“
Schwergefallen	„Wie man es sozusagen aufzeichnet, man weiß ja nicht, wie die Zellen aussehen oder wie das in der Hypophyse oder sonst wo aussieht.“
Besonders schwergefallen	„Es ist relativ schwierig, ein Schaubild zu zeichnen, aber, wenn man ungefähr weiß, was überhaupt die Hypophyse oder Hypothalamus ist, dann ist es, denke ich, einfacher, wenn es darum geht, wie man es aufzeichnet.“
Hätte besser gelingen können	„Jetzt so spontan ohne Vorwissen eigentlich nicht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Schwierig. Es ist halt komisch. Ich habe mir auch noch so gedacht, ich verstehe das nicht ganz, es ist vielleicht auch etwas unangenehm. [...] Abgelenkt hat es aber nicht unbedingt, aber ich fand es nicht wirklich hilfreich.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Dann hätte ich vielleicht das mit der negativen Rückkopplung noch ergänzt. *lacht*.“
Abschließende Anmerkung	„Bei einem Ablauf ist es immer praktisch, eine Zeichnung zu machen. Man versteht es nochmal besser und hat einen Überblick. Das laute Denken war natürlich, dass ihr jetzt versteht, was ich jetzt da mache, aber für mich persönlich hat es nichts gebracht.“

Victoria – S10.2C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	1.5 (vgl. 5.8)	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

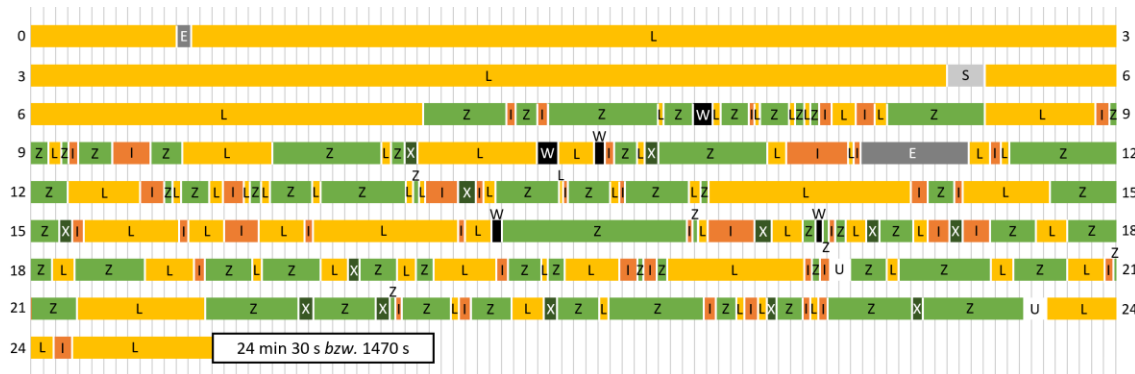
Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
5	3	594	26

Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1a-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

1 relevante kontextbezogene Information wurde benannt, $M = 0.8$, $SD = 0.8$

Die Fragen zur Vorerfahrung mit Ablaufdiagrammen sind entfallen, da die Zeichnung kein Ablaufdiagramm darstellte.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch_S _{AD}	█ = S	6	1.5	2.6	1	0.3	0.4
Austausch_V _{AD}	█ = E	21	19.3	11.0	2	2.3	1.1
Explizite_Relation _{AD}	█ = X	28	17.5	6.3	13	7.8	3.1
Liest_gesamt _{AD}	█ = L	798	475.5	201.8	66	39.3	16.9
Liest_vorab _{AD}	-	416	284.5	82.7	3	2.5	1.1
Liest_während _{AD}	-	382	191.0	120.6	63	36.8	16.6
Monolog _{AD}	█ = O	0	20.8	17.6	0	6.0	5.2
Off-task-Aktivität _{AD}	█ = K	0	5.0	8.1	0	1.3	1.6
Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	█ = P	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	█ = I	110	59.3	36.3	44	22.3	13.4
Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	█ = U	7	5.5	6.2	2	1.0	1.0
Verwirft_Struktur _{AD}	█ = W	11	5.0	4.3	5	2.3	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	█ = V	0	4.0	6.9	0	0.8	1.3
Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	█ = Z	489	219.5	158.2	63	33.0	17.3
Zeichnet_gesamt _{AD}	█ = X, P, V, Z	517	241.0	162.9	76	41.5	19.9
Alle_Tätigkeiten _{AD}	█ = alle	1470	832.8	381.9	196	116.0	46.8

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Protokoll des lauten Denkens

„[Die Schülerin beginnt zu lesen.] Darf ich unterstreichen? [E: Ja, klar.] [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab. Danach überträgt sie das Schaubild, das sich auf dem Blatt der Textgrundlage befindet, auf das Blatt der Aufgabenstellung. Sie beginnt dann den Text in Stichpunkten zusammenzufassen.] [] Kann man hier auch ein Flussdiagramm machen? [E: Klar.] Ok. [E: Ich gebe dir ein neues Blatt.] Ich kann sonst auch die Rückseite verwenden. []“ [Sie wechselt auf die Blattrückseite, um

nochmal komplett neu anzufangen. Sie verzichtet im Nachfolgenden auf lautes Denken, da sich die Versprachlichung der Gedanken bereits bei den vorab gestellten Fragen als Hürde herausstellte und große Sprechpausen innerhalb von Sätzen vorkamen. Ihre Erstsprache ist Spanisch.]”

Arbeitsblatt

1. Gehirn bildet Zellen des Hypothalamus (TRH: Thyreo - tropin - Releasing - Hormon) → Kälte / Stress : Freisetzung des Hormons
2. TRH bindet in der Hypophyse → Thyreoidea - stimulierendes Hormon wird produziert (TSH)
3. TSH → Schilddrüse → TSH bindet an spezifische Rezeptoren der Schilddrüsenzellen
4. Schilddrüse setzt Thyroxin frei
→ Blut befördert Hormone im Körper
5. Körperzellen besitzen spezifische Rezeptoren für Thyroxin (Zielzellen)
6. Hypothalamus, Hypophyse → spezifische Rezeptoren
→ Thyroxin kann dort binden → Bindung hemmt Synthese u. Freisetzung von TRH / TSH
→ Hemmung (negative Rückkopplung)
→ Stabilisierung des Hormonhaushaltes

Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
93.3% (14/15 Elemente), $M = 71.7$, $SD = 13.6$	83.3% (20/24 Gesamtpunkte), $M = 85.4$, $SD = 3.6$
90.0% (9/10 Relationen), $M = 75.0$, $SD = 11.2$	
Das kontextbezogene Verständnis wurde auf Grund der sprachlichen Verständnisprobleme nicht erfasst.	
0.9 <i>Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}</i> , $M = 1.5$, $SD = 0.4$	
0.8 <i>Punkte_pro_Minute_{AD}</i> , $M = 1.7$, $SD = 0.6$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Zuerst habe ich angefangen zu lesen und gleichzeitig unterstrichen, was ich wichtig fand.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Zuerst wollte ich ein Bild zeichnen, aber dann fand ich es nicht so übersichtlich und dann habe ich ein Flussdiagramm gemalt.“
Mehrwert des Schaubilds	„Es war auf jeden Fall besser, als nur den Text zu lesen.“
Schwergefallen	„Vielleicht das Wichtige knapp zu formulieren.“
Hätte besser gelingen können	„Ja, es wäre mir vielleicht besser gelungen, wenn ich das alleine mache und nicht unter so vielen Menschen.“
Beim nächsten Mal anders	„Vielleicht nicht so viel schreiben.“
Empfinden des lauten Denkens	„Eher störend.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„[...] Es wäre genauso gewesen.“

Pablo – S10.2D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Unterdurchschnittlicher Zeichner	2	3

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	20	614	29

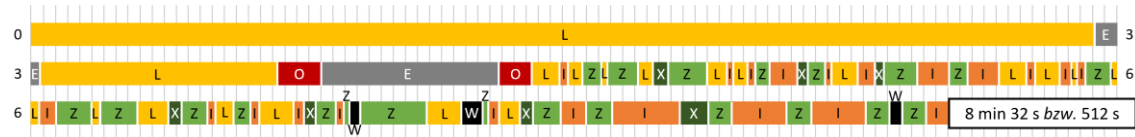
Vorerfahrungen mit dem Kontext [Vor_AD_1a-3] und mit Ablaufdiagrammen [mRef_AD_8a, b]

2 relevante kontextbezogene Informationen wurden benannt, $M = 0.8$, $SD = 0.8$

„Ein paarmal. Was wir machen, sind meistens Mindmaps. [...] Dieses Prinzip hier kann man schlecht mit einer Mindmap darstellen, finde ich. Eine Darstellungsweise wie diese bisher nur bei der negativen Rückkopplung im Zusammenhang mit der hormonellen Regulation des Testosterons. In anderen Fächern, wie zum Beispiel Erdkunde, haben wir es schon häufiger gemacht.“

An anderer Stelle berichtete der Schüler auf die Frage „Hattest du die hormonelle Regulation schon einmal im Unterricht?“ das Folgende: „Ja, wir hatten das am Beispiel von Testosteron und nicht bei der Schilddrüse gemacht. Deswegen meinte ich vorhin auch, dass ich das mit der negativen Rückkopplung schon hatte, konnte es allerdings nicht erklären. [...]“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung



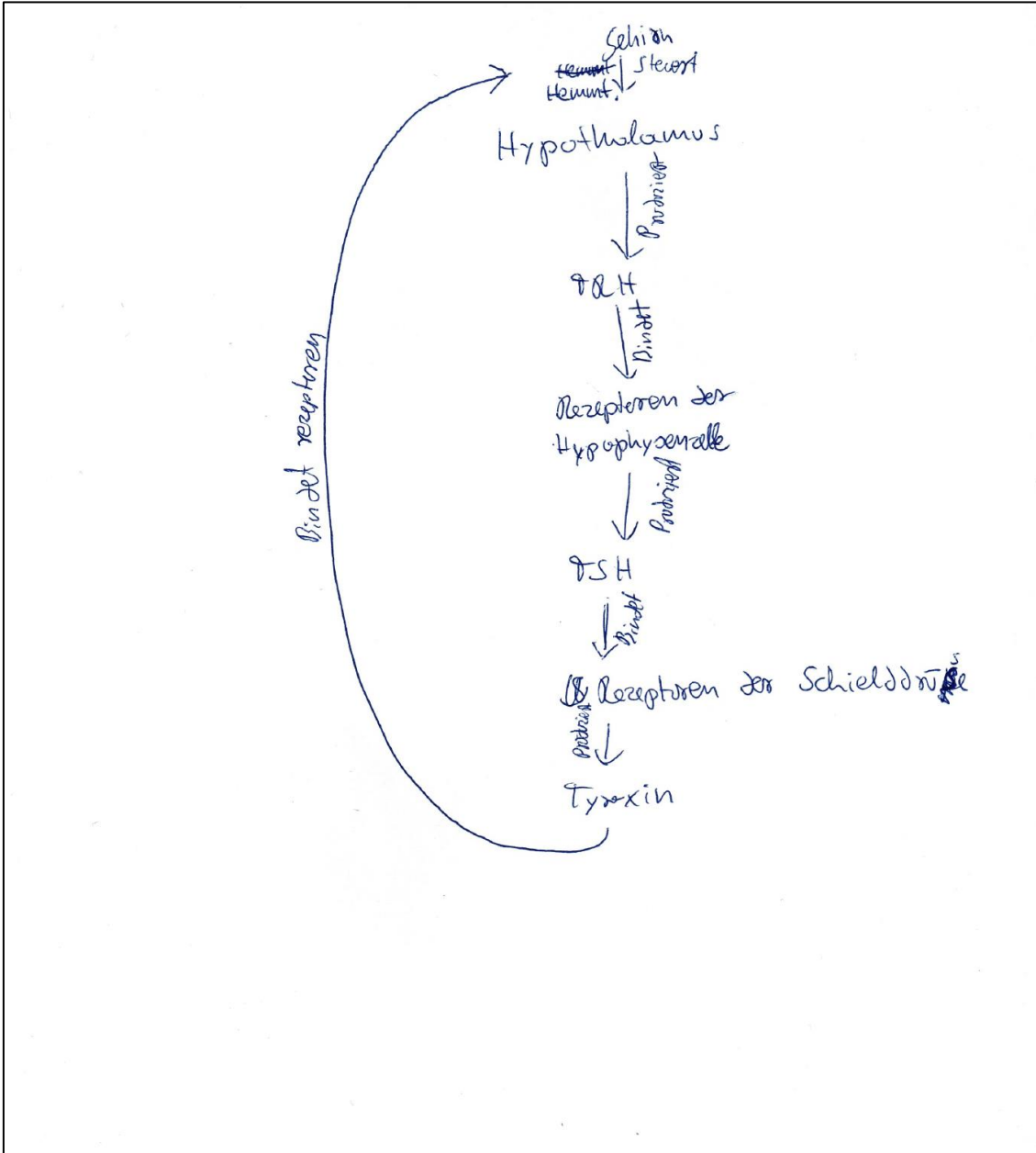
Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{SAD}	█ = S	0	1.5	2.6	0	0.3	0.4
Austausch _{VAD}	█ = E	34	19.3	11.0	2	2.3	1.1
Explizite _{RelationAD}	█ = X	17	17.5	6.3	7	7.8	3.1
Liest _{gesamtAD}	█ = L	272	475.5	201.8	19	39.3	16.9
Liest _{vorabAD}	-	216	284.5	82.7	2	2.5	1.1
Liest _{währendAD}	-	56	191.0	120.6	17	36.8	16.6
Monolog _{AD}	█ = O	13	20.8	17.6	2	6.0	5.2
Off-task-Aktivität _{AD}	█ = K	0	5.0	8.1	0	1.3	1.6
Punktet _{schraffiert_malt_ausAD}	█ = P	0	0	0	0	0	0
Schaut _{still_auf_die_ZeichnungAD}	█ = I	75	59.3	36.3	22	22.3	13.4
Uneindeutig _{SonstigesAD}	█ = U	0	5.5	6.2	0	1.0	1.0
Verwirft _{StrukturAD}	█ = W	7	5.0	4.3	3	2.3	1.9
(Vor-)strukturiert _{AD}	█ = V	0	4.0	6.9	0	0.8	1.3
Zeichnet/notiert _{TextinformationAD}	█ = Z	94	219.5	158.2	22	33.0	17.3
Zeichnet _{gesamtAD}	█ = X, P, V, Z	111	241.0	162.9	29	41.5	19.9
Alle _{TätigkeitenAD}	█ = alle	512	832.8	381.9	77	116.0	46.8

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Protokoll des lauten Denkens

„[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Darf ich den behalten, während ich zeichne? [E: Ja, klar.] Gut. [] Das ist kompliziert beides darzustellen. [E: Tatsächlich, in die Aufgabenstellung hat sich ein Fehler eingeschlichen.] [Der Versuchsleiter ersetzt "den Kohlenstoffkreislauf" gegen "das Schaubild".] [...] Ok, wir haben den Hypothalamus. [] TRH. [unverständlich.] [] Es bindet an die Rezeptoren [] der Hypophysenzelle. [] Die Hypophyse produziert dann [] TSH. [] [unverständlich.] [] Thyroxin wird freigesetzt. [] Ok. [] Genau. [] Fertig.“

Arbeitsblatt



Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis [Ver_AD_1-3], Leistung

Inhaltliche Beurteilung der Zeichnung	Kriteriale Beurteilung der Zeichnung
60.0% (9/15 Elemente), $M = 71.7, SD = 13.6$	83.3% (20/24 Gesamtpunkte), $M = 85.4, SD = 3.6$
70.0% (7/10 Relationen), $M = 75.0, SD = 11.2$	
Im Zuge der Verständnisfragen wurden 9 der 9 gezeichneten Textinformationen (Elemente) erinnert. Der Schüler nannte darüber hinaus <u>zwei</u> weitere der 6 möglichen relevanten Textinformationen, die im Text standen, aber nicht gezeichnet wurden.	
1.9 Elemente&Relationen_pro_Minute _{AD} , $M = 1.5, SD = 0.4$	
2.3 Punkte_pro_Minute _{AD} , $M = 1.7, SD = 0.6$	

Selbsteinschätzung [Se_AD_1-5, Se_MZ_5, 6]

Das Schaubild hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Schaubild hat mir geholfen, den Kontext zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Bei der Aufgabenbearbeitung war ich ganz bei der Sache.	Die Auswahl relevanter Begriffe fiel mir schwer.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Mündliche Reflexionsfragen [mRef_AD_1-7, 9, 10]

Vorgehen beim Lesen des Texts	„Ich habe es mir einfach durchgelesen und dabei wichtige Schlüsselwörter entweder unterstrichen oder irgendwie markiert und das war es eigentlich.“
Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds	„Da habe ich einfach nach den Schlüsselwörtern, die ich unterstrichen hatte, gesucht und bin im Zusammenhang vom Text geblieben.“
Mehrwert des Schaubilds	„Es hat schon geholfen es zu verstehen oder wieder reinzukommen.“
Schwergefallen	„Nein.“
Hätte besser gelingen können	„Vielleicht diese Verbindung zur Rückkopplung, dass quasi die Ausschüttung des Thyroxins auch dazu führt, dass es gleichzeitig gehemmt wird. Quasi dieser Pfeil nach oben.“
Beim nächsten Mal anders	„Vielleicht irgendwie die Begriffe vorne nach Zahlen sortieren, dass man eine Reihenfolge hat, also durchnummerieren.“
Empfinden des lauten Denkens	„Dasselbe wie vorher. Merkwürdig, aber es hat mich nicht unbedingt gestört beim Zeichnen.“
Einfluss des Aufgabenzusatzes	„Nein eigentlich nicht.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Anhang 7.5: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 7

Laura – S7A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	38	885	90

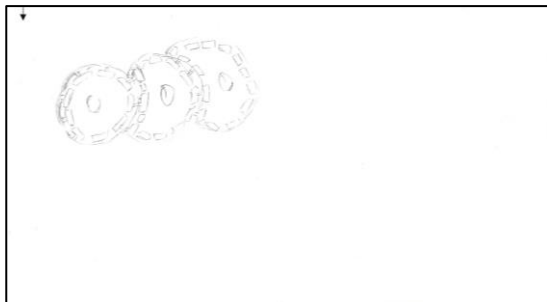
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	Zweimal
Bereits gezeichnete Objekte	Zwiebelzelle, Haarwurzel
Regeln der Lehrkraft	Größenverhältnisse der gezeichneten Objekte zueinander beachten, genau zeichnen
Bewertungskriterien der Lehrkraft	Größenverhältnisse, genau zeichnen, nichts zeichnen, was man nicht sieht
Bewertung der Zeichnungen	Ja
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

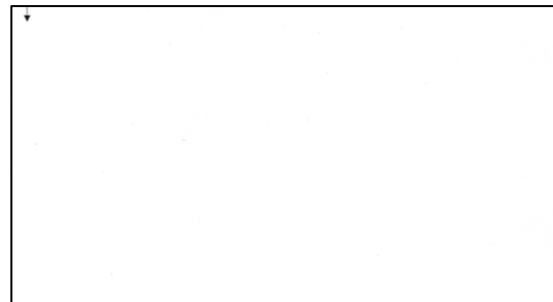
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Jetzt wird es schwer. Das haben wir durchgenommen. Das kann ich auf jeden Fall sagen. Das steht in unserem Biobuch der fünften oder sechsten Klasse. Aber ich kann es so nicht mehr sagen.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Ja. Ich weiß das haben wir durchgenommen, aber so konkret könnte ich das jetzt nicht sagen, weil ich viel vergessen habe.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
33.3% (12/36 Gesamtpunkte), $M = 45.5$, $SD = 11.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 0$, $SD = 0$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellkern_{pfl.}, Zellplasma_{pfl.}

Kommentar: Es wurden Strukturen gezeichnet, bei denen es sich nur vermuten lässt, ob es sich um eine Zellwand handelt. Die Zellwand ist stellenweise durchbrochen, wie beispielsweise an Stellen, an denen Plasmodesmen das Cytoplasma benachbarter Zellen miteinander verbinden.

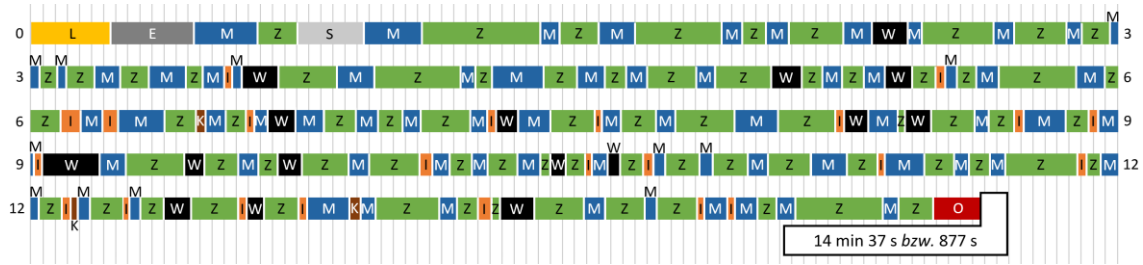
Anmerkung der Schülerin: „[...] Ok. Jetzt fange ich mal an. Wie war die aufgebaut? Ich muss ehrlich sagen, ich weiß nicht, ob ich überhaupt noch etwas davon weiß. [unverständl.] Ich kann jetzt schon sagen, dass es nicht richtig ist, das merke ich, aber ich weiß, dass die [Zellen] irgendwie verbunden waren. Ich bin mir nicht sicher, ob die so verbunden waren. Ok, das ist falsch.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [...] Wenn ich laut denke, dann tue ich es einfach, wenn nicht, dann lasse ich es. [Sie schaut sehr häufig zwischen dem Mikroskop und dem Blatt hin- und her, mikroskopiert und zeichnet. Die Zellwände der Zellen werden stets nur gestrichelt dargestellt.] So ich glaube, ich habe so langsam alles. Ich gucke noch einmal drüber. [...]“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[...] Dann mache ich das hier etwas deutlicher, am besten alles auf einer Seite, dann habe ich schön viel Platz. [Sie zeichnet in drei Zellen ergänzend die Zellmembranen ein]. Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal. Ich weiß nicht, ob man es erkennen kann. Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht und nicht in der Reihenfolge, aber man dürfte es irgendwie erkennen.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	[Grey] = S	11	13.3	7.1	1	1.8	0.7
Austausch _{VMZ}	[Dark Grey] = E	14	8.3	4.1	1	1.3	0.5
Liest _{MZ}	[Yellow] = L	13	54.7	37.8	1	2.3	2.1
Mikroskopiert _{MZ}	[Blue] = M	269	143.7	108.3	69	32.7	25.8
Monolog _{MZ}	[Red] = O	7	5.8	6.6	1	0.8	0.7
Off-task-Aktivität _{MZ}	[Brown] = K	5	2.5	2.6	3	1.5	1.9
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	[Pink] = P	0	0	0	0	0	0
Redundante_Struktur _{MZ}	[Purple] = R	0	15.7	24.2	0	0.8	1.5
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[Orange] = I	35	18.3	12.1	23	9.7	7.4
Technische_Einführung _{MZ}	[Cyan] = T	0	18.8	22.0	0	0.5	0.5
Uneindeutig_Sonstige _{SMZ}	[White] = U	0	0.7	1.5	0	0.3	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	[Black] = W	73	30.7	26.7	16	4.5	5.3
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[Light Green] = V	0	10.3	19.0	0	1.0	1.8
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[Dark Green] = Z	450	195.7	150.5	71	29.3	25.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[Multi] = P, R, V, Z	450	221.7	134.4	71	31.2	24.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[Multi] = alle	877	518.5	236.5	186	86.7	60.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[Multi] = alle, ohne T	877	499.7	251.1	186	86.2	60.9

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 155 s, M = 200.0, SD = 93.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Kittsubstanz, Zellwand, Zellplasma, Zellmembran

Kommentar: Alle Strukturen wurden vollständig beschriftet.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

69.4% (25/36 Gesamtpunkte), M = 58.8, SD = 12.8

1.7 Punkte_pro_Minute_{AD}, M = 3.2, SD = 1.7

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

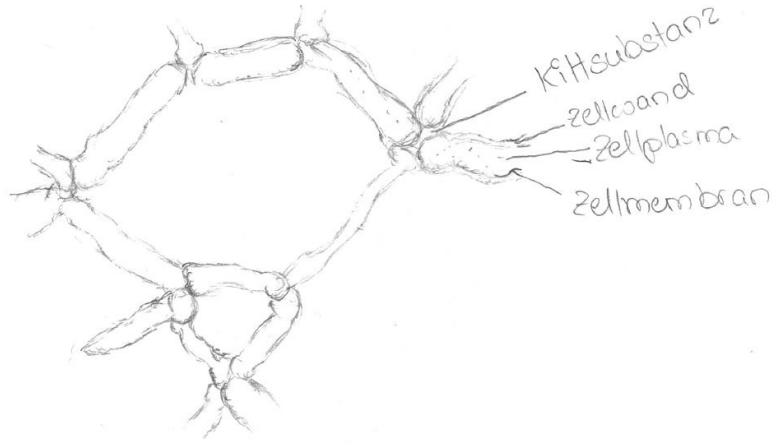
Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	[...] „Es war das Wassernetz zu sehen und man hat gesehen, wie sich so ein Netz zusammensetzt. Von der Struktur her jetzt nicht so Kästchen, Kästchen, Kästchen nebeneinander, nicht so akkurat wie ein Fischernetz, sondern natürlich. Was mir aufgefallen ist, es gab kein Zellkern. Ich weiß nicht, ob er nur nicht in der Beschriftung war oder ob ich ihn nicht gesehen habe. Dann habe ich natürlich die Zellwand gemalt, das war dieser Zwischenraum, den habe ich jetzt aber nicht so deutlich gemalt, lediglich bei den Zellen, die ich beschriftet habe. Das Zellplasma war innendrin das. Ich habe gesehen, das hatte eine körnige Struktur. [...] Die Zwischenräume, den Begriff habe ich vergessen, weil wir den noch nicht hatten, bei dem die Netzteile, Zellen aufeinandertreffen. Da habe ich auch nicht ganz verstanden, wie werden die genau zusammengehalten?“ [...]
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe zuerst das auffällige Dreieck [<i>gemeint ist die zentrale Struktur in Form einer Raute</i>] gemalt und dann habe ich außerhalb die kleinen Strukturen gemalt und geguckt, dick oder dünn, und dann wenn die eine auffällige Biegung hatten, die mit einzubringen. Ich weiß nicht, ob ich es geschafft habe. Mir ist auch aufgefallen, dass ich nach außen hin immer größer gezeichnet habe, dann habe ich versucht, das in der Mitte nochmal etwas anzupassen. Das hat nicht so geklappt. Ich habe nicht immer den Maßstab eingehalten [<i>gemeint ist das Größenverhältnis, das laut der Lehrerin berücksichtigt werden soll</i>]. Ich bin von innen nach außen vorgegangen.“
Schwergefallen	„Den Maßstab [<i>gemeint ist das Größenverhältnis</i>] immer beizubehalten und dieses Dick und Dünn [<i>Proportionen der Zelle</i>]. Ich glaube, das habe ich auch nicht so wirklich geschafft. [...] Es war auch schwer, die verschieden darzustellen und zu schauen, wie die zusammenhängen, wie die Enden bzw. Anfänge aufeinandertreffen.“
Hätte besser gelingen können	„[...] Auf jeden Fall der Maßstab [<i>gemeint ist das Größenverhältnis</i>], der hätte mir besser gelingen können. Und deutlicher zeichnen. Ich glaube ich hätte überall diese Zellmembran und <i>blabla</i> deutlicher zeichnen sollen. Ich habe alles eher so minimalistisch gemalt. Man bekommt ja meist ein ganzes Blatt, um auch ein ganzes Blatt zu nutzen, das habe ich jetzt nicht gemacht. Ich glaube das hätte ich besser machen können. [...] Ich habe gemerkt, dass die obere Zelle vom Dreieck [<i>gemeint ist der zentrale Ausschnitt der eigenen Zeichnung</i>] ein bisschen länger ist als das mittlere Stück und ich habe die [<i>Zellen</i>] nach außen hin immer ein Stück größer gemalt und das hat nicht immer gestimmt. Im Endeffekt war das Dreieck in der Mitte dann zu klein.“
Beim nächsten Mal anders Empfinden des lauten Denkens	„Ich weiß nicht. [...] Ich würde vielleicht immer erst Anfang und Ende [<i>der Zellen</i>] zeichnen.“ „Ich hatte mich am Anfang dagegen entschieden. Ich bleibe dann nicht bei der Sache. Wenn ich reden muss, lenkt mich das etwas ab.“
Abschließende Anmerkung	„Ich muss sagen, das Ganze habt ihr besser rübergebracht als im Unterricht. Auch wenn es jetzt wahrscheinlich mehr war, als der Unterricht mit einer dreiviertel Stunde. Aber auch mit dem Zeichnen, dass man sich halt mehr mit einem Thema befasst. [...] Wir bleiben nie lange bei einer Sache, das war jetzt hier nicht, das fand ich gut.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.



Isabelle – S7B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	1	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	38	688	59

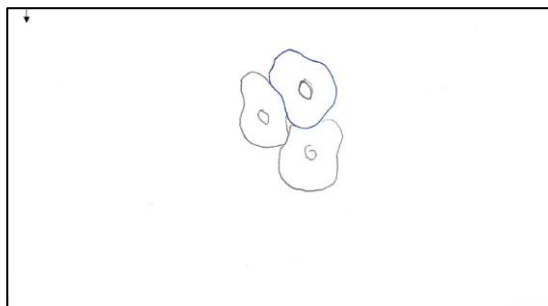
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Gezeichnet noch nicht.“
Bereits gezeichnete Objekte	Keine

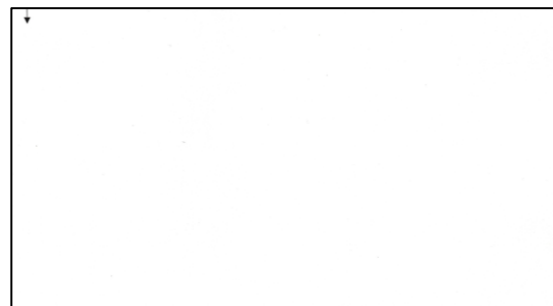
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Dazu hatten wir noch nicht so viel gemacht.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	-

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
47.2% (17/36 Gesamtpunkte), $M = 45.5$, $SD = 11.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 0$, $SD = 0$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellkern_{pfl.}, Zellplasma_{pfl.}, Zellmembran_{pfl.} oder Zellwand_{pfl.}

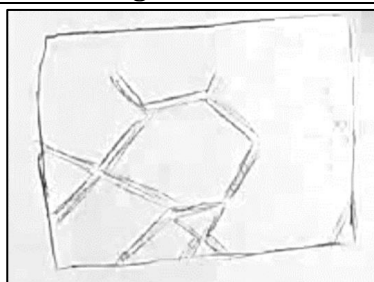
Kommentar: Ob es sich bei der dargestellten äußeren Begrenzung der pflanzlichen Zellen um die Zellwand oder die Zellmembran handelt, ist nicht ersichtlich, da die Beschriftung fehlt.

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Kann ich auch erstmal das Ganze malen und dann den Ausschnitt einzeichnen? [E: Ja klar, kannst du.] [] [E: Wenn du magst, kannst du dabei laut Denken, wenn du sagst, dass es dich zu sehr ablenkt, dann lass es.] Ja ok, dann probiere ich es mal so. [] [Die Schülerin mikroskopiert und zeichnet die Umrisse einiger Zellen. Sie zeichnet danach eine rechteckige Umrandung ein und radiert alle Zellen weg, die über das Rechteck hinausragen. Sie zeichnet abschließend die fehlenden Umrisse der Zellen im Zentrum ein.] Ok, ich bin fertig.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[Die Schülerin zeichnet nachträglich an Stellen, an denen Zellen aufeinandertreffen, Zellwände ein. Sie beschriftet die obere Zeichnung.] Soll ich das einfach nochmal neu zeichnen, weil das erkennt man nicht so gut auf der Zeichnung? [E: Du kannst auch einfach einen Ausschnitt daraus neu zeichnen. Wie du möchtest.] T: Ja ok. [Die Schülerin zeichnet eine Ausschnittvergrößerung unterhalb der ersten Zeichnung.] Ja, ich habe das jetzt verschriftlicht.“

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]



Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung weitreichend, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Das linke Bild zeigt die Zeichnung im Zustand nach Aufgabe 1 und bevor die Bearbeitung von Aufgabe 2 begonnen wurde. Die zweite Zeichnung auf dem unteren Abschnitt des Arbeitsblatts existierte zu diesem Zeitpunkt noch nicht.

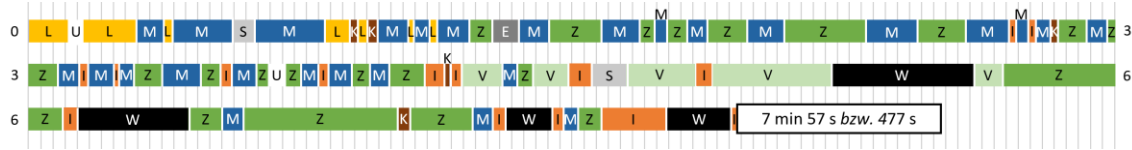
Dauer der Beschriftung und Korrektur:
271 s, $M = 200.0$, $SD = 93.8$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand, Zellplasma, Zellmembran

Falsch beschriftete Strukturen: Kittsubstanz

Kommentar: Die hier vorgenommene Auswertung bezieht sich auf die untere Zeichnung, die die Schülerin zuletzt angefertigt und beschriftet hat. Die Beschriftungslinie des Begriffs Kittsubstanz grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	[Grey] = S	9	13.3	7.1	2	1.8	0.7
Austausch _{VMZ}	[Dark Grey] = E	5	8.3	4.1	1	1.3	0.5
Liest _{MZ}	[Yellow] = L	25	54.7	37.8	7	2.3	2.1
Mikroskopiert _{MZ}	[Blue] = M	128	143.7	108.3	28	32.7	25.8
Monolog _{MZ}	[Red] = O	0	5.8	6.6	0	0.8	0.7
Off-task-Aktivität _{MZ}	[Brown] = K	6	2.5	2.6	5	1.5	1.9
Punktet_schraffiert_malt_aus _{SMZ}	[Pink] = P	0	0	0	0	0	0
Redundante_Struktur _{MZ}	[Purple] = R	0	15.7	24.2	0	0.8	1.5
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[Orange] = I	35	18.3	12.1	15	9.7	7.4
Technische_Einführung _{MZ}	[Light Blue] = T	0	18.8	22.0	0	0.5	0.5
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	[White] = U	4	0.7	1.5	2	0.3	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	[Black] = W	61	30.7	26.7	4	4.5	5.3
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[Light Green] = V	52	10.3	19.0	5	1.0	1.8
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[Dark Green] = Z	152	195.7	150.5	21	29.3	25.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[Multi] = P, R, V, Z	204	221.7	134.4	26	31.2	24.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[Multi] = alle	477	518.5	236.5	90	86.7	60.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[Multi] = alle, ohne T	477	499.7	251.1	90	86.2	60.9

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

50.0% (18/36 Gesamtpunkte), M = 58.8, SD = 12.8

2.3 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 3.2, SD = 1.7

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	-	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„[Die Versprachlichung des soeben Gesehenen fällt der Schülerin schwer.] Es sah halt aus wie das Wassernetz [bezieht sich auf das Arbeitsblatt], nur eben sehr stark vergrößert. Man hat das Zellplasma und die Zellmembran sehr gut gesehen.“
Entwicklung des Wassernetzes	„Vielleicht, dass sich das Zellplasma aneinander und dass es sich dann vermehrt und dass sich die dann einander. Ich weiß es nicht.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe es mir angeschaut und darüber nachgedacht, wie ich das anfertigen will und dann habe ich mir einen Teil gemerkt und den aufgezeichnet und habe das immer wieder gemacht, bis ich fertig war. Danach habe ich den Ausschnitt markiert.“

An anderer Stelle berichtete die Schülerin das Folgende: „Ich habe mir das angeschaut und versucht, mir einen Teil zu merken, habe den Teil aufgezeichnet und habe das dann immer wieder gemacht. Danach habe ich einen Ausschnitt eingezeichnet und habe geschaut, was in den Ausschnitt reinkommt. Dann habe ich es noch etwas verfeinert, dass man es erkennt.“

Schweregefallen

„Ich habe es nicht ganz so genau gemacht. Ich habe eher so Striche gezeichnet. Ich hätte es genauer zeichnen können, dass man das Zellplasma und die Membran gut erkennt.“

Hätte besser gelingen können

„Dass es etwas genauer ist und weniger abstrakt aussieht.“

Beim nächsten Mal anders

„Ich denke nicht.“

Empfinden des lauten Denkens

„Mich bringt das ein bisschen durcheinander, wenn ich laut denke und währenddessen irgendetwas arbeite. Ich denke dann im Kopf noch etwas anderes, wie ich sage und mache und das verwirrt mich dann irgendwie.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

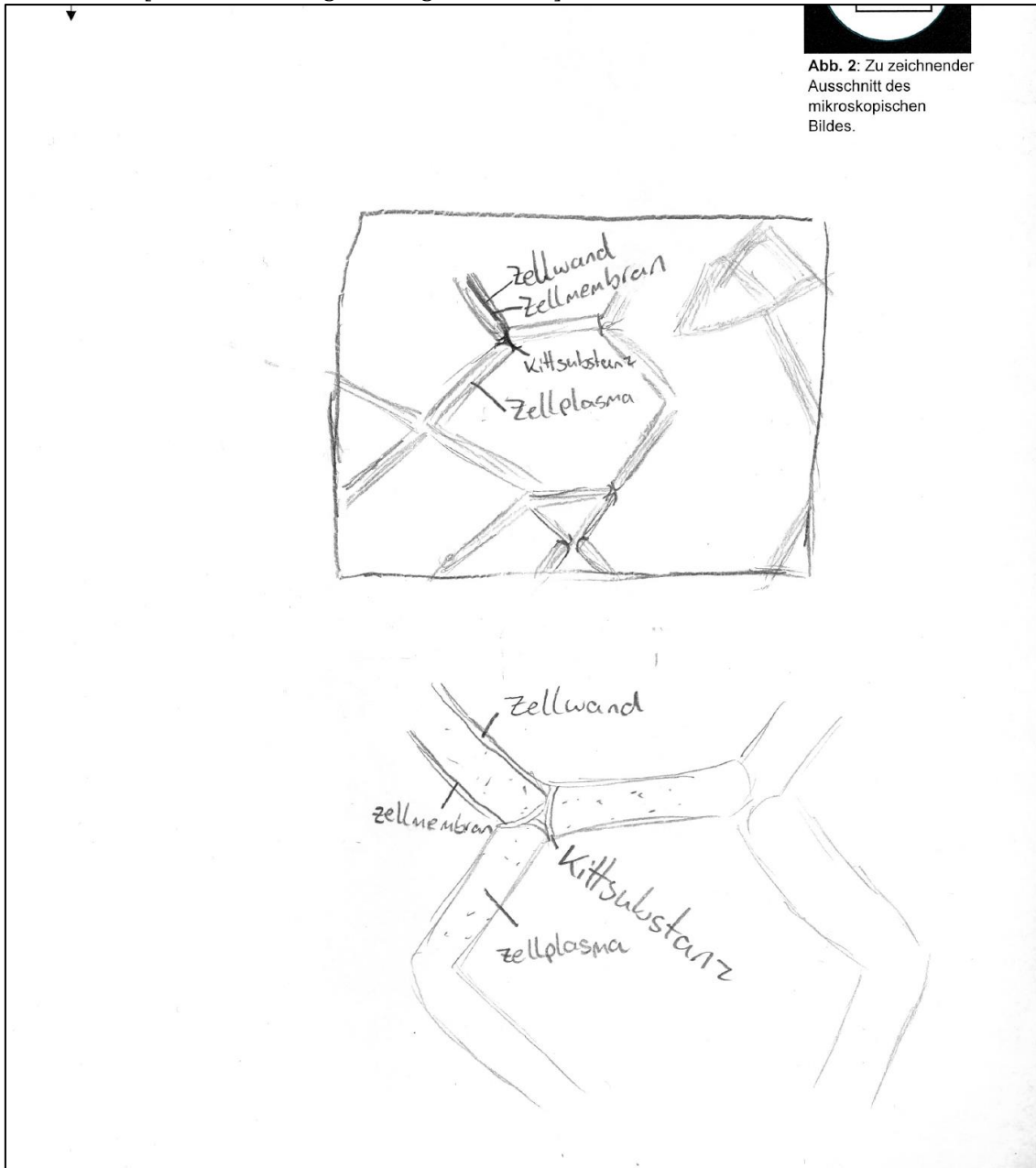


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

Nathalie – S7C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
14	71	815	82

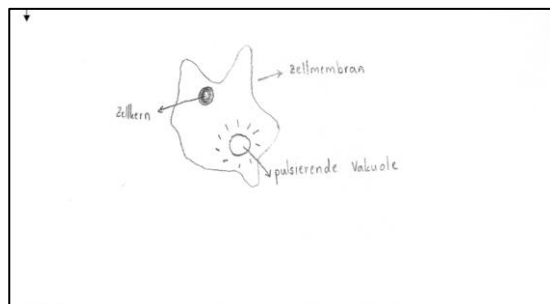
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Mehrere Male.“
Bereits gezeichnete Objekte	Herzmuskel, Skelettmuskulatur, Amöbe, Würmer, Zwiebelzellen und Mundschleimhautzellen
Regeln der Lehrkraft	Mit Bleistift zeichnen, genau zeichnen, groß zeichnen, „so eine halbe Seite ungefähr“
Bewertung der Zeichnungen	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

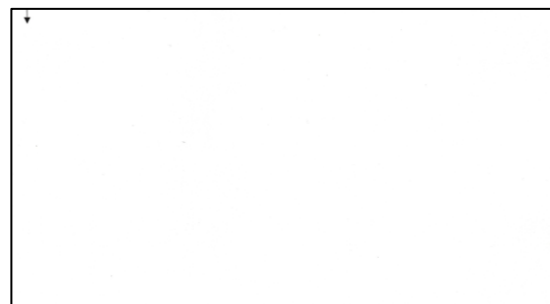
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Die Zelle hat ein Zellkern, Chloroplasten, die Chlorophyll enthalten. Weiter weiß ich nicht.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	-

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
58.3% (21/36 Gesamtpunkte), $M = 45.5$, $SD = 11.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 0$, $SD = 0$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern_{pti.}, Pulsierende Vakuole_{pti.} (!)

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran_{pti.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pti.}

Kommentar: In die pflanzliche Zelle wurde ein Pulsierendes Bläschen eingezeichnet, das sich regulär nicht in Zellen von Zellverbänden befindet (vgl. Aufgabenstellung). Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellmembran_{pti.} grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Anmerkung der Schülerin: „[...] Ich habe noch nie eine pflanzliche Zelle gezeichnet. [...] Ich weiß nicht, ob das richtig ist. [...] Das mache ich nicht. Ich weiß nicht, was ich da machen soll [gemeint ist die Zeichnung dreier tierischer Zellen].“

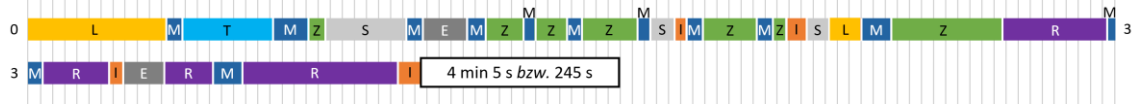
Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [...] [Sie beginnt, etwas in die Abbildung rechts oben einzuzichnen, die den zu zeichnenden mikroskopischen Ausschnitt anzeigt.] [E: Bitte unten auf dem Blatt. Die Abbildung oben rechts ist nur zur Orientierung, dass du den Ausschnitt findest. Aber die eigentliche Zeichnung dann bitte unten anfertigen.] Soll ich so ein ganzes Ding abmalen oder nur eine kleine Zelle? [E: Den Ausschnitt, den du siehst.] [...] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Achso. Ich male da jetzt eine Kugel und so ein Strich dann noch. [...] [...] Da sind so grüne Punkte [gemeint sind Strukturen im Zellplasma] und die mache ich jetzt ein bisschen dunkler und bei den hellen mache ich einfach nur einen Kreis und male sie nicht aus. [...] Soll ich alle anmalen oder reicht, wenn ich eins anmale? [E: Da reicht eines.] Ok. [Die Schülerin zeichnet dennoch eine Vielzahl weiterer Strukturen.] Bin fertig. [Die Schülerin will die Zeichnung abgeben, obwohl nur wenige der Zellen gezeichnet wurden, die im markierten Ausschnitt liegen.] [E: In dem Ausschnitt, den du rechts oben siehst, ist da noch mehr drin als nur das?] [...] [...] [Sie beginnt erneut, etwas in die Abbildung rechts oben einzuzichnen, die den zu zeichnenden mikroskopischen Ausschnitt anzeigt.] Ich verstehe nicht genau, was ich in Abbildung 2 einzzeichnen soll. Das, was in der Zelle drin ist? [E: Abbildung 2 zeigt dir den Ausschnitt, den du zeichnen sollst.] [Die Schülerin beginnt erneut, etwas in die Abbildung einzuzichnen, die den zu zeichnenden Ausschnitt anzeigt.] [Erneute Erklärung, dass es um den Ausschnitt des Sichtfelds geht und die Abbildung rechts nur den Ausschnitt verdeutlicht, der auf dem Blatt gezeichnet werden soll.] Ich verstehe es nicht. [Erneute Erklärung, was

sich innerhalb des Sichtfelds befindet.] [Die Schülerin zeichnet daraufhin unterhalb leicht vergrößert Strukturen des Zellplasmas, indem sie einige helle und dunkle Kreise einzeichnet.] [Trotz aller Hilfestellungen bleibt die Zeichnung unvollständig.]“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Ist eh falsch. [...] [Die Schülerin ergänzt in der linken oberen Zelle die Zellmembran sowie die Kittsubstanz zwischen den Zellen und beschriftet die Zeichnung anschließend.]“

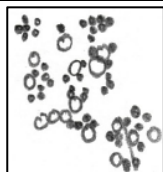
Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	21	13.3	7.1	3	1.8	0.7
Austausch _{VMZ}	= E	14	8.3	4.1	2	1.3	0.5
Liest _{MZ}	= L	27	54.7	37.8	2	2.3	2.1
Mikroskopiert _{MZ}	= M	36	143.7	108.3	12	32.7	25.8
Monolog _{MZ}	= O	0	5.8	6.6	0	0.8	0.7
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	2.5	2.6	0	1.5	1.9
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	0	0	0	0	0	0
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	64	15.7	24.2	4	0.8	1.5
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	12	18.3	12.1	4	9.7	7.4
Technische_Einführung _{MZ}	= T	15	18.8	22.0	1	0.5	0.5
Uneindeutig_Sonstiges _{SMZ}	= U	0	0.7	1.5	0	0.3	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	0	30.7	26.7	0	4.5	5.3
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	10.3	19.0	0	1.0	1.8
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	56	195.7	150.5	7	29.3	25.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	120	221.7	134.4	11	31.2	24.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	245	518.5	236.5	35	86.7	60.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	230	499.7	251.1	34	86.2	60.9

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]



Im linken Bild ist eine Ansammlung von Kreisen und Punkten zu sehen, die die Schülerin nach Abschluss von Aufgabe 1 und vor Beginn von Aufgabe 2 rechts unterhalb der eigentlichen Zeichnung darstellte. Diese befinden sich auf dem Arbeitsblatt rechts unterhalb der eigentlichen Zeichnung. Die Schülerin beschäftigt sich damit 262 Sekunden lang.

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 134 s, $M = 200.0$, $SD = 93.8$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand, Zellplasma, Zellmembran (, Kittsubstanz)

Kommentar: Alle Strukturen wurden vollständig beschriftet.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

72.2% (26/36 Gesamtpunkte), $M = 58.8$, $SD = 12.8$

6.8 Punkte_{pro_MinuteAD}, $M = 3.2$, $SD = 1.7$

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe eine Zellwand, eine Zellmembran, das Zellplasma und die Kittsubstanz eingezeichnet. [...] Insgesamt habe ich drei Zellen gezeichnet.“
Entwicklung des Wassernetzes	„Das sind so Äste, die aneinanderhängen.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe zuerst eine grobe Struktur [die Zellwand] gemalt, so wie ich es gesehen habe und dann habe ich in die Zelle geschaut, wie es innen drin aussieht mit den Punkten.“
Schwergefallen	„Das Zellplasma zu malen.“
Hätte besser gelingen können	„Eigentlich nichts.“
Beim nächsten Mal anders	„Nichts.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich fand es nicht gut, weil ich es nicht kann.“ [E: Hat es dich abgelenkt?] „Nein, eigentlich nicht.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

Jonas – S7D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Überdurchschnittlicher Zeichner	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	30	725	66

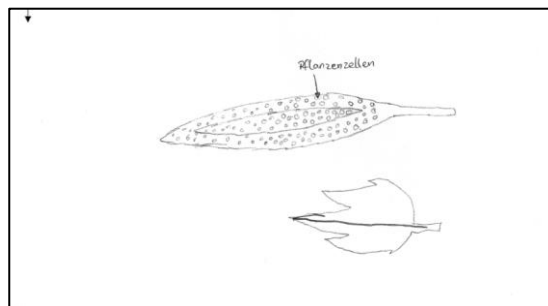
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	bisher nur mikroskopiert, ohne dabei zu zeichnen
-------------------	--

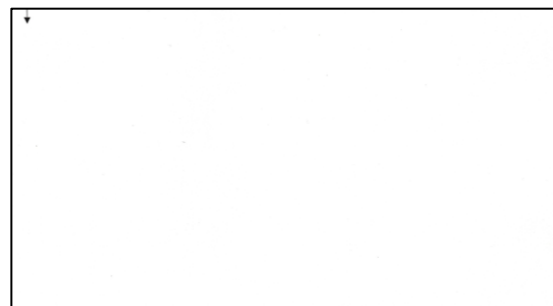
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	-
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	-

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
30.6% (11/36 Gesamtpunkte), $M = 45.5$, $SD = 11.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 0$, $SD = 0$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: keine

Kommentar: Die dargestellten kreisförmigen Strukturen können zwar als Zellwand interpretiert werden, aber eine eindeutige Kennzeichnung ist nicht möglich.

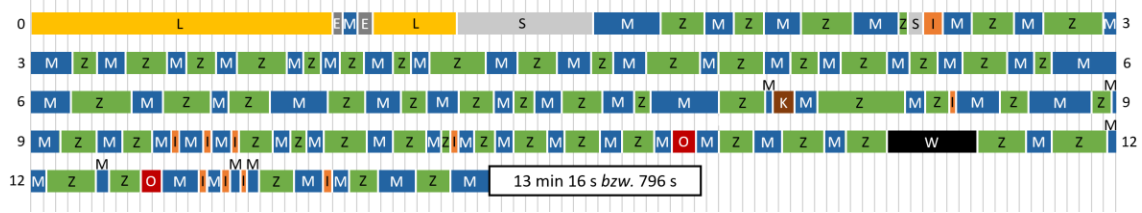
Anmerkung des Schülers: „Mehr weiß ich jetzt nicht. [...] Ich weiß nicht, was tierische Zellen sind.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Was sind Zellorganellen? [Er schaut durch das Mikroskop und kann dadurch seine Frage selbst beantworten.] Achso, diese kleinen Pünktchen. [...] [E: Und wenn du dann loslegst mit dem Zeichnen, bitte wieder laut denken. Vielleicht ein kurzer Hinweis für Brillenträger. [...]] Wenn ich durch das Mikroskop schaue, ziehe ich die meist auch ab. [...] [E: Bitte denke an das laute Denken.] Erst so, dann dicker weiter [gemeint ist die Zellform], [...] dann geht es zusammen, [...] danach hier noch ein schmales Langes bis es auf den Großen trifft [gemeint sind die Zellen links oben im mikroskopischen Bild, die dreieckförmig verbunden sind] [...] und von dem Punkt, wo sich die beiden treffen, weiter unten nach oben [unverständlich]. [...] Eine ganz kleine Welle [unverständlich]. [Die nächsten Minuten mikroskopiert und zeichnet der Schüler abwechselnd. Dabei beschreibt er ausschließlich die Zellformen der rund zwanzig Zellen. Er zeichnet deutlich mehr Zellen des Wassernetzes, als in der Ausschnittsmarkierung dargestellt ist.] [...] Das wird knapp. [unverständlich.] [...] Dann ist hier noch so ein ganz Kleines, aber trotzdem dick. [...] Hier ist noch eines durch. [...] Hier geht jetzt Eines nach unten und das sollte normalerweise auf das [gemeint ist die Zelle rechts unten] treffen. Das muss ich dann nämlich anders zeichnen. Das ist nämlich kürzer. [Der Schüler kennt, dass er die Proportionen falsch eingeschätzt hat. Er radier daraufhin einzelne Zellen aus.] [...] Ja, das soll so. Ein Kleines und Längeres. [...] [...] Habe ich jetzt alles gezeichnet? [unverständlich.] [Er blickt mehrmals durch das Mikroskop und gleicht mit der eigenen Zeichnung ab.] [...] Hier ist noch eines, das leicht nach rechts geht. [...] Und das Leichteste ist nämlich nur eines. [Er erkennt beim Blick durch das Mikroskop, dass es sich bei einer Struktur nicht um eine, sondern um zwei Zellen handelt.] [...] Und sonst habe ich alles.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Ist das hier irgendwo eine Stelle, die ich finden muss? [Er fragt den Versuchsleiter, ob sich die beschriftete Abbildung in der eigenen Zeichnung wiederfinden lassen kann.] [E: Nein, es ist egal, an welcher Stelle du die Beschriftung vornimmst.] [...] [Er ergänzt an einer Zelle die Zellmembran sowie die Kittsubstanz zwischen den Zellen und beschriftet die Zeichnung anschließend.]“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	25	13.3	7.1	2	1.8	0.7
Austausch _{VMZ}	= E	4	8.3	4.1	2	1.3	0.5
Liest _{MZ}	= L	64	54.7	37.8	2	2.3	2.1
Mikroskopiert _{MZ}	= M	312	143.7	108.3	67	32.7	25.8
Monolog _{MZ}	= O	7	5.8	6.6	2	0.8	0.7
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	4	2.5	2.6	1	1.5	1.9
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	0	0	0	0	0	0
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	0	15.7	24.2	0	0.8	1.5
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	14	18.3	12.1	10	9.7	7.4
Technische_Einführung _{MZ}	= T	0	18.8	22.0	0	0.5	0.5
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	0	0.7	1.5	0	0.3	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	15	30.7	26.7	1	4.5	5.3
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	10.3	19.0	0	1.0	1.8
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	351	195.7	150.5	58	29.3	25.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	351	221.7	134.4	58	31.2	24.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	796	518.5	236.5	145	86.7	60.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	796	499.7	251.1	145	86.2	60.9

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte der Schüler die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 121 s, M = 200.0, SD = 93.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand, Zellplasma (, Kittsubstanz)

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran

Kommentar: Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellmembran grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur. Der Schüler differenziert nicht zwischen Zellwand und Zellmembran.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

72.2% (26/36 Gesamtpunkte), M = 58.8, SD = 12.8

2.0 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 3.2, SD = 1.7

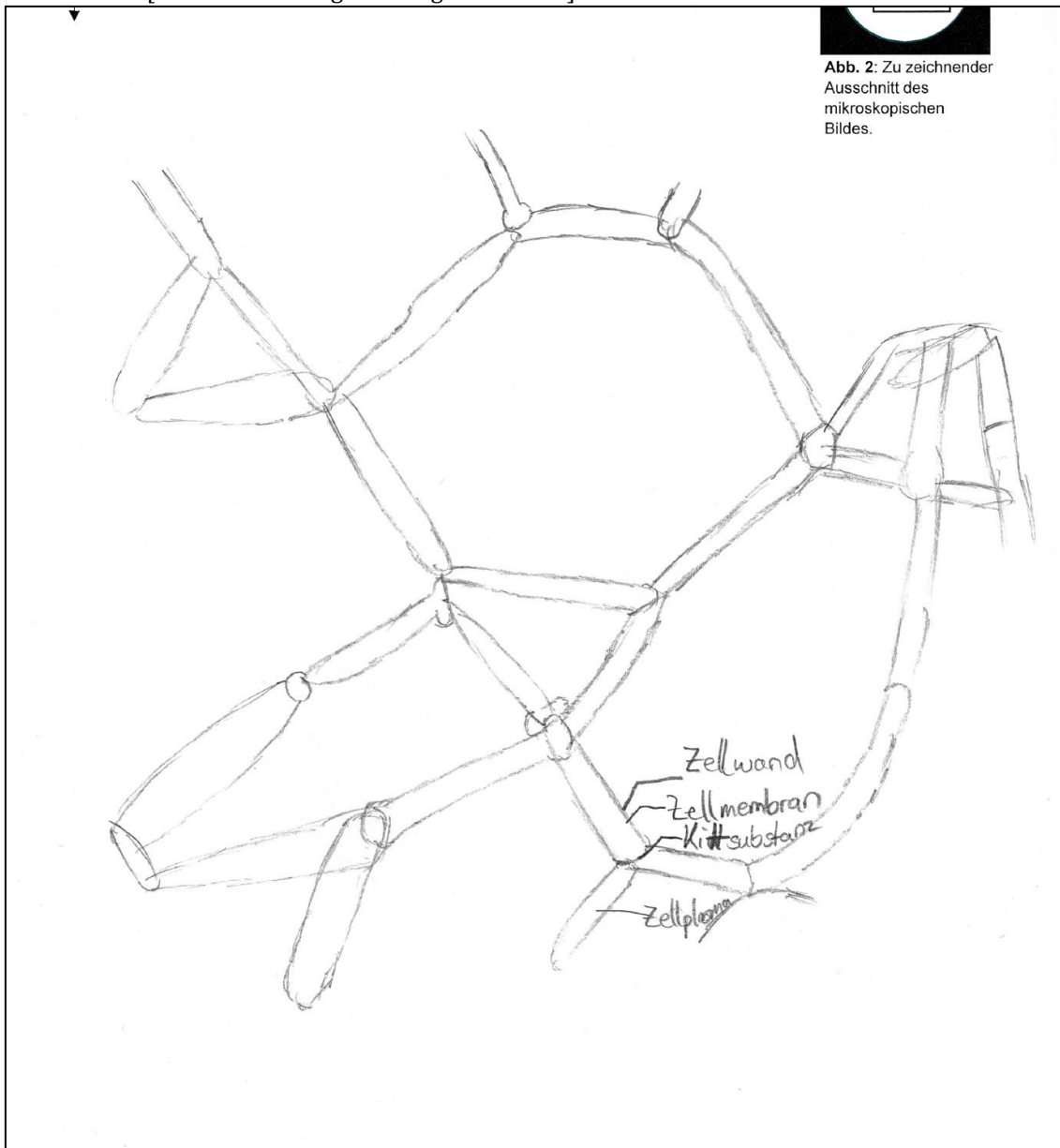
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme gar nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe geschaut, wie dick die [Zellen] in etwa sind und wie ich die zeichnen kann, wie lange die ungefähr sind und wie ich es mache, dass die ungefähr aufeinandertreffen. Am Ende habe ich nochmal geschaut, welche Formen dazwischen sind [gemeint sind die Leerräume zwischen den Zellen] und ob ich das auch habe. [E: Was genau hast du gezeichnet?] Wie hieß das nochmal? Es ist eine Struktur von grünen Algen, die auch in Seen vorkommen. [E: Und die einzelnen Strukturen, was war das? Das Wassernetz setzt sich ja aus Teilstrukturen zusammen.] Zellmembran, Zellplasma und Zellstruktur.“
Entwicklung des Wassernetzes	„Nein, nicht wirklich.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe geschaut, wie dick die ungefähr sind und wie ich die dann zeichnen kann im Gegensatz zu den anderen, wie lang die ungefähr sind, auch im Gegensatz zu den anderen und wie die am Ende zusammenkommen. Am Ende habe ich kontrolliert, welche Muster zwischen den ganzen Zellen sind und ob ich die gleichen Muster dazwischen habe.“
Schweregefallen	„Dass die Zellen am Ende aufeinanderstoßen, aber sonst eigentlich nichts.“
Hätte besser gelingen können	„Ja manche Sachen hätte ich noch etwas länger, dicker oder dünner machen können, also genauer.“
Beim nächsten Mal anders	„Nein, ich würde dabei bleiben bei dem Gucken und Zeichnen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Nicht so schlimm. [...] Ich habe einfach das gesagt, was ich gedacht habe und manche finden das peinlich zu sagen, was sie denken, aber mir hat das nichts ausgemacht.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Florian – S7E

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Durchschnittlicher Zeichner	1.5 (vgl. 5.8)	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
2	2	362	6

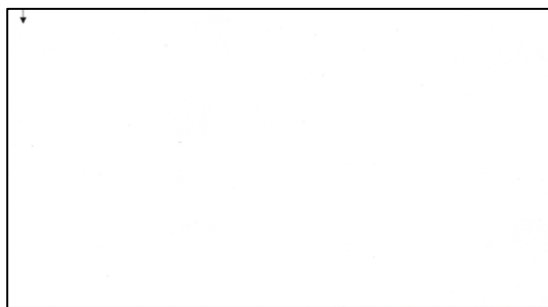
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Erst ein-, zweimal. Wir hatten es erst in der sechsten Klasse und da haben wir es nicht lange gemacht.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Ein Wurm.“
Regeln der Lehrkraft	„Ich glaube schon, aber ich kann mich nicht mehr daran erinnern.“
Selbst befolgte Regel/Kriterien	„Ich skizziere es zuerst und arbeite es dann immer weiter aus und am Ende vielleicht noch Farbe benutzen, dass man verschiedene Sachen besser erkennt.“
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

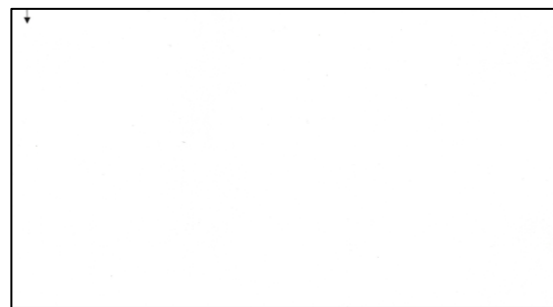
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Nein. Zellen hatten wir noch nicht.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	-

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0.0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 45.5$, $SD = 11.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 0$, $SD = 0$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: keine

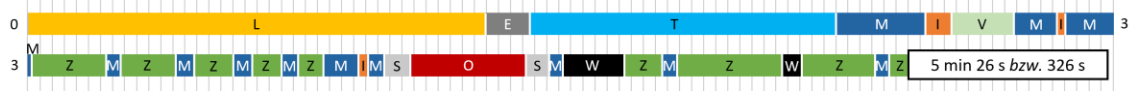
Anmerkung des Schülers: „Mir fällt dazu nichts ein.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Wir haben es ja gar nicht richtig gelernt, das mikroskopische Zeichnen [bezieht sich auf die Formulierung der Aufgabenstellung]. Also in dem Bereich dann? [Der Schüler zeigt oben rechts in die Ecke, auf die Abbildung des zu zeichnenden mikroskopischen Ausschnitts.] [E: Nein, unten auf dem Blatt] [...] Ich mache mir jetzt erstmal einen Kasten, um mich in der Abbildung zu orientieren. Das [zeigt auf die Zellwände] sind dann die einzelnen Striche, die in die anderen Netze reingehen, weil die sind ja überall verbunden. Das versuche ich nachzuzeichnen, um sie danach zu verbinden. [E: Rede einfach vor dich hin und verbalisiere nur deine Gedanken.] Scheiße. [Er korrigiert den Verlauf der Zellwand links oben.] Das kommt dahin. [...] Jetzt zeichne ich es nach, sodass ich alles verbunden habe. [...] [Der Schüler verbindet die von den Seiten ins Sichtfeld ragenden Zellwände. Daraus ergibt sich die mittlere Ringstruktur.] [...] Und das habe ich so gesehen. [Die Zellen sind bislang nur als einfacher Strich repräsentiert. Weitere parallele Striche, die eine genauere Differenzierung erlauben, werden erst bei der Beschriftung nachträglich eingezeichnet.]“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Darf ich die Zeichnung daraufhin nochmal verbessern? [E: Ja, wenn du magst.] [Der Schüler ergänzt bei einem Teil der bislang als einfacher Strich repräsentierten Zellen jeweils einen zweiten Strich, sodass eine Beschriftung möglich wird]. Ich probiere jetzt das Schwarze, also das Dunklere außen zu der Zellwand, also dass man das besser erkennt und das innen drin versuche ich etwas heller zu halten für das Zellplasma. [Er ergänzt bei den restlichen bislang als einfacher Strich repräsentierten Zellen jeweils einen zweiten Strich, sodass die Beschriftung möglich wird. Weiterhin schraffiert er den Zellinnenraum grau.] Und an den X-en [gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen] kommen immer die einzelnen, wie nennt man das, Zellen zusammen und die sind dadurch auch verbunden und deswegen probiere ich das deutlicher zu machen. [Der Schüler überarbeitet jeweils den Bereich, in dem die Zellen aneinanderstoßen.] Muss ich jede einzelne Zellwand beschriften? [E: Nein, exemplarisch einmal.] [Der Schüler beschriftet die sichtbaren Strukturen.] Die Zellmembran kann man nicht erkennen.“

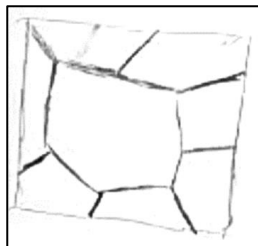
Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{S_{MZ}}	[Grey] = S	8	13.3	7.1	2	1.8	0.7
Austausch _{V_{MZ}}	[Dark Grey] = E	7	8.3	4.1	1	1.3	0.5
Liest _{MZ}	[Yellow] = L	76	54.7	37.8	1	2.3	2.1
Mikroskopiert _{MZ}	[Blue] = M	57	143.7	108.3	12	32.7	25.8
Monolog _{MZ}	[Red] = O	19	5.8	6.6	1	0.8	0.7
Off-task-Aktivität _{MZ}	[Brown] = K	0	2.5	2.6	0	1.5	1.9
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	[Pink] = P	0	0	0	0	0	0
Redundante_Struktur _{MZ}	[Purple] = R	0	15.7	24.2	0	0.8	1.5
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[Orange] = I	7	18.3	12.1	3	9.7	7.4
Technische_Einführung _{MZ}	[Light Blue] = T	51	18.8	22.0	1	0.5	0.5
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	[White] = U	0	0.7	1.5	0	0.3	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	[Black] = W	13	30.7	26.7	2	4.5	5.3
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[Light Green] = V	10	10.3	19.0	1	1.0	1.8
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[Green] = Z	78	195.7	150.5	9	29.3	25.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[Multi] = P, R, V, Z	88	221.7	134.4	10	31.2	24.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[Multi] = alle	326	518.5	236.5	33	86.7	60.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[Multi] = alle, ohne T	275	499.7	251.1	32	86.2	60.9

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]



Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte der Schüler die Zeichnung neben der Beschriftung weitreichend, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Das linke Bild zeigt die Zeichnung im Zustand nach Aufgabe 1 und bevor die Bearbeitung von Aufgabe 2 begonnen wurde.

Dauer der Beschriftung und Korrektur:
378 s, M = 200.0, SD = 93.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellplasma (, Kittsubstanz, Zellwand)

Fehlende Struktur/Beschriftung: Zellmembran

Kommentar: Der Schüler differenziert nicht zwischen Zellwand und Zellmembran. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellwand grenzt nur knapp an die zu bezeichnende Struktur.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

41.7% (15/36 Gesamtpunkte), M = 58.8, SD = 12.8

3.3 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 3.2, SD = 1.7

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Also ich habe dieses Kästchen gemacht, um mich etwas zu orientieren [<i>gemeint ist das vorab gezeichnete Quadrat, das den Ausschnitt aus dem Sichtfeld repräsentiert</i>]. [...] Die sind ja überall am Eck verbunden und dann habe ich mir vorgestellt, das ist eine Fläche und an jedem Eck geht eine Verbindung raus, wo sie gehalten wird. Dann habe ich probiert, diese Verbindungen zu malen und dann habe ich alles verbunden. Am Ende habe ich diese äußeren, dunkleren Linien zur Orientierung für die Zellwand und das innen drin heller gehalten für das Zellplasma, dass man das wenigstens ein bisschen erkennt. Die X-e waren, dass man erkennt, dass jedes einzelne miteinander verbunden ist [<i>gemeint sind die Stellen, an denen jeweils Zellen aufeinandertreffen</i>].“
Entwicklung des Wassernetzes	„Nein. Algen sind ja Pflanzen, die im Wasser wachsen und im Wassertropfen sind ja selbst so Zellen drin und dass es sich über Jahre irgendwie zusammengesetzt hat.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe mir das erstmal angeschaut und dadurch, dass ich den einen Bereich zeichnen soll, habe ich mir ein Kästchen gemacht, dass ich es zuordnen kann. Dann habe ich, wenn ich durch das Mikroskop geschaut habe, habe ich mir das Kästchen vorgestellt und habe geschaut, wie diese verbunden sind. Dann habe ich es so gemacht, wie ich es vorhin erzählt habe. Ich habe jede einzelne Verbindung gezeichnet, dass ich das habe und am Ende dann ein bisschen ausführlicher.“
Schwergefallen	„Beim Zeichnen nichts. Es war am Anfang eher so, dass ich erstmal gucken musste, wo was ist.“
Hätte besser gelingen können	„Vielleicht, wenn ich es größer gemacht hätte, dann hätte man mehr Details reinmachen können, dass man alles beschriften kann und es sehen kann.“
Beim nächsten Mal anders	„Ja, ich würde es größer zeichnen, dass man die einzelnen Sachen besser sieht. Das mit den X-en [<i>gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen</i>] zum Beispiel war ja auch nicht so.“
Empfinden des lauten Denkens	„Am Anfang hat es mich eher ein bisschen abgelenkt [<i>am Anfang hat er nicht laut gedacht</i>], weil durch das Durchgucken und alles Zuordnen, da habe ich es ja auch vergessen gehabt.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

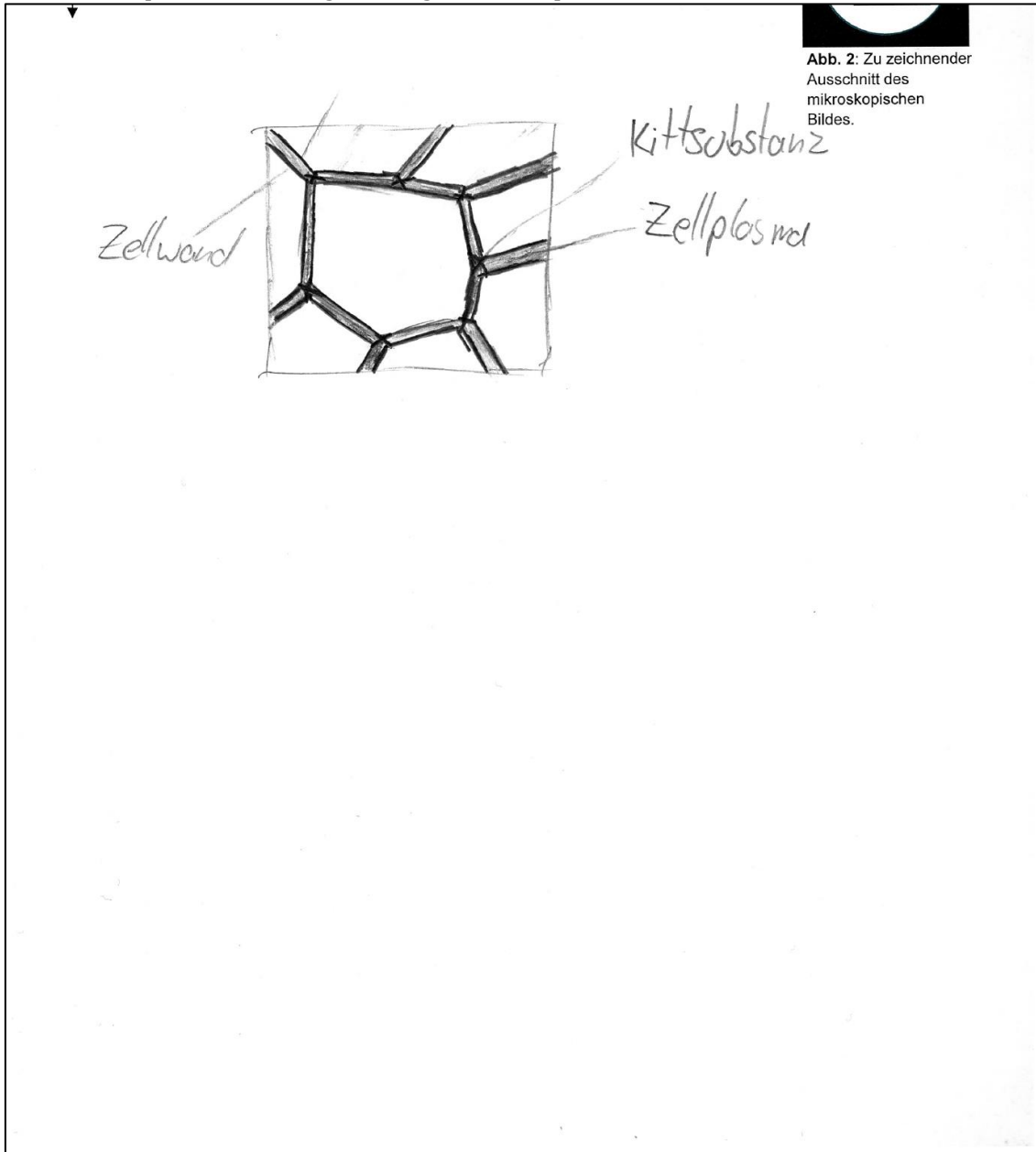


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

Mara – S7F

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	2	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
5	8	267	2

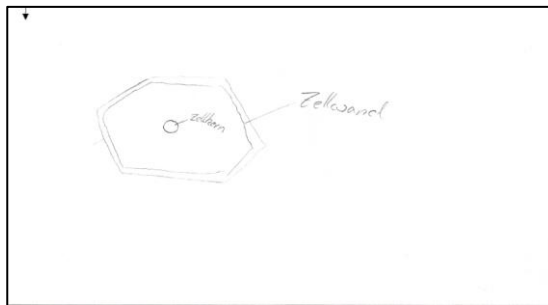
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Ein- oder zweimal vielleicht.“
Bereits gezeichnete Objekte	Zwiebelzelle
Regeln der Lehrkraft	Verwendung von Bleistift
Bewertung der Zeichnungen	„Ich glaube ja.“
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

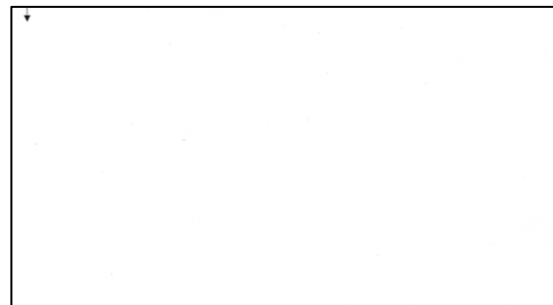
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Ich wusste es mal, jetzt weiß ich es nicht mehr so genau. Also innen ist ein Zellkern, dann kommt [unverständlich.] es ist halt so ähnlich wie ein Bett aufgebaut. Und dann kommt so eine Zellhaut. Mehr weiß ich nicht mehr.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Das weiß ich nicht mehr. Ich glaube das hatten wir noch nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
58.3% (21/36 Gesamtpunkte), $M = 45.5$, $SD = 11.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 0$, $SD = 0$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern_{pfl.}, Zellwand_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellmembran_{pfl.}, Zellplasma_{pfl.}

Anmerkung der Schülerin: „Ich habe einfach keine Ahnung mehr [in Bezug auf das Aussehen tierischer Zellen].“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [...] Soll ich es dann hier hin zeichnen oder unterhalb? [Die Schülerin ist sich unsicher, ob die Zeichnung rechts oben in die Abbildung, die den zu zeichnenden Bildausschnitt darstellt, eingezeichnet werden soll oder auf der großen Zeichenfläche in der Mitte des Blatts.] [E: Und parallel dazu laut denken, genauso wie eben beim Schulweg auch.] Also das sieht aus wie ein [] Sechseck [zeichnet still den sechseckigen Umriss]. [] Das Sechseck ist dann mit mehreren [] Zellen [] verbunden. [Die Schülerin zeichnet die angrenzenden Zellen.] [] Und darin sind dann Zellkerne. [Die Schülerin zeichnet zunächst einige Zellkerne ein, radiert diese jedoch unmittelbar darauf wieder weg. Sie zeichnet anschließend im Inneren des Sechsecks parallele Linien ein und ergänzt anschließend runde Strukturen im Zellinneren.] [E: Du denkst noch an das laute Denken?] Ja. [] Eigentlich bin ich soweit fertig, also das, was ich soweit sehen und beschreiben kann.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[Die Schülerin nimmt keine Veränderungen an den gezeichneten Strukturen vor.]“

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 141 s, $M = 200.0$, $SD = 93.8$

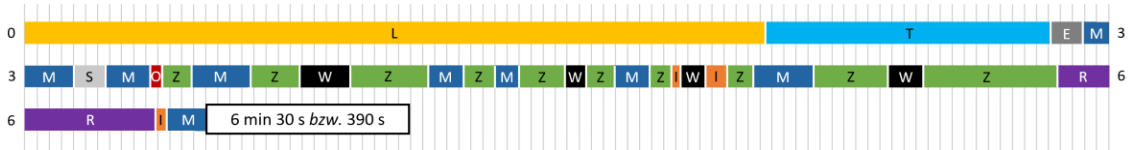
Korrekt beschriftete Strukturen: Zellplasma, (Kittsubstanz)

Falsch beschriftete Strukturen: Zellwand

Fehlende Struktur/Beschriftung: Zellmembran

Kommentar: Die Schülerin differenziert nicht zwischen Zellwand und Zellmembran. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellwand grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{S_{MZ}}	= S	6	13.3	7.1	1	1.8	0.7
Austausch _{V_{MZ}}	= E	6	8.3	4.1	1	1.3	0.5
Liest _{MZ}	= L	123	54.7	37.8	1	2.3	2.1
Mikroskopiert _{MZ}	= M	60	143.7	108.3	8	32.7	25.8
Monolog _{MZ}	= O	2	5.8	6.6	1	0.8	0.7
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	2.5	2.6	0	1.5	1.9
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	0	0	0	0	0	0
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	30	15.7	24.2	1	0.8	1.5
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	7	18.3	12.1	3	9.7	7.4
Technische_Einführung _{MZ}	= T	47	18.8	22.0	1	0.5	0.5
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	0	0.7	1.5	0	0.3	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	22	30.7	26.7	4	4.5	5.3
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	10.3	19.0	0	1.0	1.8
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	87	195.7	150.5	10	29.3	25.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	117	221.7	134.4	11	31.2	24.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	390	518.5	236.5	31	86.7	60.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	343	499.7	251.1	30	86.2	60.9

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S7A-F (Kontext 7).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

47.2% (17/36 Gesamtpunkte), M = 58.8, SD = 12.8

3.0 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 3.2, SD = 1.7

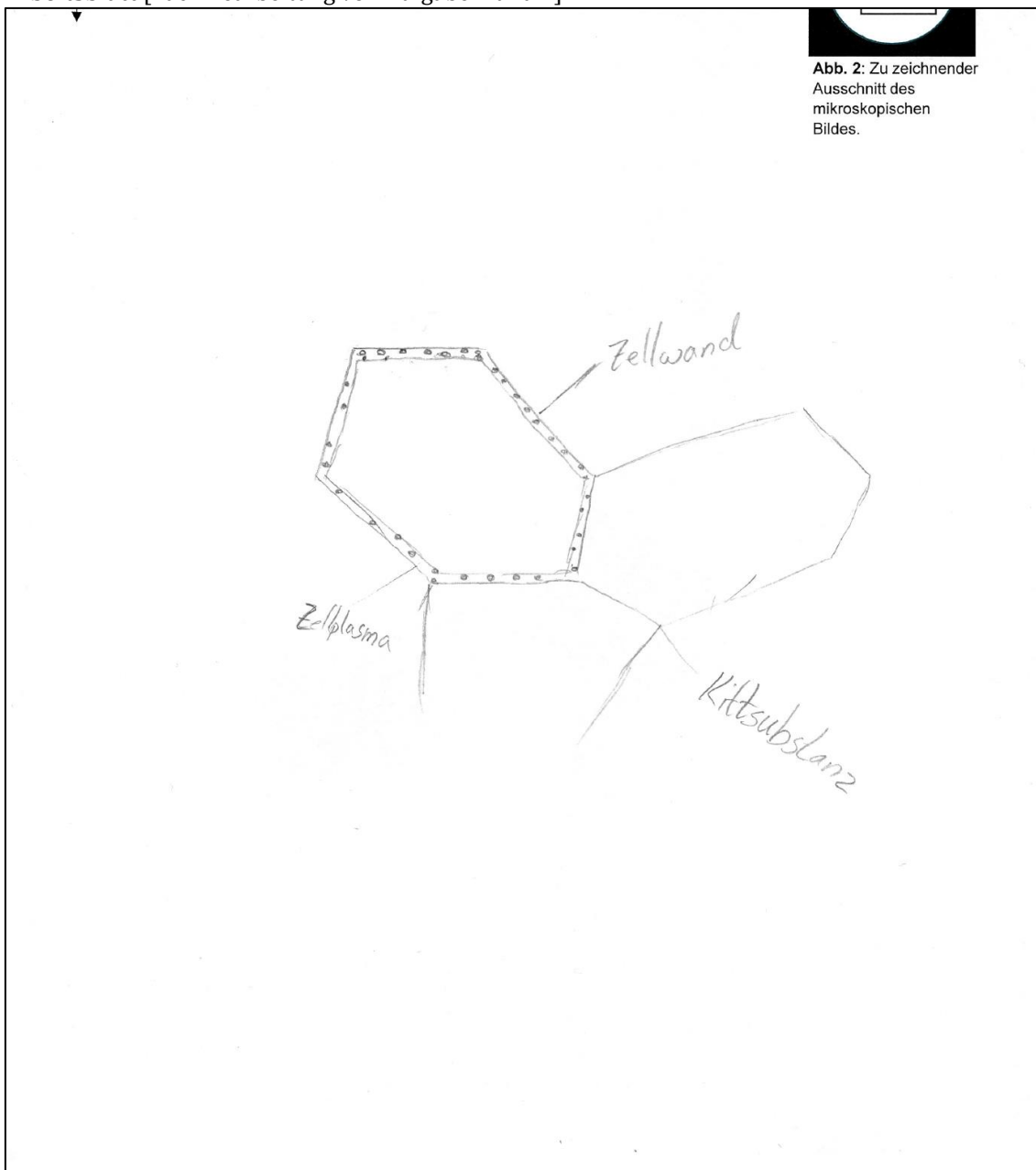
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Also die Zellwand, dann das Zellplasma und das Zellmembrandingsda.“
Entwicklung des Wassernetzes	„Nein.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe mir erstmal angeschaut, wie die Zellen aussehen und dann habe ich erstmal den Umriss gezeichnet und dann bin ich von außen nach innen gegangen.“
Schwergefallen	„Eigentlich nichts.“
Hätte besser gelingen können	„Besser sich an das, was man in der fünften Klasse gemacht hat, erinnern. Vielleicht genauer durchlesen. [...]“
Beim nächsten Mal anders	„Ich glaube nicht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Es ging. Ich zeichne lieber, wenn ich leise bin, dass ich mich besser darauf konzentrieren kann.“ [E: Hat es dich in irgendeiner Weise gestört? Oder war es einfach nur ungewohnt?] Ich glaube nicht. Es war ungewohnt.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Anhang 7.6: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 8

Sara – S8A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	20	614	35

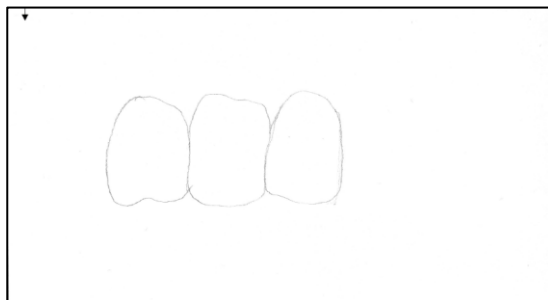
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	Zweimal
Bereits gezeichnete Objekte	Unbekannt
Regeln der Lehrkraft	„Sie hat nur gesagt, dass wir es so abzeichnen sollen, wie wir es halt sehen. [...] Dass man immer den Namen drauf schreiben soll und wir sollten, glaube ich, auch ein Viereck außen herum zeichnen.“
Bewertung der Zeichnung	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

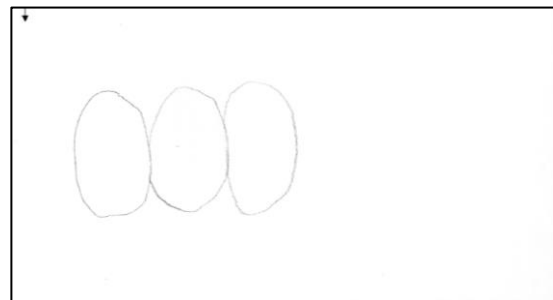
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Ich weiß es nicht mehr.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	-

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
52.8% (19/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
55.6% (20/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellmembran_{tier.}, Zellmembran_{pfl.} oder Zellwand_{pfl.}, Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Ob es sich bei der dargestellten äußeren Begrenzung der pflanzlichen Zellen um die Zellwand oder die Zellmembran handelt, ist nicht ersichtlich, da die Beschriftung fehlt.

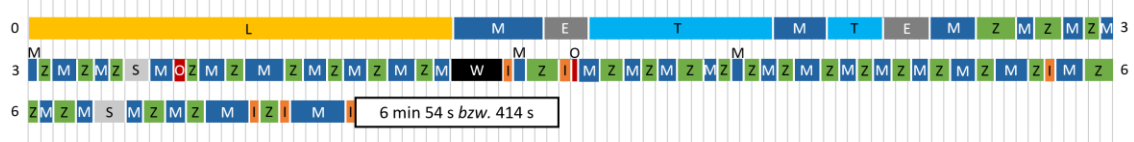
Anmerkung der Schülerin: „Ich weiß jetzt nicht mehr so genau, wo der Unterschied zwischen denen ist.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab. [...] Kann ich das verstellen? [...] [E: Du kannst dir das Mikroskop, wenn es dir hilft, auch ein Stück heranziehen.] [...] Soll ich es mit Lineal machen, sodass ich es abmessen kann? [E: Du kannst es einfach nach Gefühl machen, so wie du es möchtest.] [...] [E: Bitte denke an das laute Denken.] [...] Ok. Dann male ich erstmal [unverständlich]. [...] [E: Sprich einfach laut aus, was dir dabei alles durch den Kopf geht.] Ok. Ich male jetzt erstmal die Form [gemeint ist die Zellmembran]. Hier male ich so einen Strich hin und verbinde das damit [gemeint ist die Zellmembran] jetzt mache ich die kleinen Pünktchen [gemeint sind nachfolgend die kleinen Einzeller, die die Amöbe an manchen Stellen überlagern, außerdem zeichnet sie den Zellkern ein] [...] und da hinten dran sind so kleine [zeichnet nachfolgend größere Strukturen im Zellplasma] [...] hier ist auch noch so ein kleines [...] dann ist hier noch eine [...] und hier ist noch so ein Punkt [...] hier ist auch noch so ein Punkt [...] und hier sind so kleine Pünktchen, die sind auch nicht so groß [...] hier sind so ein paar [unverständlich]. [...] [E: Bitte etwas lauter.] Achso ok. Und hier sind auch noch so runde Sachen [gemeint sind Nahrungsvakuolen] [...] und dann hier noch ein paar. [...] [E: Kannst du die Zeichnung gerade noch ein Stück nach oben schieben, bitte?] Dann hier, von diesen Kugeln sind da noch ein paar und hier, [...] hier die ist etwas größer [gemeint ist die Nahrungsvakuole]. [...] Mehr weiß ich leider nicht.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Das sieht dem ähnlich, das ist das Gleiche. [] Da ist das, was außen herum ist, die Zellmembran. [] Da muss ich den Pfeil etwas kürzer machen. [] [unverständl.] Zellmembran [unverständl.]. Kann ich auch nochmal ins Mikroskop schauen? [E: Klar.] [Die Schülerin zeichnet nach erneutem Blick durch das Mikroskop ein Pulsierendes Bläschen ein und beschriftet dieses.] [] Ich bin mir nicht sicher, aber vielleicht ist das das Scheinfüßchen. [] [E: Kannst du es gerade noch ein Stück hochschieben?] Ok. Das war es.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{S_{MZ}}	= S	10	10.1	7.9	2	1.6	1.0
Austausch _{V_{MZ}}	= E	15	2.1	5.2	2	0.3	0.7
Liest _{MZ}	= L	71	69.9	19.0	1	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	= M	154	138.1	96.0	35	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	= O	2	10.1	9.7	2	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	1.0	2.4	0	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	0	27.0	35.9	0	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	8	15.7	6.7	6	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	= T	40	11.7	16.8	2	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	0	1.6	2.6	0	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	9	13.6	14.6	1	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	105	121.4	50.7	30	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	105	148.4	71.2	30	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	414	422.4	204.7	81	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	374	410.7	193.3	79	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 217 s, M = 195.3, SD = 24.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Nahrungsvakuole, Pulsierendes Bläschen, Zellmembran, Scheinfüßchen (, Zellplasma)
Kommentar: Es ist nicht klar ersichtlich, ob die Beschriftungslinie des Begriffs Zellplasma tatsächlich das Zellplasma trifft, da die Zellmembran durch mehrere zum Teil sehr dünne Linien abgebildet ist.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

83.3% (30/36 Gesamtpunkte), M = 71.0, SD = 15.6

4.8 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.1, SD = 1.2

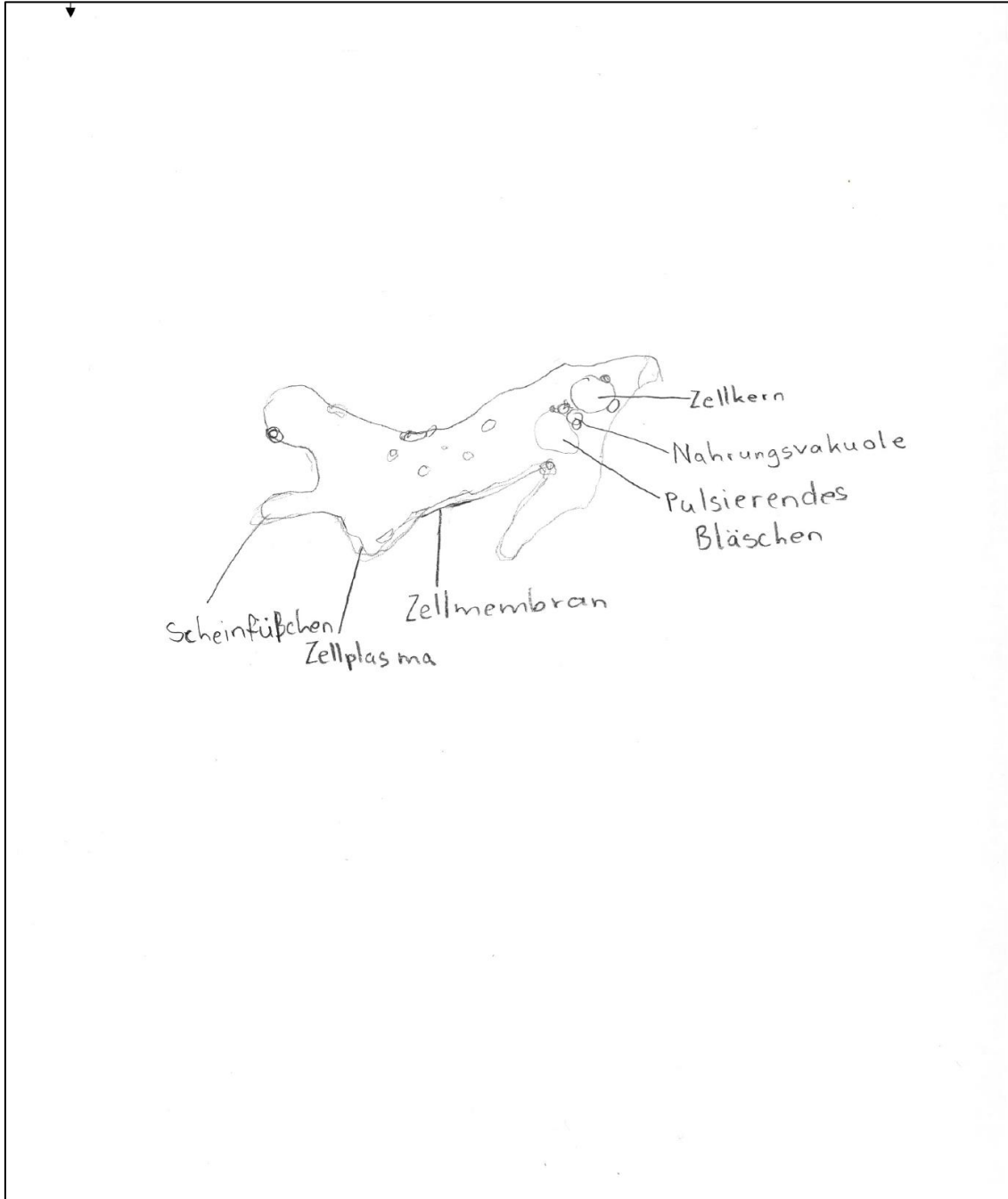
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Also ich habe erst einmal die Form gezeichnet und dann waren da noch so kleine blässere und mehr bläuliche Kügelchen. Manche waren größer und manche waren auch ganz klein und es hat außen herum auch wie so eine Art Haut. [E: Du kannst auch gerne die Begriffe nutzen.] Zellplasma und Zellmembran hatte es außen herum. Und der Zellkern war gut zu erkennen. Er war größer. Die Nahrungsvakuolen waren eher kleiner und die waren so verteilt.“
Fortbewegung der Amöbe	„Keine Ahnung, vielleicht springt das so. Ich weiß es nicht.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe mir zuerst die grobe Form im Mikroskop angeschaut und die so grob nachgezeichnet. Und dann habe ich mir die genaueren Sachen angeschaut, wie diese Kreise, also Zellvakuolen, nein Nahrungsvakuolen, den Zellkern und dann habe ich den erstmal gezeichnet, weil der war gut zu erkennen und dann habe ich halt danach noch nach genaueren Sachen geschaut. Und dann waren da noch diese Scheinfüßchen und Zellmembran und Zellplasma hat man auch noch gesehen. Das habe ich dann auch noch nachgezeichnet und die Form auch noch ein bisschen ergänzt.“
Schwergefallen	„Also die Scheinfüßchen musste ich halt erstmal genau gucken. Und die genaue Lage der Nahrungsvakuolen.“
Besonders schwergefallen	„Die Scheinfüßchen zu erkennen.“
Hätte besser gelingen können	„Nein.“
Beim nächsten Mal anders	„Vielleicht würde ich mich beim Lesen etwas mehr beeilen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich bin es nicht so gewohnt, laut zu denken, deswegen war es etwas komisch, aber eigentlich war es nicht ganz so, würde ich sagen.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Lisa – S8B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	2	1.5 (vgl. 5.8)

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	26	734	58

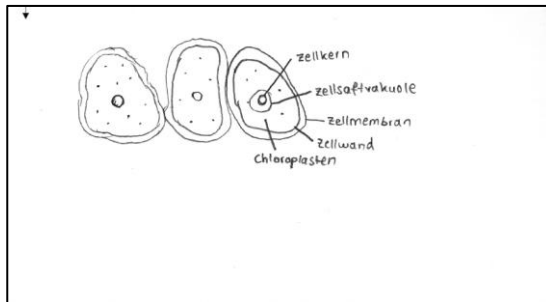
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Zwei-, dreimal.“
Bereits gezeichnete Objekte	Pantoffeltierchen, Zwiebelzelle
Regeln der Lehrkraft	„Nicht dass ich mich daran erinnern könnte.“
Selbst befolgte Regel/Kriterien	„Ich male das ab, was ich sehe. [E: Je genauer, desto besser?] Ja.“
Bewertung der Zeichnung	Nein

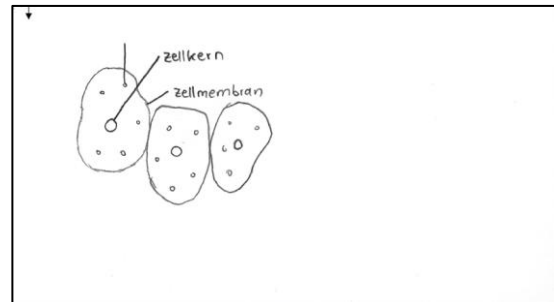
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Die Zellmembran, die die Flüssigkeiten zusammenhält oder so, dann gibt es den Zellkern. Gibt es den bei pflanzlichen Zellen, ja oder? Ja! Dann gibt es die Chloroplasten, dort findet die Fotosynthese statt. [...] Zellsaftvakuole gibt es auch. Ich weiß nicht, ob das bei den Menschen oder von den Tieren ist.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Ich weiß, dass die pflanzlichen Zellen Chloroplasten haben, dann haben die die Zellwand und noch irgendetwas Drittes.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
66.7% (24/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
72.2% (26/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern_{pfl./tier.}, Chloroplasten_{pfl.}, Zellmembran_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran_{pfl.}, Zellwand_{pfl.}, Zellsaftvakuole_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Bei den pflanzlichen Zellen entsteht der Eindruck, dass die Zellsaftvakuole den Zellkern umschließt. Bei den tierischen Zellen ist es nicht ersichtlich, worum es sich bei den kleinsten runden Strukturen handelt, da die Beschriftung fehlt.

Anmerkung der Schülerin: „[...] Zellorganellen, ah das muss ich nicht zeichnen. Ich weiß nicht mal, was das ist. Ich bin fertig, aber ich weiß nicht, wie man das nennt [zeigt auf den unbeschrifteten Pfeil].“

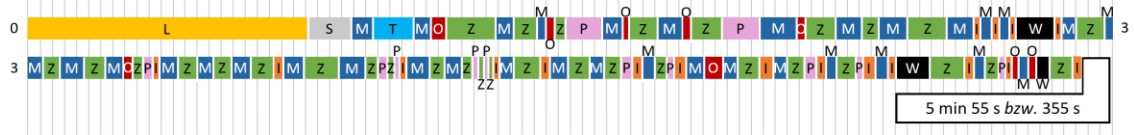
Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Denke nachfolgend bitte an das laute Denken.] [...] Ich zeichne erst mal das Hinterteil von der Amöbe, [] das sieht so irgendwie aus. [] Hier ist ein dunkler Rand, ein lilafarbener Punkt oder so [zeichnet den Zellkern]. [] Da sind außen herum auch wieder so kleine Dinger. [] Oh, die sind alle aneinandergereiht. [] Die sind auch so ein bisschen dunkler [gemeint sind gröbere Strukturen zwischen Zellkern und Pulsierenden Bläschen]. [] Da sind nochmal so zwei größere hellere Strukturen [gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen]. [] Ok. [] Sieht irgendwie aus wie eine Katze. [] Sieht aus, wie ein Bein von irgendeinem Tier. [] [unverständlich.] [] Ok, da ist wieder so ein lilafarbenes Kreisdingbums [gemeint ist der die Amöbe überlagernde Einzeller rechts unten]. [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die Scheinfüßchen ein.] [] Ok, hier vorne sind auch wieder so komische kreisartige Dinger [gemeint ist die Nahrungsvakuole links im Bild und grobe Körnung im Zellplasma]. [] [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die Zellmembran oberhalb, sowie die die Amöbe oberhalb überlagernden Einzeller.] [] Da sind überall so kreisartige Dinger, aber die sind anders dunkel, es sind immer andere Farben [gemeint sind die in den Einzellern zu erkennenden Strukturen]. [] [Die Schülerin zeichnet die Nahrungsvakuole ein.] Oh je. [Sie korrigiert den Umriss der Scheinfüßchen und zeichnet einen weiteren die Amöbe überlagernden Einzeller ein.] Ok, ich

glaube so ungefähr. Ach nein, ich muss es noch höher machen. [Die Schülerin korrigiert das rechte obere Ende der Amöbe.] Ok, ich glaube, ich habe es.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Darf ich da nochmal reinschauen? [Die Schülerin vergewissert sich durch einen kurzen Blick durch das Mikroskop, dass der Zellkern korrekt beschriftet wurde.] Ok. [Sie schraffiert nachträglich das Zellplasma.]“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	7	10.1	7.9	1	1.6	1.0
Austausch _{VMZ}	= E	0	2.1	5.2	0	0.3	0.7
Liest _{MZ}	= L	46	69.9	19.0	1	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	= M	106	138.1	96.0	34	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	= O	13	10.1	9.7	9	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	1.0	2.4	0	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	25	27.0	35.9	12	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	23	15.7	6.7	18	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	= T	6	11.7	16.8	1	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	0	1.6	2.6	0	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	15	13.6	14.6	3	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	114	121.4	50.7	32	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	139	148.4	71.2	44	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	355	422.4	204.7	111	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	349	410.7	193.3	110	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 173 s, M = 195.3, SD = 24.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Nahrungsvakuole, Zellmembran, Zellplasma (, Scheinfußchen)

Falsch beschriftete Strukturen: Pulsierendes Bläschen

Kommentar: An der eingezeichneten Stelle befindet sich kein Pulsierendes Bläschen.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

77.8% (28/36 Gesamtpunkte), M = 71.0, SD = 15.6

4.8 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.1, SD = 1.2

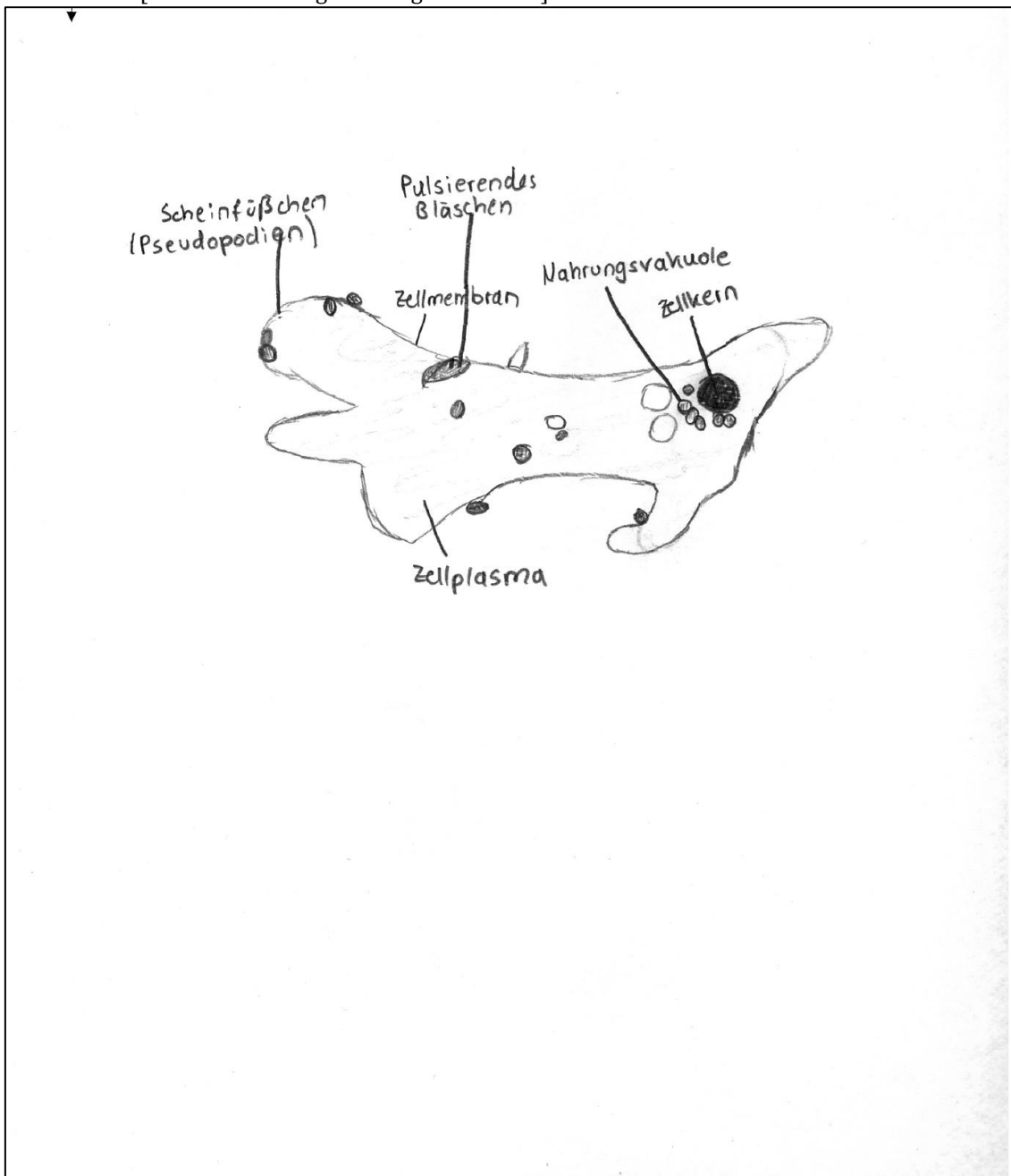
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe erstmal die Umrisse gezeichnet, das ist die Zellmembran. Dann habe ich den Zellkern eingezeichnet und die kleinen Bläschen außen herum. Was habe ich noch gezeichnet? Diesen Saft, dieses Flüssige innendrin, aber ich weiß nicht mehr, wie das heißt. Dann die Scheinfüßchen oder wie das heißt.“
Fortbewegung der Amöbe	„Kann die sich denn bewegen? Mit den Füßen vielleicht so paddeln. *lacht*“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe mir das erstmal im Mikroskop angeschaut, dann habe ich ungefähr probiert die Umrisse zu zeichnen und dann habe ich Details eingezeichnet und dann am Schluss, als ich das andere Bild bekommen habe, habe ich noch hingezeichnet, was ich vergessen habe. [Tatsächlich hat die Schülerin nachträglich jedoch nur die Schraffierung des Zellplasmas ergänzt.]“
Schwergefallen	„Zu beschriften, was wie heißt.“
Besonders schwergefallen	„Nein, nicht dass ich wüsste.“
Hätte besser gelingen können	„Ja, vielleicht anfangs die tierischen und pflanzlichen Zellen besser zu zeichnen.“
Beim nächsten Mal anders	„Eigentlich nichts.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich fand es ok.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Nora – S8C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
6	7	428	10

Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Fünfmal im Biologieunterricht.“
Bereits gezeichnete Objekte	Zwiebelzellen, andere Zellen
Regeln der Lehrkraft	Lehrkraft hat keine benannt
Selbst befolgte Regel/Kriterien	„Ich mach es immer so, dass ich halt nicht so fest draufdrücke, wenn ich mir nicht so sicher bin. Ich mache nie ganz durchgezogene Linien, sondern eher so gestrichelte und sonst halt, [...] wenn man Schatten hat, dass man halt schraffiert. Ich bin nicht so gut im Schraffieren.“
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	„Doch, das ist halt so eine Bakterie oder sowas. Wir haben halt verschiedene Bakterien einmal durchgenommen. Wir hatten so ein Arbeitsblatt, da haben wir verschiedene Sachen, auch Zellen und so auch draufgehabt, da mussten wir die dann auch abzeichnen. Amöbe ist so ein ovales Ding glaube ich.“

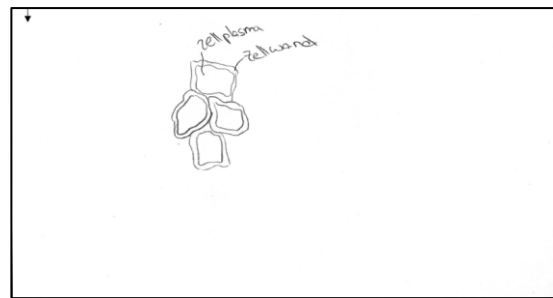
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Das weiß ich nicht mehr so genau, nein.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Tierische Zellen haben einen Zellkern und pflanzliche Zellen nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
63.9% (23/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
47.2% (17/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern_{pfl.}, Zellwand_{pfl.}, Zellplasma_{pfl./tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Chlorophyll_{pfl.} (, Zellwand_{tier.})

Kommentar: Chlorophyll befindet sich im Inneren der Pflanzenzelle. Tierische Zellen besitzen hier eine Zellwand.

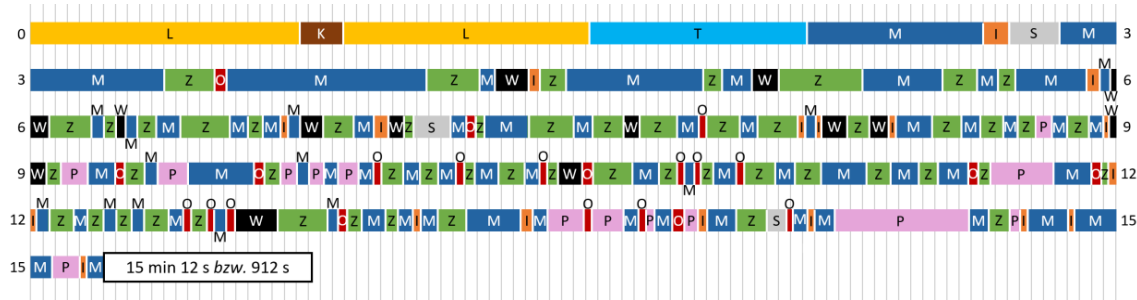
Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Siehst du das Präparat gut?] [E: Bitte das Blatt ein Stück nach links schieben. Du kannst auch das Mikroskop noch ein Stück zu dir heranziehen.] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Also es sieht so ein bisschen aus wie ein Tier. [Die Schülerin zeichnet kleinschrittig den Umriss der Amöbe nach wiederholtem Blick durch das Mikroskop und korrigiert parallel mehrmals die eigene Zeichnung.] [E: Eine kurze Erinnerung. Bitte sprich alles aus, was dir beim Arbeiten in den Kopf kommt.] Da muss es jetzt hier so hoch gehen [gemeint ist nachfolgend die Zellmembran]. Da ist irgendwie so ein Hubbel, dann ist da noch so ein Hubbel, dann geht es hier runter und noch so ein bisschen runter. Ich glaube, es muss noch ein bisschen kleiner, dann geht es so länglicher wieder zum Kopf. Ich glaube, das muss etwas tiefer [gemeint ist die Zellmembran]. Die hat dann da noch so komische Punkte [gemeint sind Nahrungsvakuolen] und etwas Lilafarbenes. Die hat so einen komischen Mund [gemeint ist der Verlauf der Zellmembran an der linken Seite des Präparats]. Dann hat die hier so ein inneres Ding und hier noch und hier noch [gemeint sind die gepunkteten Strukturen im Zellplasma] dann hat die hier so einen Fleck [gemeint sind nachfolgend die kleinen Einzeller, die die Amöbe am oberen Ende überlagern], dann so etwas Hohes dann hat die da drin so ein Rundes und noch eins und noch eines. Ich glaube, das muss hier etwas anders sein. So. Dann ist hier noch ein Fleck [gemeint sind nachfolgend die Nahrungsvakuolen oder die die Amöbe stellenweise überlagernden Einzeller]. Da auch und hier zwischen ist noch ein Fleck und hier und hier. Jetzt kommt da so ein großer lilaner Klumpen [gemeint ist der Zellkern].“

[] Hier so sechs kleine [gemeint sind nachfolgend die Nahrungsvakuolen oder größere Strukturen im Zellplasma], [] da ist noch eine und so ein Ding. [] Dann kommen da so große, ohne Flecken [gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen], [] die überschneiden sich, [] noch ein großer [] und dann [] kommt da noch so ein [] ein bisschen größer [] und das ohne Punkte, [] das wieder mit Punkte [] und das wieder mit Punkte. [] Das hat nur zur Hälfte Punkte [gemeint ist ein die Amöbe überlagernder Einzeller]. [] Da ist es. [Der Bleistift bricht ab] [E: Oben liegt auch noch ein zweiter Bleistift.] [] und dann [] der ist dunkler [gemeint ist der Zellkern]. [] Das hat da noch so. [] [...]"

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Ich weiß nicht, vielleicht ist das der Zellkern. [...] Die sehen alle aus wie Tiere.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	[] = S	18	10.1	7.9	3	1.6	1.0
Austausch _{VMZ}	[] = E	0	2.1	5.2	0	0.3	0.7
Liest _{MZ}	[] = L	86	69.9	19.0	2	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	[] = M	360	138.1	96.0	67	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	[] = O	29	10.1	9.7	22	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	[] = K	7	1.0	2.4	1	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_au _{SMZ}	[] = P	77	27.0	35.9	14	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	[] = R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[] = I	27	15.7	6.7	17	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	[] = T	36	11.7	16.8	1	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	[] = U	0	1.6	2.6	0	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	[] = W	46	13.6	14.6	12	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[] = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[] = Z	226	121.4	50.7	53	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[] = P, R, V, Z	303	148.4	71.2	67	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[] = alle	912	422.4	204.7	192	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[] = alle, ohne T	876	410.7	193.3	191	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 212 s, M = 195.3, SD = 24.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Scheinfüßchen, Zellmembran, Nahrungsvakuole

Falsch beschriftete Strukturen: Pulsierendes Bläschen

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma

Kommentar: An der eingezeichneten Stelle befindet sich kein Pulsierendes Bläschen. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellmembran grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

75.0% (27/36 Gesamtpunkte), M = 71.0, SD = 15.6

1.8 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.1, SD = 1.2

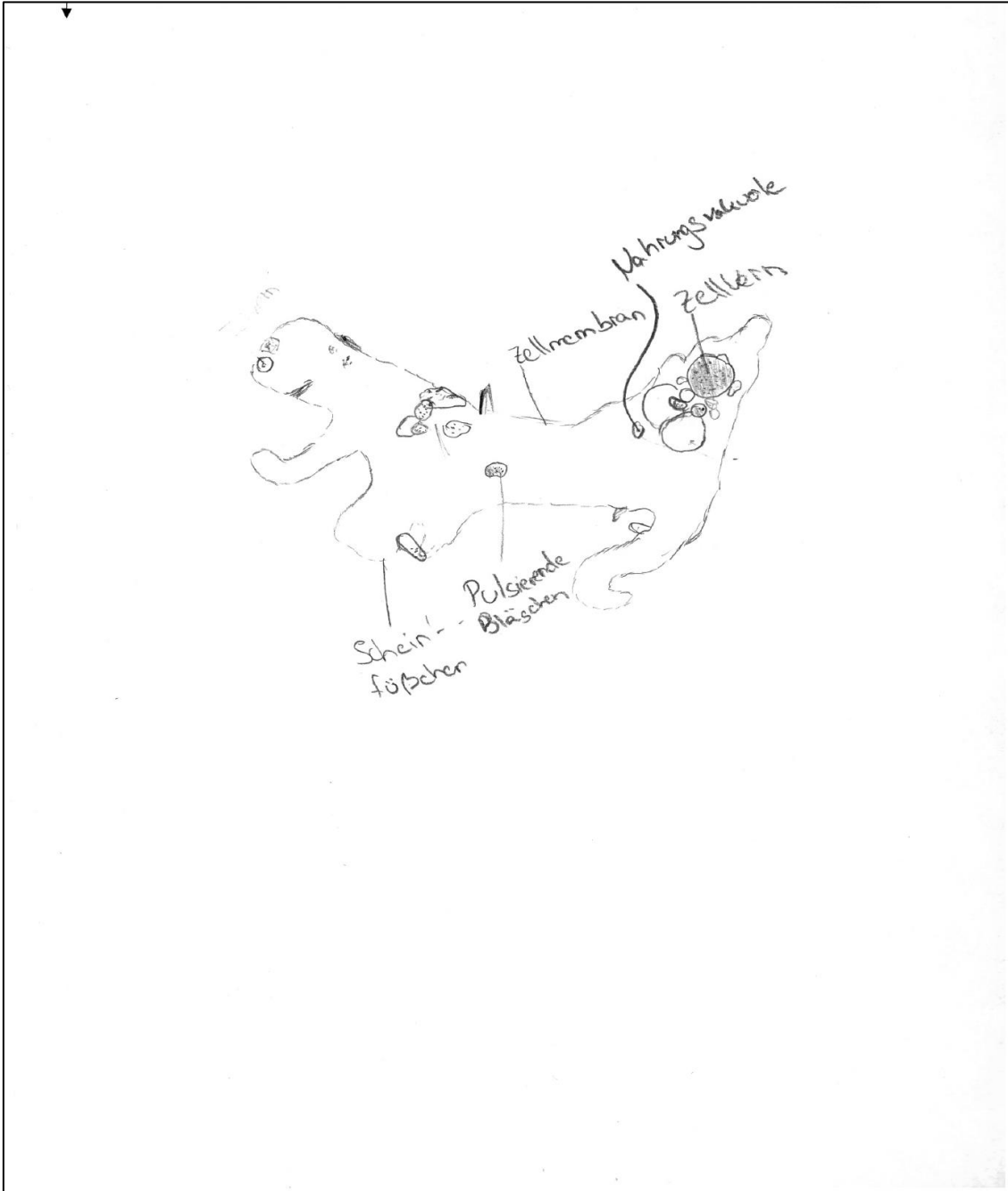
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Eine Amöbe. Die sah so ein bisschen aus wie ein Tier. Die hatte vier Scheinfüßchen, ein kleines und drei große und noch so ein <i>Anhängsel</i> . Dann hatte die eine Zellmembran außen, dann hatte sie Nahrungsvakuolen und dann habe ich noch so Bläschen [<i>gemeint sind die Nahrungsvakuolen und die die Amöbe überlagernden Einzeller</i>] und den Zellkern habe ich noch gemalt.“
Fortbewegung der Amöbe	„Ich glaube, die schwimmt, also sie treibt oder so.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe zuerst den Umriss gezeichnet von der Amöbe, dann habe ich die Bläschen und Zellkerne gemalt und die Vakuolen und also eigentlich habe ich die Pünktchen in den Vakuolen und Bläschen habe ich relativ am Schluss gemalt.“
Schwergefallen	„Schwer fiel mir nichts, aber das Erkennen und ähnlich Zeichnen manchmal. Ich empfand es schon gut, aber manche Sachen waren etwas ungeschickt, man hat es nicht so gut gesehen und dann konnte man es nicht so ganz abzeichnen.“
Hätte besser gelingen können	„Vielleicht das Erkennen mit dem Mikroskop und auf die ganz kleinen Sachen zu achten.“
Empfinden des lauten Denkens	„Das fand ich jetzt etwas schwierig, weil ich dann zeichnen musste und noch laut denken.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Johanna – S8D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
14	58	815	73

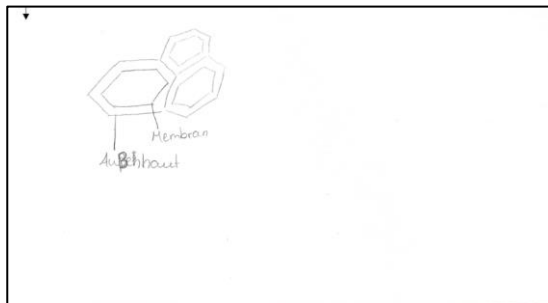
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Das machen wir jetzt erst wieder im Biologieunterricht. Heute und davor zwei- oder dreimal.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Zweimal war es eine Zwiebelschale und dann hatten wir heute jeweils Dauerpräparate eines Skelettmuskels und der Herzmuskulatur und eine Mundschleimhaut.“
Regeln der Lehrkraft	„Nicht so wirklich. Sie hatte gesagt, dass sie darauf achtet, dass wir sauber zeichnen, aber mehr hat sie auch nicht gesagt.“
Selbst befolgte Regel/Kriterien	„Ich achte sehr darauf, dass das Bild fast wirklich dem, was ich sehe, entspricht, aber die Lehrerin hat uns nicht wirklich etwas dazu gesagt. [...]“ „[E: [...] Je genauer, desto besser?] Ja.“
Bewertung der Zeichnungen	Ja
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	„Gesehen ja, gezeichnet nicht.“

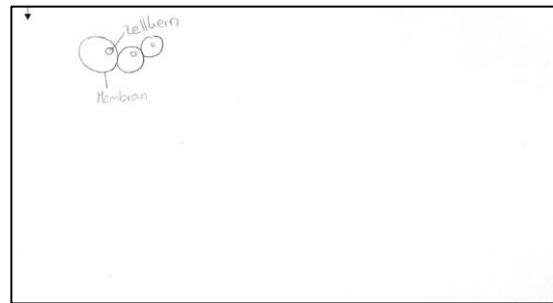
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Sie hat eine Membran und dann ist da noch so eine festere Schicht eine Art Außenhaut, sodass keine Sachen die Pflanze beschädigen können.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Tierische haben einen Zellkern und mehr weiß ich nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
77.8% (28/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
58.3% (21/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: (Zell-)Membran_{pfl./tier.}, Zellkern_{tier.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Mit Außenhaut_{pfl.} ist voraussichtlich die Zellwand der pflanzlichen Zellen gemeint.

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Du kannst dir das Mikroskop auch näher heranholen.] [Die Schülerin wurde bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms kontinuierlich leiser.] [E: Es ist dir freigestellt, laut zu denken oder es wegzulassen.] [Die Schülerin entscheidet sich gegen lautes Denken. Sie schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet den Umriss der Amöbe. Die Schülerin zeichnet danach die Zellorganellen und die Amöbe überlagernde Einzeller ein.]“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[Die Schülerin beschriftet die zu erkennenden Strukturen. Sie verändert die Zeichnung nicht.]“

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

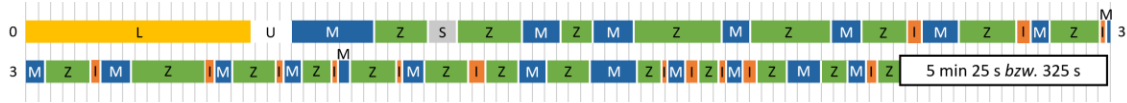
Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 150 s, $M = 195.3$, $SD = 24.8$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Zellplasma, Zellmembran, Scheinfüßchen

Falsch beschriftete Strukturen: Nahrungsvakuole
Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Pulsierendes Bläschen
Kommentar: Die mit Nahrungsvakuole beschriftete Struktur stellt im mikroskopischen Bild das Pulsierende Bläschen dar.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	[Grey] = S	5	10.1	7.9	1	1.6	1.0
Austausch _{VMZ}	[Dark Grey] = E	0	2.1	5.2	0	0.3	0.7
Liest _{MZ}	[Yellow] = L	38	69.9	19.0	1	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	[Blue] = M	96	138.1	96.0	19	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	[Red] = O	0	10.1	9.7	0	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	[Brown] = K	0	1.0	2.4	0	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_aus _{SMZ}	[Pink] = P	0	27.0	35.9	0	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	[Purple] = R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[Orange] = I	17	15.7	6.7	14	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	[Light Blue] = T	0	11.7	16.8	0	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{SMZ}	[White] = U	7	1.6	2.6	1	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	[Black] = W	0	13.6	14.6	0	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[Light Green] = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[Green] = Z	162	121.4	50.7	21	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[Multi] = P, R, V, Z	162	148.4	71.2	21	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[Multi] = alle	325	422.4	204.7	57	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[Multi] = alle, ohne T	325	410.7	193.3	57	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

77.8% (28/36 Gesamtpunkte), M = 71.0, SD = 15.6

5.2 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.1, SD = 1.2

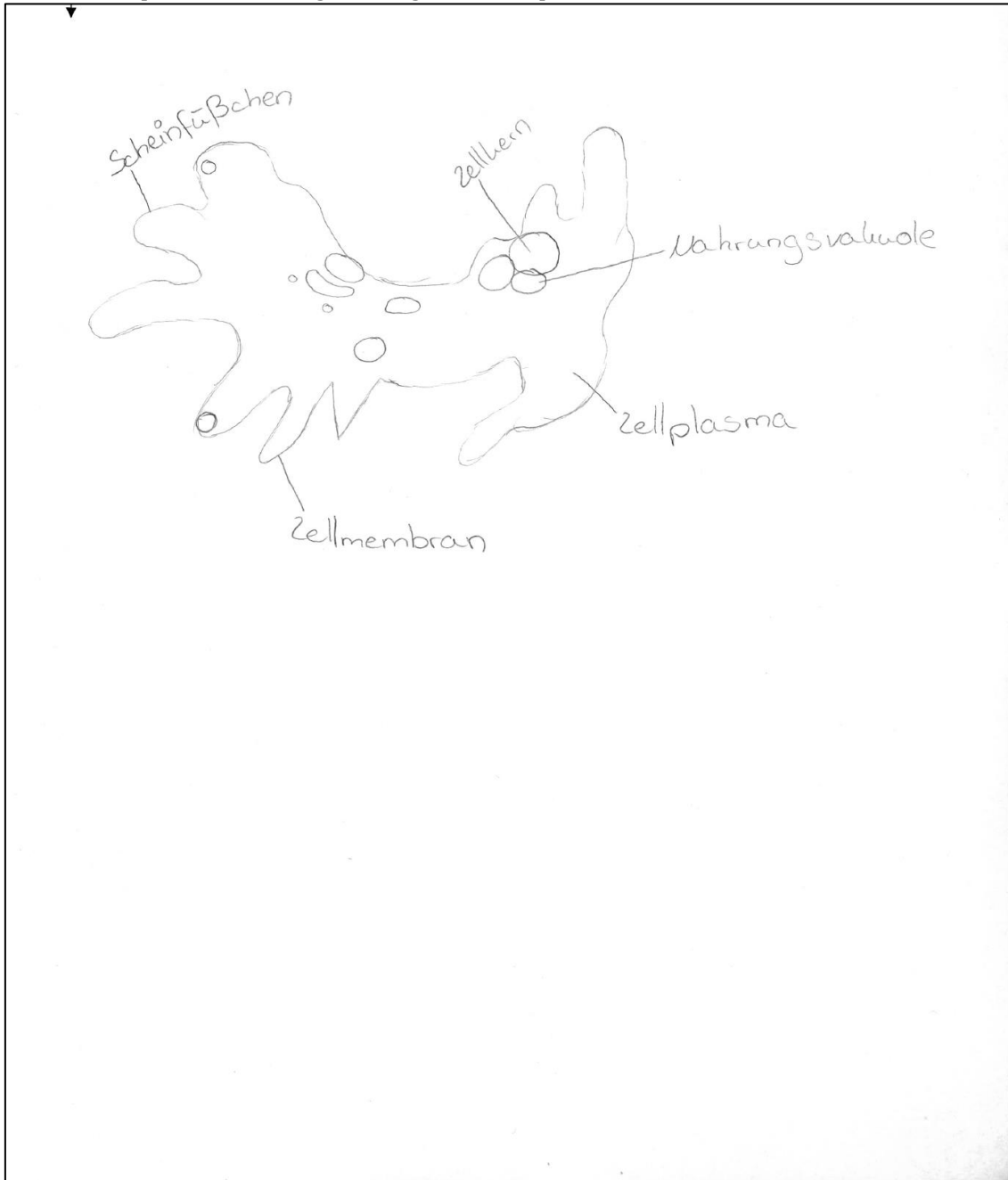
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe das Zellplasma, den Zellkern, die Zellmembran, die Scheinfüßchen, die Nahrungsvakuole eingezeichnet.“
Fortbewegung der Amöbe	„Ich glaube durch die Scheinfüßchen, dass die sich dadurch hin und her bewegt.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe erst die Zellmembran gezeichnet und dann habe ich mich auf den Zellkern konzentriert und dann habe ich mich auf die ganzen anderen Sachen konzentriert.“
Schwergefallen	„Mir fiel schwer, die ganzen kleinen Punkte zu zeichnen und dann auch noch an der richtigen Stelle. Also entweder die Nahrungsvakuole oder den Zellkern.“
Hätte besser gelingen können	„An einer Stelle von der Zeichnung hätte mir ein Scheinfüßchen besser gelingen können.“
Beim nächsten Mal anders	„Nichts.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ja, es stört mich manchmal bei der Konzentration.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Sophia – S8E

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
7	10	705	52

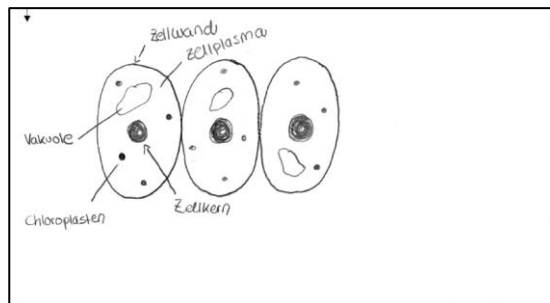
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Vielleicht so fünfmal oder viermal glaube ich.“
Bereits gezeichnete Objekte	Knochen-, Mundschleimhaut-, Blutzellen
Regeln der Lehrkraft	„Keine gestrichelten Linien. Man sollte nicht mit Füller zeichnen, sondern eben mit Bleistift.“
Selbst befolge Regel/Kriterien	„Regeln kenne ich nicht so wirklich. Ich zeichne immer ein bisschen gestrichelt. Unsere Lehrerin meinte, man soll das nicht. Man soll es groß genug zeichnen, dass man auch alles erkennt.“
Bewertung der Zeichnungen	„Ich glaube ja.“
Bewertungskriterien der Lehrkraft	Nach welchen Kriterien die Bewertung erfolgte, wurde nicht benannt
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

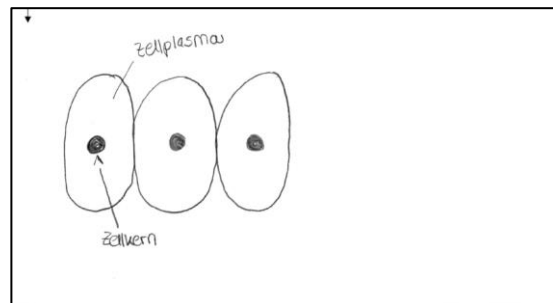
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Zellwand, Zellkern, Zellplasma, Vakuole, Chloroplasten.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Darüber haben wir mal einen Test geschrieben. Ich weiß nicht mehr genau. Eine pflanzliche Zelle hat eine Zellwand. Bei Menschen geben Knochen die Stabilität und die tierische Zelle hat keine Zellwand. Die tierische Zelle hat auch keine Vakuole, in der sich diese Flüssigkeit befindet. Wir brauchen keine Zellwand, da dann auch nichts platzen kann, dafür ist die Zellwand. Die pflanzliche Zelle hat noch Chloroplasten und darin ist Chlorophyll, das die Pflanzen für die Fotosynthese benötigen.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
69.4% (25/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
69.4% (25/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand_{pfl.}, Zellplasma_{pfl./tier.}, Vakuole_{pfl.}

Falsch beschriftete Strukturen: Chloroplasten_{pfl.}, Zellkern_{pfl./tier.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellmembran_{tier.}

Kommentar: Die Beschriftungslinien der Begriffe Chloroplasten_{pfl.} und Zellkern_{pfl./tier.} grenzen nicht an die zu bezeichnende Strukturen.

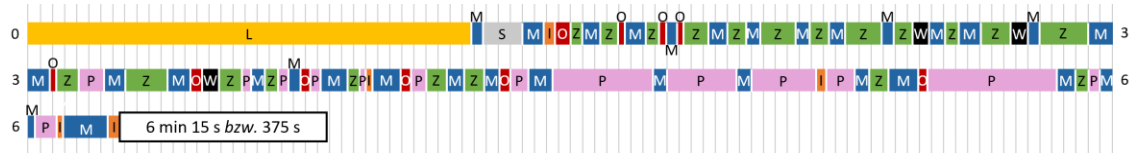
Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] [E: Du kannst das Mikroskop einfach an dich heranziehen.] Gestrichelte Linien sind für mich einfacher als feste. Ich kann ja am Ende nochmal nachfahren. Jetzt zeichne ich erstmal die Umrisse, sieht aus wie so kleine Hände. [Die Schülerin gleicht kleinschrittig zwischen Mikroskop und Zeichnung ab.] Jetzt male ich. Da ist der Zellkern oder so. Dann sind da so leichte Kreise außen herum [gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen]. Hier sind so Punkte. Ach ne. Hier sind so dunklere Punkte. Hier unten ist noch so ein Punkt [gemeint ist der am unteren Ende der Amöbe überlagernde Einzeller] und hier [gemeint ist der die Amöbe links im mikroskopischen Präparat überlagernde kleine Einzeller]. Ok und dann hier überall so Kleine [gemeint sind die die Amöbe überlagernden Einzeller links und oberhalb]. Dann hier unten noch so ein Längliches. Es ist ein bisschen dunkler. Generell ist es etwas gepunktet. [Die Schülerin punktet das Zellplasma.] So. Oben sind hier noch so kleine Kreisdringer. Ah, hier genau. [Die

Schülerin punktet erneut das Zellplasma.] [] Hier ist noch so ein Ding [zeichnet weitere die Amöbe überlagernde Einzeller ein], [] und noch so Punkte. [] Ok.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Ich denke mal, das hier ist der Zellkern, [] der ist hier ja auch am größten und am dunkelsten, genau. [] Das Zellplasma ist das mit den ganz vielen kleinen Punkten. [] Die Scheinfüßchen sind diese kleinen Dinger hier, die Füße. [] Die Zellmembran ist hier außen sozusagen die Haut. [] Die Nahrungsvakuole und die Pulsierenden Bläschen, jetzt muss ich gucken. Ich habe hier ja so leichte Kreise und so dunklere. Ich würde jetzt einfach mal darauf tippen, dass das hier die [] Nahrungsvakuolen sind und das hier [] die Pulsierenden Bläschen, da die auf dem Bild dunkler sind. [E: Also du hast auch noch die Möglichkeit, durch das Mikroskop zu schauen.] Achso gut. [] Ich würde sagen, ok. Ich denke jetzt mal, dass das die Pulsierenden Bläschen sind und das hier sind dann die Nahrungsvakuolen [] oder Nahrungsvakuole. [] Ok. [] Ok, fertig.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	6	10.1	7.9	1	1.6	1.0
Austausch _{VMZ}	= E	0	2.1	5.2	0	0.3	0.7
Liest _{MZ}	= L	74	69.9	19.0	1	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	= M	97	138.1	96.0	30	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	= O	15	10.1	9.7	10	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	1.0	2.4	0	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	87	27.0	35.9	14	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	8	15.7	6.7	5	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	= T	0	11.7	16.8	0	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	0	1.6	2.6	0	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	8	13.6	14.6	3	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	80	121.4	50.7	21	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	167	148.4	71.2	35	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	375	422.4	204.7	85	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	375	410.7	193.3	85	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 192 s, M = 195.3, SD = 24.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Pulsierendes Bläschen, Zellmembran, Scheinfüßchen, Nahrungsvakuole, Zellplasma
Kommentar: Die Schülerin notiert „pulsierenden“ anstatt Pulsierendes Bläschen. Die Beschriftungslinien der Begriffe Scheinfüßchen und Zellmembran grenzen nicht an die zu bezeichnenden Strukturen.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

75.0% (27/36 Gesamtpunkte), M = 71.0, SD = 15.6

4.3 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.1, SD = 1.2

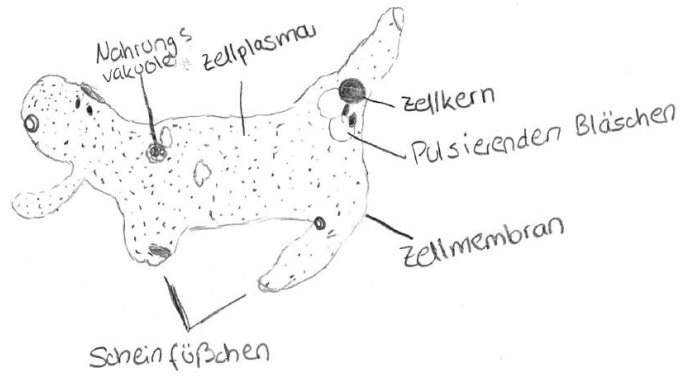
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe erstmal die Umrissfein gemalt. Für mich ist das auch irgendwie einfacher. Ich habe ja auch ein paar mal radieren müssen und wenn ich dann gleich so fest aufdrücke, ist es dann auch etwas schwerer. Dann habe ich die für mich auffälligsten Dinge und die vielleicht auch am einfachsten zu zeichnenden Sachen gezeichnet, zum Beispiel ein Zellkern. Da habe ich auch vermutet, dass es der Zellkern sein könnte, das war ja so ein dunklerer Punkt. Dann habe ich die danebenliegenden kleineren Punkte oder Bläschen gezeichnet. Danach habe ich das Zellplasma gemalt, also diese kleineren Punkte.“
Fortbewegung der Amöbe	„Vielleicht mit diesen Scheinfüßchen. [Die Schülerin imitiert Schwimmbewegungen.]“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe immer durch das Mikroskop geschaut und habe zuerst die Umriss gezeichnet, also die Scheinfüßchen und so weiter. Ich habe es leicht gezeichnet [dünne, leicht gestrichelte Linien], das fällt mir einfacher. Dann habe ich nach für mich herausstechenderen Sachen geschaut, das war für mich der Zellkern oder die dunkleren Sachen, die habe ich zuerst eingezeichnet. Dann habe ich noch so ein bisschen auf die Einzelheiten geachtet. Ich habe noch diese kleinen Punkte reingemacht [Punkten des Zellplasmas] und diese Bläschen.“
Schweregefallen	„Was mir schwer fiel, die Amöbe halt genau so zu zeichnen, wie sie unter dem Mikroskop aussieht. [E: Also dein Bestreben war „je genauer, desto besser“?] Ja.“
Hätte besser gelingen können	„Ich denke schon. Diese Vakuolen waren bei mir eher so rund, aber irgendwie sieht es unter dem Mikroskop etwas fleckiger aus.“
Beim nächsten Mal anders	„Vielleicht etwas genauer zeichnen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Fand ich gut.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Emma – S8F

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Unterdurchschnittliche Zeichnerin	2	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
0	1	532	21

Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	Zweimal
Bereits gezeichnete Objekte	„Eine Zwiebel und Wasser mit Seife.“
Regeln der Lehrkraft	„Wüsste ich jetzt nicht mehr.“
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„[...] sehr ordentlich zeichnen.“
Bewertung der Zeichnungen	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	„Öfters gezeichnet ja, aber nicht unter dem Mikroskop betrachtet.“

Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	-
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	-

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0.0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: keine

Anmerkung der Schülerin: „Ich müsste es jetzt frei lassen [...], da wir noch gar keine besprochen hatten.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab. Sie schaut einmal durch das Mikroskop und zeichnet den Umriss der Amöbe aus der Erinnerung, ohne dass sie dazwischen durch das Mikroskop blickt.] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Was wenn ich nichts denke? [E: Du kannst auch das Mikroskop deutlich näher an dich heranziehen.] Ich stehe lieber, ich bin zu klein dafür. [Die Schülerin blickt ein weiteres Mal durch das Mikroskop und zeichnet den Zellkern ein.] [E: Probiere es nochmal mit dem lauten Denken.] Eigentlich wäre ich jetzt fertig.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[Die Schülerin beschriftet die zu erkennenden Strukturen. Sie verändert die Zeichnung nicht.]“

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 196 s, $M = 195.3$, $SD = 24.8$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Zellplasma, Zellmembran, Scheinfüßchen

Falsch beschriftete Strukturen: Nahrungsvakuole, Pulsierendes Bläschen

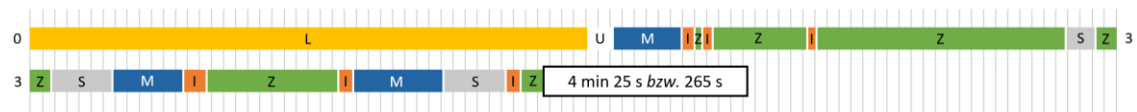
Kommentar: Die Zeichnung ähnelt dem mikroskopischen Bild nur geringfügig.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

33.3% (12/36 Gesamtpunkte), $M = 71.0$, $SD = 15.6$

2.7 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 4.1$, $SD = 1.2$

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
Austausch _{S_{MZ}}	[Grey] = S	25	10.1	7.9	3	1.6	1.0
Austausch _{V_{MZ}}	[Dark Grey] = E	0	2.1	5.2	0	0.3	0.7
Liest _{MZ}	[Yellow] = L	93	69.9	19.0	1	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	[Blue] = M	38	138.1	96.0	3	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	[Red] = O	0	10.1	9.7	0	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	[Brown] = K	0	1.0	2.4	0	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	[Pink] = P	0	27.0	35.9	0	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	[Purple] = R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[Orange] = I	14	15.7	6.7	6	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	[Light Blue] = T	0	11.7	16.8	0	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	[White] = U	4	1.6	2.6	1	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	[Black] = W	0	13.6	14.6	0	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[Light Green] = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[Green] = Z	91	121.4	50.7	6	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[Multi] = P, R, V, Z	91	148.4	71.2	6	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[Multi] = alle	265	422.4	204.7	20	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[Multi] = alle, ohne T	265	410.7	193.3	20	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

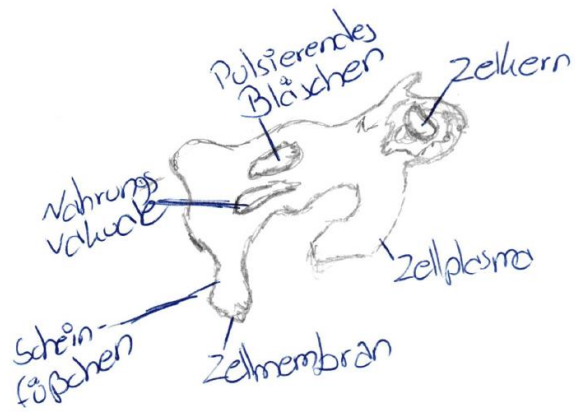
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe keine Ahnung. [E: Beschreibe einfach mal, was du mikroskopiert hat.] Eine Amöbe. Es sah aus wie ein Pferd. Es war blau und innen drin war der Zellkern, das Blaue. Außen war das Zellplasma und unten war der Scheinfuß. Mehr eigentlich nicht.“
Fortbewegung der Amöbe	„Nein, eigentlich nicht.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Sehr vorsichtig, sehr genau und dass vielleicht ein paar Details stimmen, wie es im Mikroskop war. Ich habe es hoffentlich sehr detailgetreu gezeichnet.“
Schwierigkeiten	„Ja, gleichzeitig in das Mikroskop zu gucken, weil manchmal vergesse ich das.“
Hätte besser gelingen können	„Generell die Struktur zu erkennen.“
Beim nächsten Mal anders	„Besser hinsehen, also häufiger hinsehen, sodass man es auch eher zeichnen kann.“
Empfinden des lauten Denkens	„Eigentlich ganz gut. [Die Schülerin hat während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung trotz Impuls nicht laut gedacht.] Manchmal denke ich nicht beim Zeichnen, da male ich einfach wild darauf los, wie es mir vorgeschrieben wird, da denke ich mir eigentlich nie so richtig was.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Ben – S8G

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Überdurchschnittlicher Zeichner	2	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	20	507	18

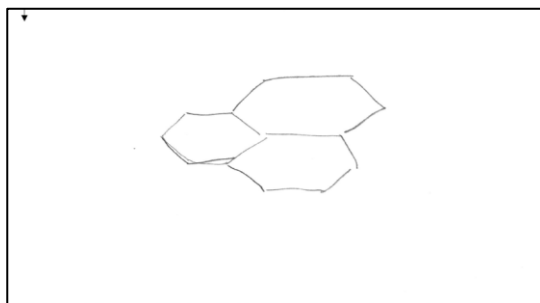
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Ich glaube einmal.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Das Thema fällt mir nicht mehr ein.“
Regeln der Lehrkraft	Lehrkraft hat keine benannt
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„Erst den Rand, das was ich sehe und dann immer weiter.“
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Gesehen, aber nicht gezeichnet

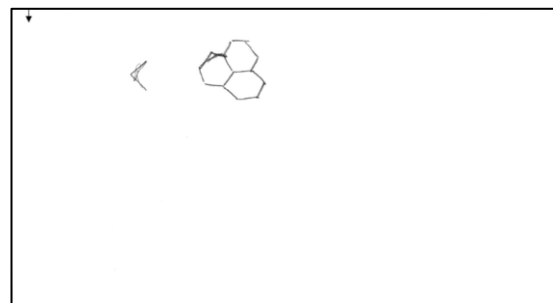
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Weiß ich nicht.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Weiß ich nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
44.4% (16/36 Gesamtpunkte), $M = 62.5$, $SD = 11.0$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
41.7% (15/36 Gesamtpunkte), $M = 57.4$, $SD = 10.9$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pfl./tier.}, Zellwand_{pfl.(?)}, Zellmembran_{tier.(?)}

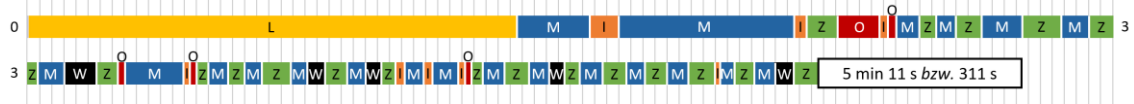
Kommentar: Ob es sich bei der dargestellten äußeren Begrenzung der pflanzlichen Zellen um die Zellwand und bei der tierischen Zelle um die Zellmembran handelt, ist nicht ersichtlich, da die Beschriftung fehlt. Durch die eckige Struktur der tierischen Zelle entsteht der Eindruck, dass die tierische Zelle eine Zellwand besitzt.

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab und blickt dann durch das Mikroskop. Er setzt den Stift an, wendet sich allerdings direkt wieder vom Blatt ab und mikroskopiert erneut.] [E: Du kannst das Mikroskop auch näher zu dir heranziehen, wenn du magst.] Es sieht irgendwie aus wie so ein Tier, halb Nilpferd, halb Pferd. [Der Schüler zeichnet nachfolgend kleinschrittig die Umrisse der Amöbe.] Hier ist so [] und dann geht es so [] herum [], dann ist hier so ein Bogen, [] dann geht es hier runter [] und hier ist wieder wie so ein Band [] und ein zweites Bein [] dann geht es wieder hoch, auf die Seite [] ein bisschen hoch noch, [] dann ist hier wie so eine Art Schwanz, [] dann geht es hier wieder hoch, [] hier weiter und dann wieder runter, [] etwas zackig runter, [] so [] und jetzt hier so ein kleines Teil, das hervorsticht [] und dann hier hin. [] Ja so. [Damit ist der kleinschrittig entstandene Umriss vollendet. Außer dem Umriss hat der Schüler bislang nichts weiter dargestellt. Der Schüler signalisiert, dass er fertig ist.] [...] [E: Siehst du im Mikroskop noch Weiteres?] Es sind so Punkte oder kleine Tierchen oder so, die an oder auf ihm sind [gemeint sind die die Amöbe überlagernden Einzeller]. Rechts oben etwas ganz großes Bläuliches, das ist das Größte von allen, dann immer nur so Kleine. Ja. [Der Schüler wendet sich wieder an den Versuchsleiter und signalisiert, dass er fertig ist. Zellorganellen wurden nicht eingezeichnet.]“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Soll ich die kleinen Punkte auch hinmalen? [...] Ok. [] Soll ich auch laut denken? Ja soll ich. [] [...] Hier ist der Zellkern [] und der hat auch diese Punkte überall. [] Ja, das ist der Zellkern hier. [] Und hier ist das Pulsierende Bläschen, denke ich mal. [Der Schüler beschriftet zwar die richtige Stelle, allerdings befindet sich an dem Ende der Beschriftungslinie nur Zellplasma. Das Pulsierende Bläschen hat er nicht gezeichnet.] [] Ich glaube, [] das ist der Scheinfuß [] und das auch. [] Hier ist das Zellplasma. [] Ich weiß nicht, das ist die Nahrungsvakuole. [] [Der Schüler zählt die Begriffe.] Fertig.“

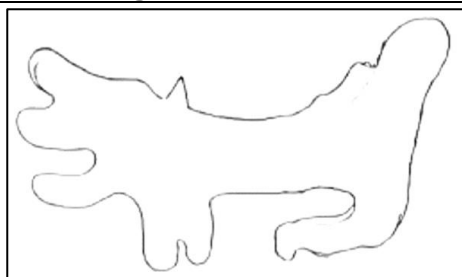
Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{S_{MZ}}	█ = S	0	10.1	7.9	0	1.6	1.0
Austausch _{V_{MZ}}	█ = E	0	2.1	5.2	0	0.3	0.7
Liest _{MZ}	█ = L	81	69.9	19.0	1	1.1	0.3
Mikroskopiert _{MZ}	█ = M	116	138.1	96.0	21	29.9	18.3
Monolog _{MZ}	█ = O	12	10.1	9.7	5	6.9	7.2
Off-task-Aktivität _{MZ}	█ = K	0	1.0	2.4	0	0.1	0.3
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	█ = P	0	27.0	35.9	0	5.7	6.6
Redundante_Struktur _{MZ}	█ = R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	█ = I	13	15.7	6.7	8	10.6	5.2
Technische_Einführung _{MZ}	█ = T	0	11.7	16.8	0	0.6	0.7
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	█ = U	0	1.6	2.6	0	0.3	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	█ = W	17	13.6	14.6	5	3.4	3.9
(Vor-)strukturiert _{MZ}	█ = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	█ = Z	72	121.4	50.7	19	26.0	13.5
Zeichnet_gesamt _{MZ}	█ = P, R, V, Z	72	148.4	71.2	19	31.7	18.3
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	█ = alle	311	422.4	204.7	59	86.4	50.4
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	█ = alle, ohne T	311	410.7	193.3	59	85.9	50.1

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S8A-G (Kontext 8).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]



Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte der Schüler die Zeichnung neben der Beschriftung weitreichend, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Das linke Bild zeigt die Zeichnung im Zustand nach Aufgabe 1 und bevor die Bearbeitung von Aufgabe 2 begonnen wurde.

Dauer der Beschriftung und Korrektur:
227 s, M = 195.3, SD = 24.8

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern

Falsch beschriftete Strukturen: Pulsierendes Bläschen, Scheinfüßchen, Zellplasma, Nahrungsvakuole

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellmembran

Kommentar: Das Pulsierende Bläschen wurde nicht eingezeichnet. Die Beschriftungslinien der Begriffe Nahrungsvakuole und Scheinfuß grenzen nicht an die zu bezeichnenden Strukturen. Die Zellmembran wird mit Zellplasma beschriftet.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

75.0% (27/36 Gesamtpunkte), M = 71.0, SD = 15.6

5.2 Punkte_{pro_Minute_{AD}}, M = 4.1, SD = 1.2

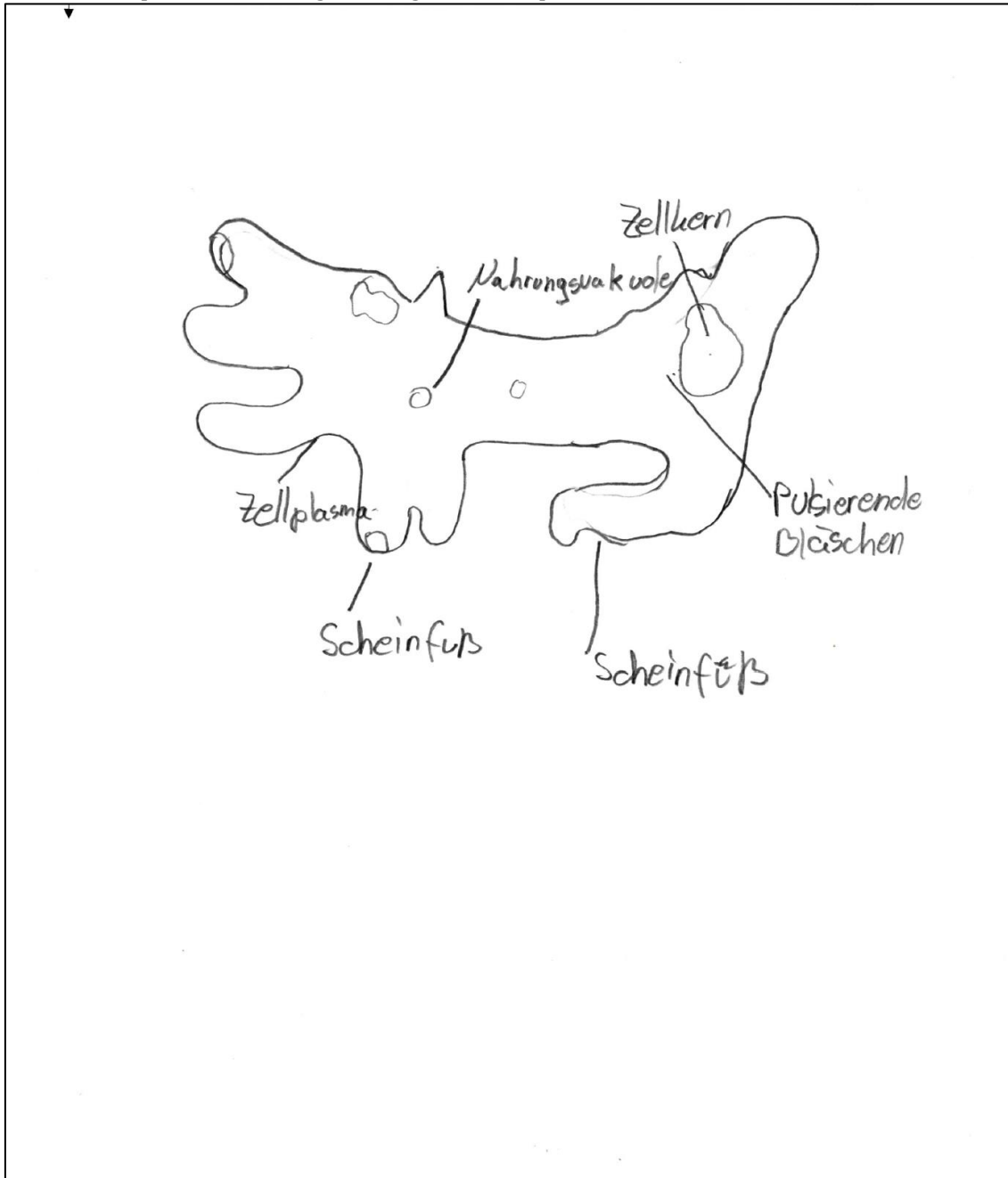
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Das sah aus, wie ein [unverständl.], es hat mehrere Arme gehabt, Beinchen. Da war ein großer Fleck oben rechts und dann war unten noch so ein längliches Bein. Da waren überall ganz viele Punkte mit [unverständl.]. Das war es.“
Fortbewegung der Amöbe	„In so Schlängelbewegungen.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe, wie bei der anderen Zeichnung auch, erst das außen gemalt. Ich habe an einem Punkt außen angefangen und dann Schritt für Schritt abgezeichnet.“
Schwergefallen	„Nichts wirklich. Manchmal hat man nicht ganz erkannt, ob es jetzt nochmal so ein Bein ist oder ob es zusammenhängt. Sonst war es einfach.“
Hätte besser gelingen können	„Nein, ich fand das schon ganz gut.“
Beim nächsten Mal anders	„Nein.“
Empfinden des lauten Denkens	„Es war auch, da war es halt etwas, weil man nur sagen konnte Umrisse, wie es aussieht, dass es jetzt ein Bogen macht, das war halt nicht so optimal.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Anhang 7.7: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 10.1

Klara – S10.1A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	1.5 (vgl. 5.8)	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
12	34	507	15

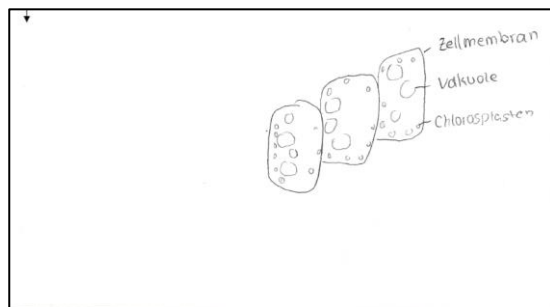
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Insgesamt acht oder zehn Unterrichtsstunden mikroskopiert und fünf oder sechsmal dazu gezeichnet.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Ein Pantoffeltierchen und aktuell haben wir uns Zellen von Pflanzen und einer Zwiebel angeschaut, aber wir haben es noch nicht aufgezeichnet. An das andere kann ich mich nicht mehr erinnern, das ist schon so lange her.“
Regeln der Lehrkraft	Lehrkraft hat keine benannt, „[...] einfach nur abzeichnen“
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„Ich versuche, möglichst eins zu eins abzuzeichnen, aber nicht alles komplett, sondern nur ein Ausschnitt, wenn alles gleich ist.“
Bewertung der Zeichnungen	„Daran erinnere ich mich nicht mehr. Es kann sein, dass es mal in der fünften oder sechsten Klasse bewertet wurde, aber ich bin mir nicht sicher. Also wahrscheinlich schon, dass man in einer Hausaufgabenüberprüfung aufzeichnen musste, wie etwas aussieht.“
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

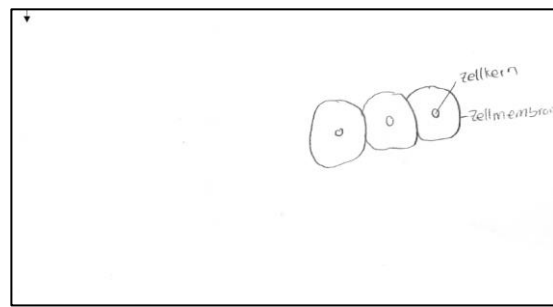
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Zellmembran, Vakuolen, Chloroplasten.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Eine pflanzliche Zelle hat keinen Zellkern. Mir fallen gerade nicht viele ein.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
63.9% (23/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
66.7% (24/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellmembran_{tier.}, Chloroplasten_{pfl.}, Zellkern_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran_{pfl.}, Vakuole_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Die Beschriftungslinien der Begriffe Zellmembran_{pfl.} und Vakuole_{pfl.} grenzen nicht bzw. nur bedingt an die zu bezeichnenden Strukturen.

Anmerkung der Schülerin: „Was ist mit Zellorganellen gemeint? [...] Ich habe es noch ein bisschen in Erinnerung. Ich zeichne es jetzt einfach irgendwie hin. Ich weiß jetzt auch nicht, ob ich die beschriften kann, weil wir hatten das glaube ich nicht so genau besprochen, sondern eher, man hat halt gesehen, dass da kleine grüne Teilchen drin waren, aber das Chlorophyll sieht man glaube ich nicht. Ist das Chlorophyll nicht in den Chloroplasten? Könnte sein. Ich bin mir noch nicht so sicher. Ich glaube eine tierische Zelle habe ich in letzter Zeit nicht angeschaut. Könnte sein, ich bin mir da nicht so sicher. Mehr fällt mir nicht ein.“

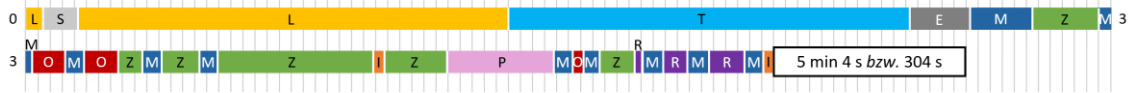
Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ok, ich bin fertig. [...] Es reichen sechs aneinandergrenzende Zellen? [E: Ja, exakt.] Das ist unscharf [korrigiert am Feintrieb]. [E: Denke bitte an das laute Denken.] Also die Zellen sind ja praktisch miteinander verbunden, also die Membranen sind dicht aneinander und dann ist da immer der

Innenteil der Zelle mit den Chloroplasten, also mit diesen grünen Pünktchen drin. Das zeichne ich einfach so. [] Ich schraffiere das [gemeint ist die Zellwand] jetzt noch, damit erkennbar ist, dass es eigentlich kleben soll, mehr oder weniger. In die Mitte male ich die Punkte rein. [] Das wäre es dann.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[...] Gut, das war es.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{S_{MZ}}	[grey] = S	6	7.3	6.6	1	1.3	1.1
Austausch _{V_{MZ}}	[dark grey] = E	10	13.3	11.6	1	1.3	0.8
Liest _{MZ}	[yellow] = L	74	81.8	11.2	2	3.5	2.7
Mikroskopiert _{MZ}	[dark blue] = M	38	50.3	21.9	10	8.3	3.5
Monolog _{MZ}	[red] = O	13	8.8	5.8	3	2.8	1.8
Off-task-Aktivität _{MZ}	[brown] = K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	[pink] = P	18	8.8	8.8	1	0.8	0.8
Redundante_Struktur _{MZ}	[purple] = R	11	23.3	17.6	3	2.5	1.7
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[orange] = I	3	10.8	7.8	2	4.8	3.3
Technische_Einführung _{MZ}	[blue] = T	67	16.8	29.0	1	0.3	0.4
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	[white] = U	0	3.3	4.0	0	1.0	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	[black] = W	0	2.3	3.9	0	0.3	0.4
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[light green] = V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[dark green] = Z	64	57.0	17.6	6	6.5	2.1
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[purple, orange, light green, dark green] = P, R, V, Z	93	89.0	39.2	10	9.8	4.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[all colors] = alle	304	283.3	72.9	30	33.0	11.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[all colors except T] = alle, ohne T	237	266.5	73.9	29	32.8	11.6

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 153 s, M = 119.3, SD = 28.1

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellplasma, Zellwand, Zellmembran, Chloroplasten

Falsch beschriftete Strukturen: Mittellamelle

Kommentar: Die Beschriftungslinie des Begriffs Mittellamelle endet in der Zellwand.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

80.6% (29/36 Gesamtpunkte), M = 57.0, SD = 18.7

7.3 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.7, SD = 1.5

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Die Zellen von dem Moos. [...] Ich habe quasi sechs aneinander liegende Zellen gemalt und in eine nur die Chloroplasten. Das hat man in meiner Zeichnung nicht so deutlich gesehen, aber man musste zwischen Zellmembran, Zellwand und [...] ich habe den Namen vergessen. Zwischen den Zellwänden der verschiedenen Zellen ist so etwas, aber ich habe den Namen vergessen [<i>gemeint ist die Mittellamelle</i>] und die Chloroplasten und die Flüssigkeit [<i>gemeint ist das Zellplasma</i>] in der Zelle. Bei mir auf der Abbildung hat man das nicht so gut gesehen. Bei mir war die Zellwand praktisch alles nur eins, aber da gab es noch drei Unterscheidungen zwischen Wand und allem.“
Bedeutsamkeit von Moosen	„Die halten den Boden feucht, da die das Wasser über mehrere Wochen speichern.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe einfach nur die Zellen aneinander gemalt mit den Zellwänden zwischendrin und dann halt in eine noch die Chloroplasten rein.“
Schwergefallen	„Darzustellen, wie die Zellen aneinander liegen, weil man das im Mikroskop auch nicht zu 100% gesehen hat. Deswegen habe ich das schraffiert, dass es nicht so aussieht wie eine Mauer, sondern dass es zusammengehört. [E: Fiel es dir schwer den Ausschnitt zu finden?] Ich habe gar keinen Ausschnitt gewählt, ich habe einfach ungefähr geschaut, wie die aussehen.“
Hätte besser gelingen können	„Ja, wahrscheinlich die Darstellung von der Zellwand und der Membran, damit man dort einen Unterschied sieht.“ [E: Hast du eine Idee, wie man das hätte darstellen können?] „Ich weiß jetzt nicht. Auf dem Bild sieht man das auch nicht so ganz gut. Vielleicht, wenn ich es vorher gewusst hätte, hätte ich eher darauf geachtet.“
Beim nächsten Mal anders	„Wenn ich die beschriftete Abbildung schon vorher hätte, wüsste ich, was es gibt.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich habe gar nicht so viel laut gedacht. Es ist halt etwas komisch. Es hat auch etwas abgelenkt, weil man immer noch erklären muss, was man macht, obwohl eigentlich der Entschluss schon steht.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

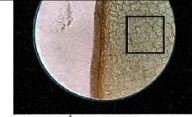
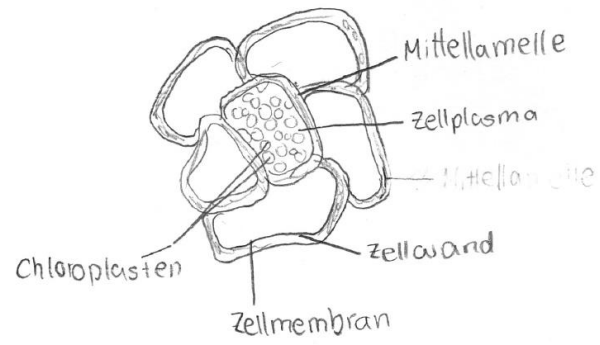


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.



Paul – S10.1B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Unterdurchschnittlicher Zeichner	2	2.5 (vgl. 5.8)

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
12	34	742	51

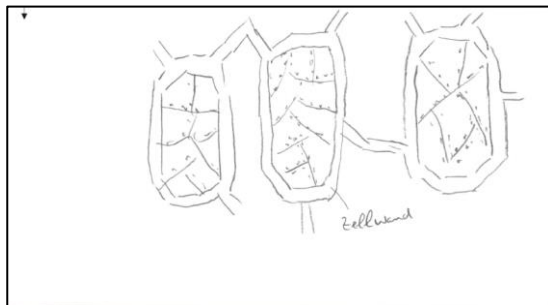
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	Einmal
Bereits gezeichnete Objekte	Muskelzellen
Regeln der Lehrkraft	„[...] Regeln beim Zeichnen, da weiß ich nichts mehr. Ich denke mal, dass es einigermaßen detailgetreu sein soll, aber auch kein Kunstwerk oder so.“
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„Mit Bleistift zeichnen, dass man es auch wieder wegradieren kann und neu zeichnen kann.“
Bewertung der Zeichnung	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

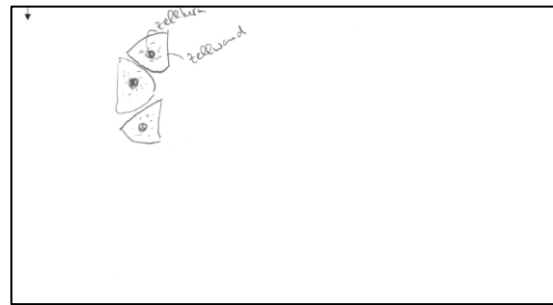
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„So ungefähr. Zellwand, dann kommt auch noch das Zellplasma, irgendwann kommt dann, da muss ich ganz kurz überlegen, ich bin mir gerade nicht ganz sicher, ob das pflanzlich ist, dann kommt irgendwann, das wird wahrscheinlich beim Mensch, tierisch sein, die DNA. Also die ringförmige DNA, aber was dazwischen liegt, weiß ich nicht. Ach nein, das war ein Bakterium, das war falsch.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Das weiß ich nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
47.2% (17/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
47.2% (17/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand_{pfl.}, Zellkern_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: (Zellwand_{tier.})

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Die in den pflanzlichen Zellen eingezeichneten Strukturen lassen sich nur erahnen. Die äußere Begrenzung der tierischen Zelle wurde mit Zellwand beschriftet.

Anmerkung des Schülers: „Ich bin mir nicht sicher, ob das wirklich eine Zelle ist. Ich weiß es nicht mehr. [...] Mehr fällt mir eigentlich nicht mehr ein.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.“ [E: Bitte denke an das laute Denken.] Hier sieht es kästchenförmig aus, aber es hat runde Ecken. Mir ist das Wort wieder eingefallen, was ich vorhin an die Zellen hätte schreiben sollen [gemeint sind die Chloroplasten in der Aufgabenstellung]. [Der Schüler zeichnet Chloroplasten in eine Zelle.] Wie kleine Perlen. Ich denke, das war es. Ist ein bisschen klein geworden.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Zellplasma. Das hier sind die Chloroplasten. Zellmembran, so genau habe ich das nicht gezeichnet. Zellwand. [unverständl.] Habe ich das hingeschrieben? [Der Schüler gleicht die Begriffe ab.] So.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	0	7.3	6.6	0	1.3	1.1
Austausch _{VMZ}	= E	0	13.3	11.6	0	1.3	0.8
Liest _{MZ}	= L	96	81.8	11.2	3	3.5	2.7
Mikroskopiert _{MZ}	= M	40	50.3	21.9	6	8.3	3.5
Monolog _{MZ}	= O	0	8.8	5.8	0	2.8	1.8
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	0	8.8	8.8	0	0.8	0.8
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	7	23.3	17.6	1	2.5	1.7
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	5	10.8	7.8	2	4.8	3.3
Technische_Einführung _{MZ}	= T	0	16.8	29.0	0	0.3	0.4
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	10	3.3	4.0	2	1.0	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	0	2.3	3.9	0	0.3	0.4
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	29	57.0	17.6	5	6.5	2.1
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	36	89.0	39.2	6	9.8	4.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	187	283.3	72.9	19	33.0	11.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	187	266.5	73.9	19	32.8	11.6

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von dem Schüler neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 111 s, M = 119.3, SD = 28.1

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand, Chloroplasten

Falsch beschriftete Strukturen: Mittellamelle, Zellplasma, Zellmembran

Kommentar: Eine Differenzierung zwischen Zellwand, Mittellamelle und Zellmembran ist nicht erkennbar.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

30.6% (11/36 Gesamtpunkte), M = 57.0, SD = 18.7

3.5 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.7, SD = 1.5

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen

„Ich habe eigentlich versucht, das aus dem Mikroskop zu zeichnen. Ich habe nicht darauf geachtet, zum Beispiel bei der Mittellamelle, es detailgetreu zu zeichnen, dass es dick ist und nicht nur so ein Strich. Für mich war die Zellwand nicht so wichtig. Bei den Chloroplasten habe ich relativ viele eingezeichnet. Mir ist auch nicht aufgefallen, dass da zwischendrin noch etwas anderes ist wie Chloroplasten. Das Zellplasma habe ich nicht gesehen. Ich habe einfach nur das gezeichnet, was ich gesehen habe.“

Bedeutsamkeit von Moosen	„Die Moose speichern Niederschlag und halten den Boden somit fruchtbar und wasserhaltig, feucht.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe mehreckige kleine Kästchen mit runden Ecken gezeichnet. Ich habe davon sechs aneinander gezeichnet. Für mich war die Zellwand automatisch der Rand dieser kleinen Zellen, deswegen habe ich diese nicht nochmal extra gezeichnet. Dann habe ich kleine schwarze Kreise in die Mitte einer dieser kleinen eckigen Kästen gemalt. Das war es eigentlich auch schon.“
Schwergefallen	„Nicht wirklich, nein.“
Hätte besser gelingen können	„Ich habe nicht darüber nachgedacht. Ich hätte die Mittel [<i>gemeint ist die Mittellamelle</i>], also die Zellwand zeichnen müssen. Wenn ich mich daran erinnere, war es eigentlich eine Wand, die durchging und die hätte man durchaus zeichnen können zwischen den einzelnen Zellen.“
Beim nächsten Mal anders	„Ich würde genauer zeichnen und mir nochmal länger die Sachen angucken und aufmerksamer sein.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich wusste nicht wirklich, was ich sagen soll. Ich habe einfach das gezeichnet. [...] Es war jetzt nicht schwer oder so.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

Carolin – S10.1C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	1.5 (vgl. 5.8)	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
12	34	722	47

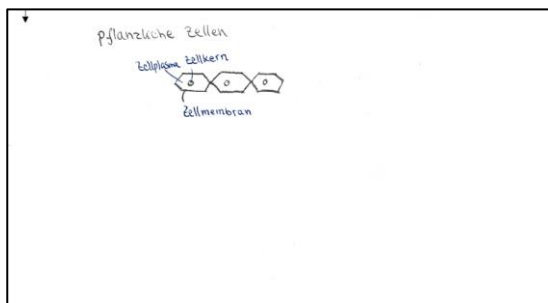
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Dreimal oder zweimal.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Einmal hatten wir glaube ich Zellen und letztes Mal hatten wir Wasserlinsen, aber die hatten wir nicht gezeichnet, weil keine Zeit mehr war.“
Regeln der Lehrkraft	„Ja, ich glaube wir haben über die Maßstäbe gesprochen und dass man es zusammenfassen und nicht jedes Detail, sondern eine Übersicht.“
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„Beschriften, das war es.“
Bewertung der Zeichnungen	„Nein, ich glaube es wurde noch nie benotet.“
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

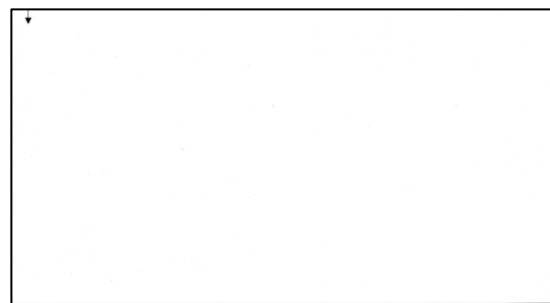
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Zellmembran, Zellplasma und dann meistens ein Zellkern.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Die pflanzliche Zelle hat ein Zellkern, die tierische Zelle, das weiß ich nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
52.8% (19/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
0.0% (0/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern_{pfl.}, Zellplasma_{pfl.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: keine

Kommentar: Die äußere Begrenzung der pflanzlichen Zelle wurde mit Zellmembran beschriftet.

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.“ [E: Bitte denke an das laute Denken.] Ich habe noch eine Frage. Die Chloroplasten [...] in dem Ausschnitt, ist es dann der größere Teil sozusagen [*gemeint sind die einzelnen Zellen*] oder das ganz kleine [*gemeint sind die Chloroplasten*]? [E: In den einzelnen Zellen sind die kleinen Strukturen die Chloroplasten. Aber es reicht, wenn du die Chloroplasten in einer Zelle darstellst. Genauso, wie in der Aufgabenstellung beschrieben.] Ok. [E: Denke bitte daran, dass die Zeichnung in dem von der Kamera erfassten Bereich liegen bleibt.] Also zuerst die Überschrift, [] dann eine einzelne Zelle [] und in der Zelle sind mehrere Chloroplasten [] und dann noch die Beschriftung. [*Die Schülerin beschriftet Chloroplasten und Zellmembran.*] [] Fertig. [E: Im Text stand mehrere Zellen.] Oh. [] Insgesamt sechs Zellen, ja. []“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Oh, die Zellmembran, [] nach neueren Erkenntnissen heißt das Mittellamelle [] und zwischen den Chloroplasten befindet sich das Zellplasma [] und außer der Zellmembran gibt es noch die Zellwand. [*Die Schülerin zeichnet nachträglich die Zellwand ein.*]“

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

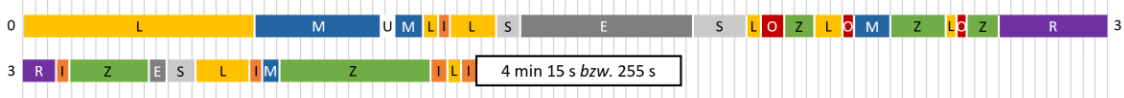
Dauer der Beschriftung und Korrektur: 78 s, $M = 119.3$, $SD = 28.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand, Chloroplasten, Zellplasma

Falsch beschriftete Strukturen: Mittellamelle, Zellmembran

Kommentar: Die Beschriftungslinien der Begriffe Mittellamelle und Zellmembran grenzen nicht an die zu bezeichnende Struktur. Die Differenzierung zwischen Zellwand, Mittellamelle und Zellmembran ist nicht klar erkennbar vorgenommen.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M^*	SD^*	n	M^*	SD^*
<i>Austausch_{S_{MZ}}</i>	[Grey] = S	18	7.3	6.6	3	1.3	1.1
<i>Austausch_{V_{MZ}}</i>	[Dark Grey] = E	32	13.3	11.6	2	1.3	0.8
<i>Liest_{MZ}</i>	[Yellow] = L	68	81.8	11.2	8	3.5	2.7
<i>Mikroskopiert_{MZ}</i>	[Blue] = M	35	50.3	21.9	4	8.3	3.5
<i>Monolog_{MZ}</i>	[Red] = O	7	8.8	5.8	3	2.8	1.8
<i>Off-task-Aktivität_{MZ}</i>	[Brown] = K	0	0	0	0	0	0
<i>Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}</i>	[Pink] = P	0	8.8	8.8	0	0.8	0.8
<i>Redundante_Struktur_{MZ}</i>	[Purple] = R	23	23.3	17.6	1	2.5	1.7
<i>Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}</i>	[Orange] = I	12	10.8	7.8	5	4.8	3.3
<i>Technische_Einführung_{MZ}</i>	[Light Blue] = T	0	16.8	29.0	0	0.3	0.4
<i>Uneindeutig_Sonstiges_{MZ}</i>	[White] = U	2	3.3	4.0	1	1.0	0.7
<i>Verwirft_Struktur_{MZ}</i>	[Black] = W	0	2.3	3.9	0	0.3	0.4
<i>(Vor-)strukturiert_{MZ}</i>	[Light Green] = V	0	0	0	0	0	0
<i>Zeichnet_Struktur_{MZ}</i>	[Green] = Z	58	57.0	17.6	5	6.5	2.1
<i>Zeichnet_gesamt_{MZ}</i>	[Multi] = P, R, V, Z	81	89.0	39.2	6	9.8	4.5
<i>Alle_Tätigkeiten_{MZ}</i>	[Multi] = alle	255	283.3	72.9	32	33.0	11.5
<i>Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}</i>	[Multi] = alle, ohne T	255	266.5	73.9	32	32.8	11.6

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

50.0% (18/36 Gesamtpunkte), $M = 57.0$, $SD = 18.7$

4.2 Punkte_pro_Minute_{AD}, $M = 4.7$, $SD = 1.5$

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Bedeutsamkeit von Moosen	„Die nehmen viel Feuchtigkeit auf. Das reguliert sozusagen auch die Feuchtigkeit im Wald, dass der Boden nicht zu nass ist. Sie sind auch ein Lebensraum für Tiere. Sie können auch in schattigen Gebieten wachsen. Würden sie nur in der Sonne im Licht wachsen, dann wäre der Wald an einigen Stellen auch leer.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe zuerst eine einzelne Zelle gemalt und dann dazu die Chloroplasten und bestimmte Beschriftungen und dann habe ich [nachträglich nach der Rückfrage des Versuchsleiters] erst die anderen Zellen hinzugefügt.“
Schwergefallen	„Ich war mir zuerst unsicher, ob ich auch den Rand des Gesamten zeichnen soll.“
Hätte besser gelingen können	„Ja, direkt die fünf weiteren Zellen zeichnen.“
Beim nächsten Mal anders	„Genauer die Aufgabe lesen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ok, nur am Anfang komisch.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]





Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

Leah – S10.1D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	3	2.5 (vgl. 5.8)

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
9	15	507	15

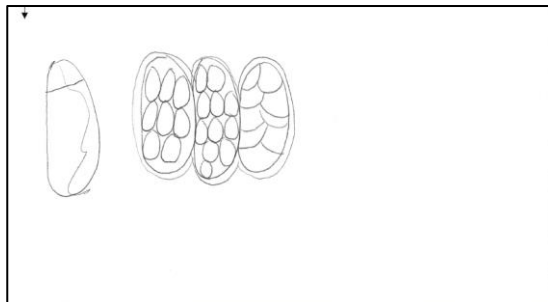
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Nicht mehr als zweimal.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Das erste Thema weiß ich nicht mehr. Das zweite Thema war erst letztes, da haben wir uns eine Zwiebel zum Thema Zelle angeschaut.“
Regeln der Lehrkraft	„Nein gar nichts. Wir mussten selbst einstellen. Wir haben ein Arbeitsblatt bekommen, wie wir vorgehen müssen, um die Zwiebelzelle zu sehen und dann sollten wir eben darauf los zeichnen.“
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	Keine
Bewertung der Zeichnungen	Nein

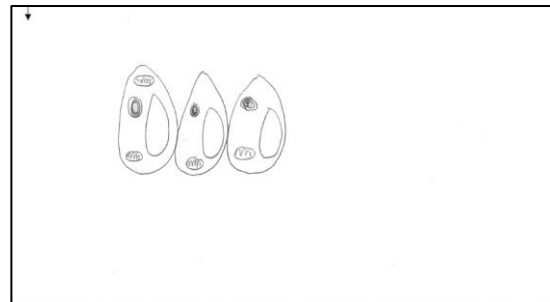
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6,7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Ja, das hatten wir im Unterricht. Außen herum ist die Zellmembran, die zum Schutz da ist. Im Inneren gibt es die Vakuole, dann den Zellkern, die Mitochondrien, dann Chloroplasten, aber nur bei den Pflanzenzellen, zum Teil auch Vesikel.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Die Pflanzenzelle hat noch die Zellwand. Oder war es andersherum? Nein, die Pflanzenzelle und die Tierzelle nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
58.3% (21/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
50.0% (18/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: keine

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellwand_{pfl.}, Zellmembran_{pfl./tier.}, Zellplasma_{pfl./tier.}, Zellkern_{tier.}

Kommentar: Die gezeichneten, jedoch nicht beschrifteten Strukturen lassen sich nur erahnen, da die Beschriftung fehlt.

Anmerkung der Schülerin: „Tierische Zellen haben wir gar nicht gezeichnet, wir konnten uns nur fertige Zellen unter dem Mikroskop anschauen. Die tierische Zelle darstellen wie ein Modell oder wirklich so, wie man es im Mikroskop sieht? [E: So, wie du es nach dem Blick durch ein Mikroskop auch zeichnen würdest.] Ok.“

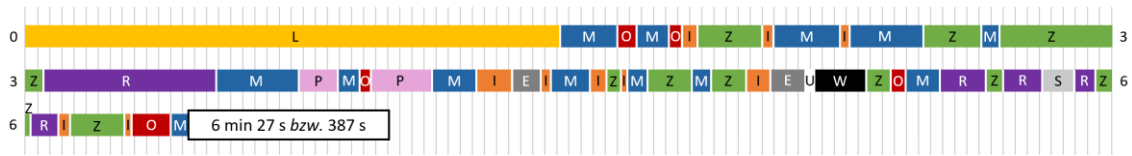
Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Da es sich um eine Pflanzenzelle handelt, zeichne ich zuerst die Zellmembran und darum die Zellwand. In dem Ausschnitt sind die einzelnen Ebenen zu erkennen, die verschieden groß sind, deswegen zeichne ich sie auch verschieden groß. In diesen, ich weiß nicht ganz, wie ich es nennen soll, befinden sich dann eben die einzelnen Chloroplasten [punktet drei Chloroplasten], die grün zu sehen sind. Soll ich bei den anderen fünf auch noch erklären, was ich mache? [E: Ja.] Ok. [Die Schülerin beginnt eine zweite Zeichnung rechts unterhalb.] Ich habe gerade gemerkt, dass ich die erste Zeichnung eigentlich falsch gezeichnet habe. [E: Du darfst auch korrigieren. Dort liegt ein Radiergummi.] Ich streiche es durch, weil es ist ja nicht nach der Zellwand gefragt, bzw. nicht nach der ganzen Zelle gefragt, sondern die einzelnen Bausteine. Jetzt zeichne ich die Chloroplasten ein. [E: Kannst du das Blatt noch etwas hochschieben, dass es in dem von der Kamera erfassten Bereich liegt?] Ok. Es stand ja, dass man nicht in jeder Zelle Chloroplasten darstellen soll. So würde ich es jetzt eigentlich machen.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[Die Schülerin beginnt der Beschriftung.] Kann ich auch noch etwas ergänzen? [E: Ja.] Ok. [Sie fügt jeweils eine zweite Umrandung der Zellen ein, sodass sie die Beschriftung der Zellwand vornehmen kann.] [E: Vielleicht sagst du gerade noch, was du da machst.] Ich beschrifte gerade meine Zellen. In meiner Abbildung finde ich die Chloroplasten wieder.“

Die Zellwand habe ich gerade noch ergänzt. Die Zellmembran findet man hier und das Zellplasma der Zelle befindet sich im Inneren der ganzen Zelle und auch um die Chloroplasten herum. Die Mittellamelle findet man in meiner Zeichnung nicht, egal.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	5	7.3	6.6	1	1.3	1.1
Austausch _{VMZ}	= E	11	13.3	11.6	2	1.3	0.8
Liest _{MZ}	= L	89	81.8	11.2	1	3.5	2.7
Mikroskopiert _{MZ}	= M	88	50.3	21.9	13	8.3	3.5
Monolog _{MZ}	= O	15	8.8	5.8	5	2.8	1.8
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{SMZ}	= P	17	8.8	8.8	2	0.8	0.8
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	52	23.3	17.6	5	2.5	1.7
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	23	10.8	7.8	10	4.8	3.3
Technische_Einführung _{MZ}	= T	0	16.8	29.0	0	0.3	0.4
Uneindeutig_Sonstiges _{SMZ}	= U	1	3.3	4.0	1	1.0	0.7
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	9	2.3	3.9	1	0.3	0.4
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	0	0	0	0	0
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	77	57.0	17.6	10	6.5	2.1
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	146	89.0	39.2	17	9.8	4.5
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	387	283.3	72.9	51	33.0	11.5
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	387	266.5	73.9	51	32.8	11.6

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.1A-D (Kontext 10.1).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 135 s, M = 119.3, SD = 28.1

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellmembran, Zellwand, Chloroplast(en)

Falsch beschriftete Strukturen: Zellplasma

Fehlende Struktur/Beschriftung: Mittellamelle, Zellkern

Kommentar: Die Schülerin beschriftet einen Chloroplasten mit dem Plural des Begriffs. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellplasma endet an einem offen dargestellten Chloroplasten.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

66.7% (24/36 Gesamtpunkte), M = 57.0, SD = 18.7

3.7 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 4.7, SD = 1.5

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Am Mikroskop habe ich nur die Chloroplasten erkennen können, die Zellwand, die Zellmembran und das Zellplasma. Das war es eigentlich. Deswegen habe ich es dann auch so gezeichnet. Natürlich weiß ich auch, dass noch anderen Organellen, die eigentlich vorhanden sind, da sind. Diese habe ich aber nicht gesehen, deshalb habe ich diese auch nicht gezeichnet.“
Bedeutsamkeit von Moosen	„Moose sind feucht. Die wachsen auf dem Boden, auf Steinen, auf allem Möglichen und befeuchten den Boden dadurch. [...]“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Von außen nach innen. Ich habe erstmal die Zellwand bzw. die Zellmembran gezeichnet. Dann habe ich die Chloroplasten der Zelle gezeichnet und das war es eigentlich.“
Schwergefallen	„Ja eigentlich die ganze Zeichnung, weil wir haben es im Unterricht nie so wirklich gelernt, wie es aussieht. An der Tafel hat es meine Lehrerin dann angezeichnet und gesagt "so in etwa soll es aussehen in eurem Heft". Deswegen wusste ich jetzt gar nicht, ob man von innen nach außen anfangen soll oder von außen nach innen. Deswegen war es schon schwer.“
Hätte besser gelingen können	„Wenn man davor besprochen hätte, was genau man unter dem Mikroskop sieht und wenn dann einfach die Lehrerin nochmal sagt, "ihr könnt so vorgehen", also zum Beispiel von außen nach innen zeichnen und wie viel von jedem etwa, also den Organellen.“
Beim nächsten Mal anders	„Ich würde es schon anders machen, wenn ich die Informationen gehabt hätte [<i>gemeint sind Instruktionen einer Lehrkraft, wie man beim Zeichnen vorgeht</i>]. Ohne die Informationen würde ich es genauso machen.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ziemlich gut. Ich bin jetzt nicht die beste Zeichnerin, aber man hat sich die einzelnen Schritte nochmal überlegt. Es war sehr hilfreich, weil man manchmal die einzelnen Schritte nicht detailliert weiß, sondern nur ein paar davon.“
Abschließende Anmerkung	„Was ich zum Beispiel manchmal nicht so gut im Unterricht finde, dass es uns überlassen wird, wie wir das zeichnen müssen [<i>zeigt auf das Mikroskop</i>]. Ich habe selbst gemerkt, dass es nicht nur an mir liegt, sondern auch an anderen Mitschülern, die gar keine Ahnung haben, wie man es zeichnen muss. Erst danach wurde uns an der Tafel gezeigt, wie wir es eigentlich sollen und jeder musste dann die Zeichnung nochmal wegmachen und dann nochmal zeichnen. Ich würde es einfach besser finden, wenn es uns am Anfang nochmal erklärt wird, von innen nach außen oder andersherum. Dann zu dem Schaubild: Wenn wir einen Text lesen sollen, dann schreibe ich es mir ehrlich gesagt nicht heraus, wenn es nicht von mir verlangt wird, sondern markiere einfach.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

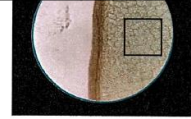
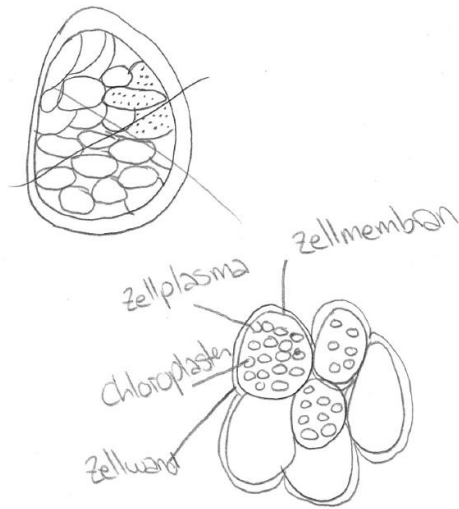


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.



Anhang 7.8: Mikroskopische Zeichnungen, Kontext 10.2

Hannah – S10.2A

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	1	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
18	79	719	47

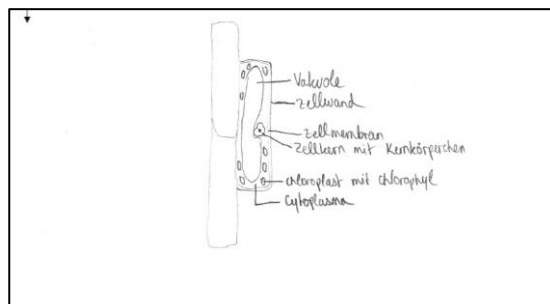
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Vielleicht ein- oder zweimal in der siebten oder achten Klasse.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Zwiebelzellen mussten wir nicht zeichnen, wir hatten die Abbildung parallel dazu bekommen, wir mussten uns die Zwiebelzelle nur unter dem Mikroskop anschauen. Ansonsten haben wir eigentlich immer, wenn wir mikroskopiert haben, die Abbildungen dazu bekommen.“
Regeln der Lehrkraft	„Nein, nicht, dass ich wüsste.“
Bewertung der Zeichnung	Nein

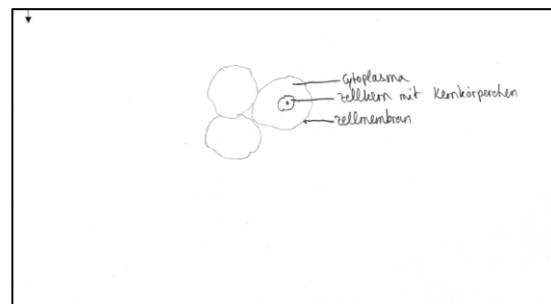
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Bei einer pflanzlichen Zelle ist außen eine Zellwand und dann kommt die Zellmembran und in der Zelle ist Cytoplasma, also Zellplasma und in der Zelle sind die Vakuolen und Chloroplasten und der Zellkern mit dem Kernkörperchen.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Die tierische Zelle besitzt nur die Zellmembran mit dem Cytoplasma in der Zelle und dem Zellkern. Innen drin ist sonst nichts.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
75.0% (27/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
66.7% (24/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Vakuole_{pfl.}, Zellkern mit Kernkörperchen_{pfl./tier.}, Chloroplast mit Chlorophyll_{pfl.}, Cytoplasma_{pfl./tier.}, Zellmembran_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellwand_{pfl.}, Zellmembran_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: keine

Kommentar: Es ist nicht klar erkennbar, an welcher Stelle die Beschriftungslinien der Begriffe Zellwand_{pfl.} und Zellmembran_{pfl.} enden.

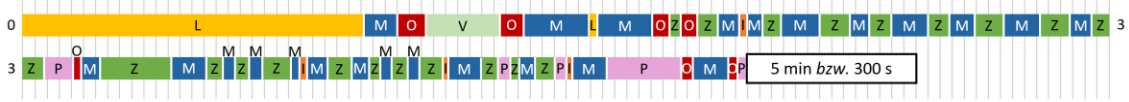
Anmerkung der Schülerin: „[E: Du denkst noch an die Beschriftung?] Oh ok. Soll ich dann auch die Innereien dazu malen? Und die dann auch beschriften? [E: Ja, was du dazu weißt.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Also ich fange an, den Ausschnitt vergrößert darzustellen, indem ich auch so ein Rechteck zeichne. [] Dann schaue ich nochmal in das Mikroskop, welche Stelle es genau ist [] und fange dann mit den kleinen Linien an. Ich weiß jetzt nicht genau, was das alles ist. [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her]. [] Ich arbeite mich dann immer weiter, dass es möglichst ähnlich aussieht. [Die Schülerin schaut mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her.] [] Ich zeichne das jetzt einfach mal als Kreis [gemeint sind die Zellwände des Schließzellenpaares], der irgendwie so halbiert ist. [] Also das stelle ich jetzt einfach mal so schraffiert dar, was unter dem Mikroskop pink aussieht [gemeint sind die angefärbten Zellkerne]. [] Dann gehe ich weiter auf die andere Seite [] und auch dann von unten her [] hier mal rüber [] und auf die andere Seite. [] Dann sind da noch diese kleinen pinkfarbenen [Zellkerne] [] und da unten. [] Jetzt schaue ich nochmal, ob alles auch in etwa so aussieht [] und schaue nochmal. [] Und ja. [] Doch, so kann man es lassen.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[...] Kann ich die Zeichnung auch noch etwas erweitern? [E: Ja.] [Die Schülerin fügt in der rechten Bildhälfte zwei weitere Linien ein, um die bislang einlinige Zellbegrenzung in Mittellamelle und Zellwände auszudifferenzieren.] [...] [E: Was hast du jetzt nachträglich noch eingezeichnet?] Nachträglich habe ich nur nochmal die einzelnen, also die Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle eingezeichnet, weil man das nicht ganz genau erkennen konnte. Deswegen habe ich da nochmal diese drei Schichten so eingezeichnet.“

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	[Grey] = S	0	3.5	6.1	0	0.8	1.3
Austausch _{VMZ}	[Dark Grey] = E	0	11.3	7.0	0	1.8	1.1
Liest _{MZ}	[Yellow] = L	58	71.5	12.5	2	5.3	2.9
Mikroskopiert _{MZ}	[Blue] = M	105	102.8	6.3	24	18.8	5.0
Monolog _{MZ}	[Red] = O	19	8.8	6.8	7	3.5	2.5
Off-task-Aktivität _{MZ}	[Brown] = K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	[Pink] = P	23	13.8	14.1	5	2.5	2.5
Redundante_Struktur _{MZ}	[Purple] = R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	[Orange] = I	4	21.3	14.1	4	8.5	5.1
Technische_Einführung _{MZ}	[Light Blue] = T	0	0	0	0	0	0
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	[White] = U	0	1.8	2.5	0	0.5	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	[Black] = W	0	5.5	3.5	0	0.8	0.4
(Vor-)strukturiert _{MZ}	[Light Green] = V	12	3.0	5.2	1	0.3	0.4
Zeichnet_Struktur _{MZ}	[Green] = Z	79	76.0	7.4	20	13.0	4.9
Zeichnet_gesamt _{MZ}	[Multi] = P, R, V, Z	114	92.8	15.1	26	15.8	6.2
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	[Multi] = alle	300	319.0	11.6	63	55.5	10.7
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	[Multi] = alle, ohne T	300	319.0	11.6	63	55.5	10.7

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Beschriftung und Korrektur der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 veränderte die Schülerin die Zeichnung neben der Beschriftung nur geringfügig, wie im Protokoll des lauten Denkens zur Beschriftung dokumentiert ist.

Dauer der Beschriftung und Korrektur: 235 s, M = 221.3, SD = 57.3

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellkern, Epidermiszelle, Zellmembran, Mittellamelle, Schließzelle, Spalt/Öffnung

Falsch beschriftete Strukturen: Zellwand bzw. Zellmembran

Kommentar: Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellwand zeigt auf die Zellmembran.

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

91.7% (33/36 Gesamtpunkte), M = 75.7, SD = 13.5

6.6 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 5.2, SD = 1.1

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

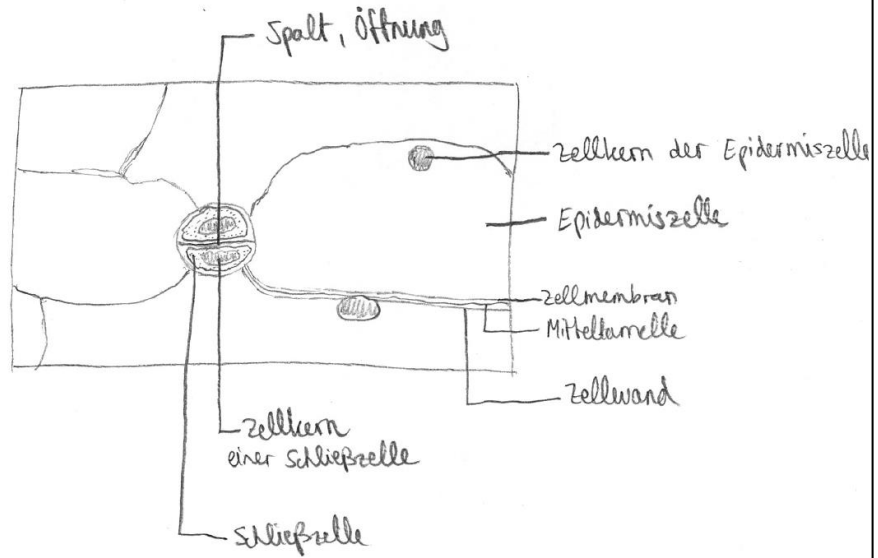
Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Ich habe die Oberfläche einer Tulpe gezeichnet. Die besteht aus mehreren Epidermiszellen, in denen jeweils ein Epidermiskern ist. Zwischen diesen Zellen liegen die Schließzellen. Die sind aufgeteilt, es sind immer zwei die aneinanderhängen. In der Mitte ist ein Spalt. Die haben auch wieder einen Kern. Dann habe ich noch die einzelnen Schichten der Epidermiszellen beschriftet, also die Zellmembran und sowas.“
Gasaustausch	„Durch diese Schließzellen, da ist ja der Spalt zwischendrin und dass da das dann so rein- und rausgeht. Dort hätte ich jetzt gesagt.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Erst von außen nach innen. Ich habe erst das Rechteck gezeichnet, um da halt den Überblick zu haben und auszumachen, was ich da genau gezeichnet habe. Dann bin ich von außen nach innen, würde ich sagen. Die Schließzellen habe ich dann als letztes gezeichnet, dass es auch in etwa von den Größenverhältnissen her gesehen passt und relativ realistisch aussieht.“
Schwergefallen	„Es ist halt nicht ganz so einfach, es genauso abzuschätzen, dass es ähnlich aussieht. Und dann klar ist sehr vergrößert, aber unter dem Mikroskop kann man auch nicht alles so genau erkennen, deswegen finde ich immer etwas schwierig, dass man alles sieht und an alles denkt und dann auch alles wirklich zeichnet.“
Hätte besser gelingen können	„Vielleicht etwas schöner und genauer noch. [...] Also, dass man bei der Schließzelle die einzelnen Bestandteile etwas genauer erkennen kann.“
Beim nächsten Mal anders	„Ich würde schauen, dass ich es genauer mache und vielleicht etwas öfters durch das Mikroskop schauen, dass alles etwas besser aussieht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Ich fand es sogar etwas einfacher, weil man etwas abgezeichnet hatte, was man genau vor sich hatte und bei dem anderen musste man aus dem Text die Informationen entnehmen und dann halt im Schaubild darstellen und so musste ich es quasi nur kopieren, deswegen fand ich das jetzt einfacher.“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]

Abb. 2: Zu zeichnender
Ausschnitt des
mikroskopischen Bildes.



Melinda – S10.2B

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Überdurchschnittliche Zeichnerin	3	2

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
13	41	827	66

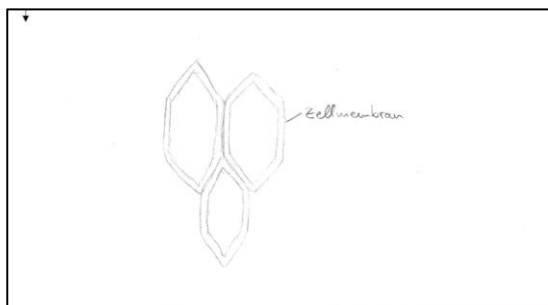
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Ich glaube wir haben es mal in der achten Klasse oder so mit dem Mikroskop gemacht.“
Bereits gezeichnete Objekte	Zwiebelzellen
Regeln der Lehrkraft:	Lehrkraft hat keine benannt
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	Keine
Bewertung der Zeichnung	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

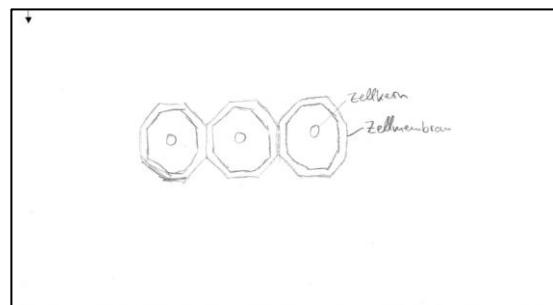
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Die haben, glaube ich, keinen Zellkern. Eine Zellmembran heißt das, glaube ich, und es ist, glaube ich, eine Vakuole da drinnen. Das weiß ich nicht so genau.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Das haben wir schon mal gemacht. Tierzellen haben einen Zellkern glaube ich und sind anders aufgebaut. Aber wie genau weiß ich nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
72.2% (26/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
50.0% (18/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: (Zellmembran_{tier.}), Zellkern_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellmembran_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellwand_{pfl.}, Zellplasma_{pfl./tier.}

Kommentar: Durch die eckigen Strukturen der tierischen Zellen entsteht der Eindruck, dass sie eine Zellwand besitzen.

Anmerkung der Schülerin: „Also ich habe keine Ahnung, ob das richtig ist. Wahrscheinlich eher weniger. Ich weiß echt nicht mehr, wie das alles sein soll. [...] Ich habe nicht wirklich viel.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[Die Schülerin liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Als erstes sind da so eine Art Halbkreise mit einer kleinen Lücke zwischendrin, würde ich sagen, und dann ist innendrin nochmal etwas Pinkfarbenes [gemeint ist der Zellkern der jeweiligen Schließzelle]. Jetzt nicht farbig machen, oder? [E: Nein, das wurde nur angefarbt.] In der unteren Form sind so kleine Punkte ein bisschen weiter auseinander und in den kleinen [gemeint sind die Zellkerne] sind größere und kleinere Punkte irgendwie. Die haben noch eine Umrandung [um die Schließzellen herum] und das gleiche nebendran nochmal [zeichnet das rechts danebenliegende Schließzellenpaar]. Die sind dann verbunden mit so, keine Ahnung, was das ist. In der Mitte ist, schätze ich mal, der Zellkern oder sowas, auch wieder mit den Punkten. Soll ich noch mehr angrenzende Zelle zeichnen? [E: Wenn du denkst, dass es in dem Ausschnitt liegt.] Achso, oh. Einen Moment. [Die Schülerin entfernt das linke außerhalb des zu zeichnenden Bildausschnitts liegende Schließzellenpaar und einen Teil der Epidermiszelle mit Radiergummi.] So würde ich sagen, ist der Ausschnitt ungefähr.“

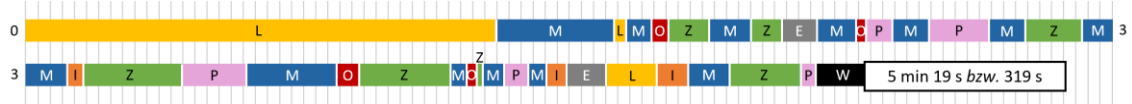
Beschriftung [Aufgabe 2]: „ Ich markiere die Schließzellen in einer anderen Farbe.“

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 163 s, $M = 221.3$, $SD = 57.3$

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	0	3.5	6.1	0	0.8	1.3
Austausch _{VMZ}	= E	12	11.3	7.0	2	1.8	1.1
Liest _{MZ}	= L	88	71.5	12.5	3	5.3	2.9
Mikroskopiert _{MZ}	= M	92	102.8	6.3	12	18.8	5.0
Monolog _{MZ}	= O	9	8.8	6.8	4	3.5	2.5
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{SMZ}	= P	32	13.8	14.1	5	2.5	2.5
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	11	21.3	14.1	3	8.5	5.1
Technische_Einführung _{MZ}	= T	0	0	0	0	0	0
Uneindeutig_Sonstiges _{SMZ}	= U	0	1.8	2.5	0	0.5	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	9	5.5	3.5	1	0.8	0.4
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	3.0	5.2	0	0.3	0.4
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	66	76.0	7.4	7	13.0	4.9
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	98	92.8	15.1	12	15.8	6.2
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	319	319.0	11.6	37	55.5	10.7
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	319	319.0	11.6	37	55.5	10.7

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

83.3% (30/36 Gesamtpunkte), $M = 75.7$, $SD = 13.5$

5.6 Punkte_{pro_MinuteAD}, $M = 5.2$, $SD = 1.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Epidermiszelle, Zellkern, Spalt/Öffnung, Schließzellen

Falsch beschriftete Strukturen: Zellwand, Mittellamelle (, Zellmembran)

Kommentar: Dieselbe Struktur wird mit Mittellamelle und Zellwand beschriftet. Eine Differenzierung zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran ist nicht erfolgt.

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme voll und ganz zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme gar nicht zu

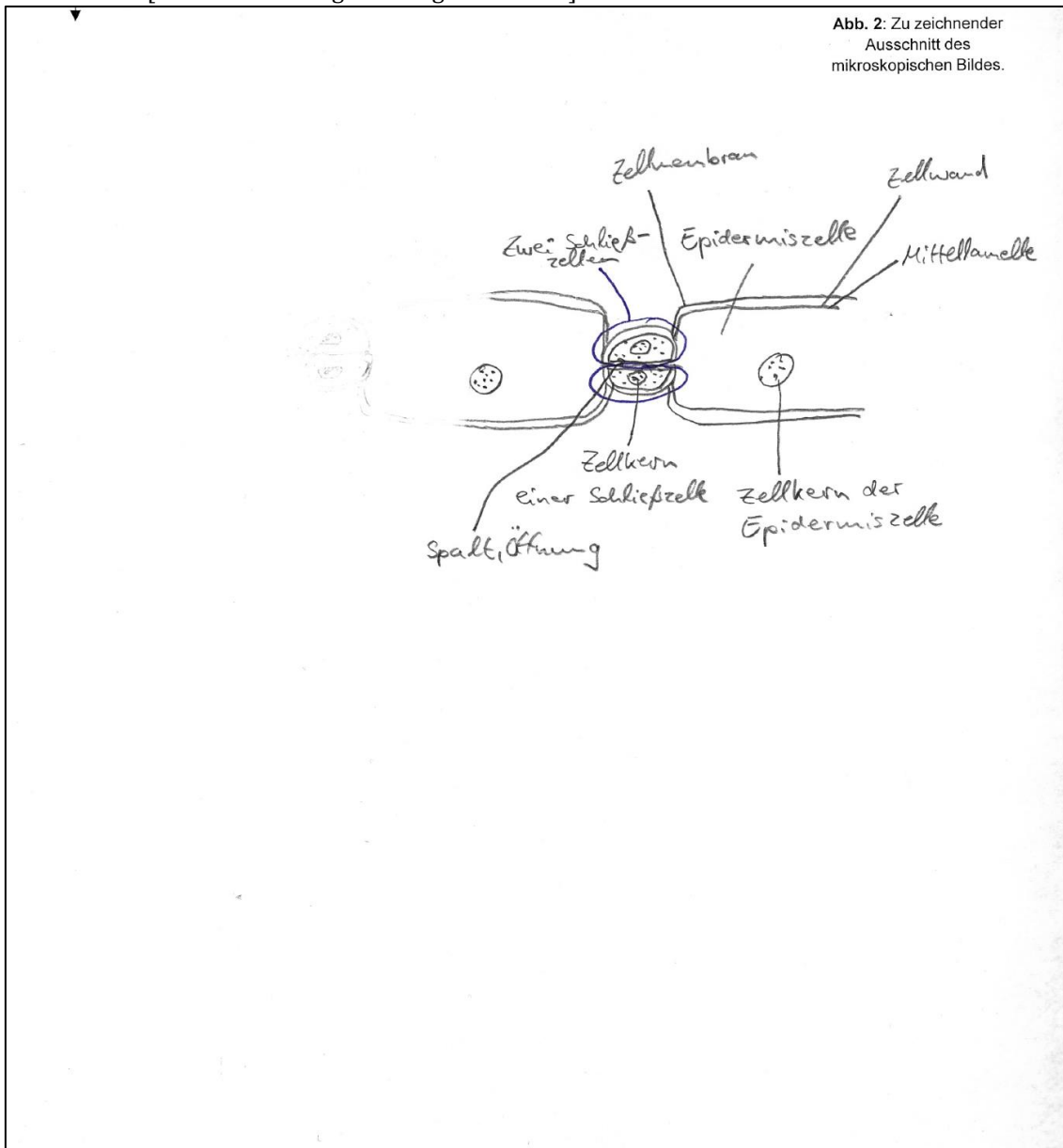
Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen

„Außen war die Zellwand, also die Zellmembran und dieses Viereck, sage ich mal, war die Zelle von der Epidermis und darin war der Zellkern der Epidermiszelle und dann hat es ange-schlossen an zwei Schließzellen. In der Mitte von denen war dieser Spalt, die Öffnung. In den Schließzellen war auch wieder der Zellkern von den Schließzellen.“

Gasaustausch	„Der Spalt öffnet sich und schließt sich. Ich weiß es nicht.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„Ich habe erstmal vergessen, den Ausschnitt genau anzuschauen. Ich habe zuerst das Einfachste, das Größte, nämlich die beiden Schließzellen, gezeichnet. Ich habe ja zuerst zwei einzelne gezeichnet und dann deren Aufbau und dann die Zelle der Epidermis dann dazwischen. Und weil ich gemerkt habe, dass es im Ausschnitt anders ist, habe ich nochmal die andere Hälfte, also die andere Epidermiszelle gezeichnet und die andere Schließzelle wegradiert.“
Schwergefallen	„Ich wusste nicht genau, was das im Zellkern war, die Punkte. Also habe ich einfach mal so Punkte gemacht, wusste aber nicht, ob das so richtig war und ob das so genau da hinsollte. Sonst eigentlich ging es.“
Hätte besser gelingen können	„Ich habe es jetzt nicht so ordentlich gezeichnet und vielleicht das mit der Zellwand genau auseinanderhalten. Ich weiß jetzt selber nicht, wie das genau ist, aber da waren ja drei verschiedene Linien. Auf der Abbildung danach war es in drei Linien differenziert und dass man das dann auch genau macht.“
Empfinden des lauten Denkens	„Eigentlich genauso wie vorher.“ [Die Schülerin bezieht sich auf ihre vorherige Einschätzung des lauten Denkens nach der Anfertigung des Ablaufdiagramms:] „Schwierig. Es ist halt komisch. Ich habe mir auch noch so gedacht, ich verstehe das nicht ganz, es ist vielleicht auch etwas unangenehm. [...] Abgelenkt hat es aber nicht unbedingt, aber ich fand es nicht wirklich hilfreich.“
Abschließende Anmerkung	Keine, da die Antwort der Schülerin sich nur auf das Ablaufdiagramm bezogen hat.

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Victoria – S10.2C

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Weiblich	Durchschnittliche Zeichnerin	1.5 (vgl. 5.8)	1

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
5	3	594	26

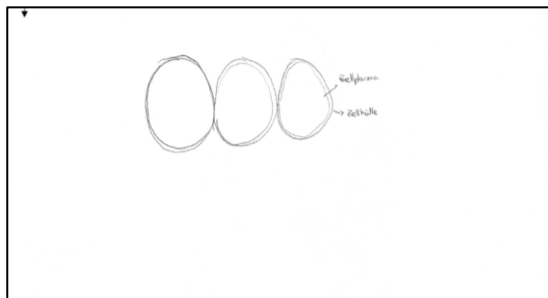
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Also dieses Jahr einmal, aber generell nicht so viel.“
Bereits gezeichnete Objekte	„Zellen eines Blatts.“
Regeln der Lehrkraft	„Wie man mit dem Mikroskop umgeht und dass man die Zeichnung beschriftet.“
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„Es muss natürlich ordentlich sein. Sonst nichts, ich mache es eigentlich automatisch.“
Bewertung der Zeichnung	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

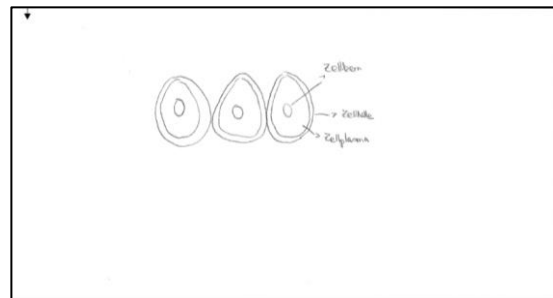
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Es gibt die Zellhülle, dann die Chloroplasten. Es gibt keinen Zellkern.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Die tierische Zelle hat einen Kern und die pflanzliche Zelle nicht.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
55.6% (20/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
50.0% (18/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Zellplasma_{pfl./tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellkern_{tier.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellmembran_{pfl./tier.} (, Zellwand_{pfl.})

Kommentar: Die äußere Begrenzung sowohl einer pflanzlichen als auch einer tierischen Zelle ist mit Zellhülle beschriftet. Die Beschriftungslinien der Begriffe Zellkern_{tier.} und Zellhülle_{tier.} grenzen nicht an die zu bezeichnenden Strukturen.

Anmerkung der Schülerin: „Ich glaube, mehr weiß ich nicht. Das ist zu lange her.“

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Die Schülerin liest den Text nicht, sondern wendet sich direkt dem Mikroskop zu. Im Anschluss liest sie die Aufgabenstellung.] [E: Kannst du die Zeichnung gerade noch ein Stück hochschieben bitte.] Soll ich jetzt weitermachen oder nur dieses [gemeint ist das Schließzellenpaar]? [E: So, wie es in der Aufgabenstellung drinsteht.] [E: Du denkst noch an das laute Denken?] Aber, wenn man nur das Zeichnen muss [zeigt auf die Abbildung], dann ist es glaube ich schon fertig. [E: Ok.] [E: Also, wenn du zufrieden bist, machen wir weiter.] [Die Schülerin betrachtet noch einmal den zu zeichnenden Ausschnitt und blickt durch das Mikroskop.] Ok. [Bis zu diesem Zeitpunkt wurde der Text zum thematischen Hintergrund nicht vollständig gelesen, sondern lediglich kurz betrachtet.]“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „[Die Schülerin dreht die Zeichnung um 90 Grad und nimmt dann die Beschriftung vor.] Ich glaube, ich bin fertig.“

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von der Schülerin neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

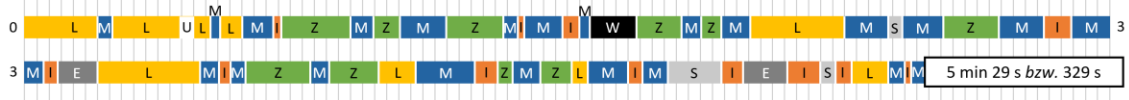
Dauer der Beschriftung: 309 s, $M = 221.3$, $SD = 57.3$

Korrekt beschriftete Strukturen: Spalt/Öffnung, Zellkern, Epidermiszelle, Schließzellen

Falsch beschriftete Strukturen: Zellwand, Mittellamelle (, Zellmembran)

Kommentar: Eine Differenzierung zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran ist nur angedeutet. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellkern der Epidermiszelle grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
Austausch _{SMZ}	= S	14	3.5	6.1	3	0.8	1.3
Austausch _{VMZ}	= E	14	11.3	7.0	2	1.8	1.1
Liest _{MZ}	= L	79	71.5	12.5	9	5.3	2.9
Mikroskopiert _{MZ}	= M	108	102.8	6.3	23	18.8	5.0
Monolog _{MZ}	= O	0	8.8	6.8	0	3.5	2.5
Off-task-Aktivität _{MZ}	= K	0	0	0	0	0	0
Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	= P	0	13.8	14.1	0	2.5	2.5
Redundante_Struktur _{MZ}	= R	0	0	0	0	0	0
Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	= I	32	21.3	14.1	12	8.5	5.1
Technische_Einführung _{MZ}	= T	0	0	0	0	0	0
Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	= U	1	1.8	2.5	1	0.5	0.5
Verwirft_Struktur _{MZ}	= W	8	5.5	3.5	1	0.8	0.4
(Vor-)strukturiert _{MZ}	= V	0	3.0	5.2	0	0.3	0.4
Zeichnet_Struktur _{MZ}	= Z	73	76.0	7.4	10	13.0	4.9
Zeichnet_gesamt _{MZ}	= P, R, V, Z	73	92.8	15.1	10	15.8	6.2
Alle_Tätigkeiten _{MZ}	= alle	329	319.0	11.6	61	55.5	10.7
Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}	= alle, ohne T	329	319.0	11.6	61	55.5	10.7

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

72.2% (26/36 Gesamtpunkte), M = 75.7, SD = 13.5

4.7 Punkte_{pro_MinuteAD}, M = 5.2, SD = 1.1

Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme voll und ganz zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

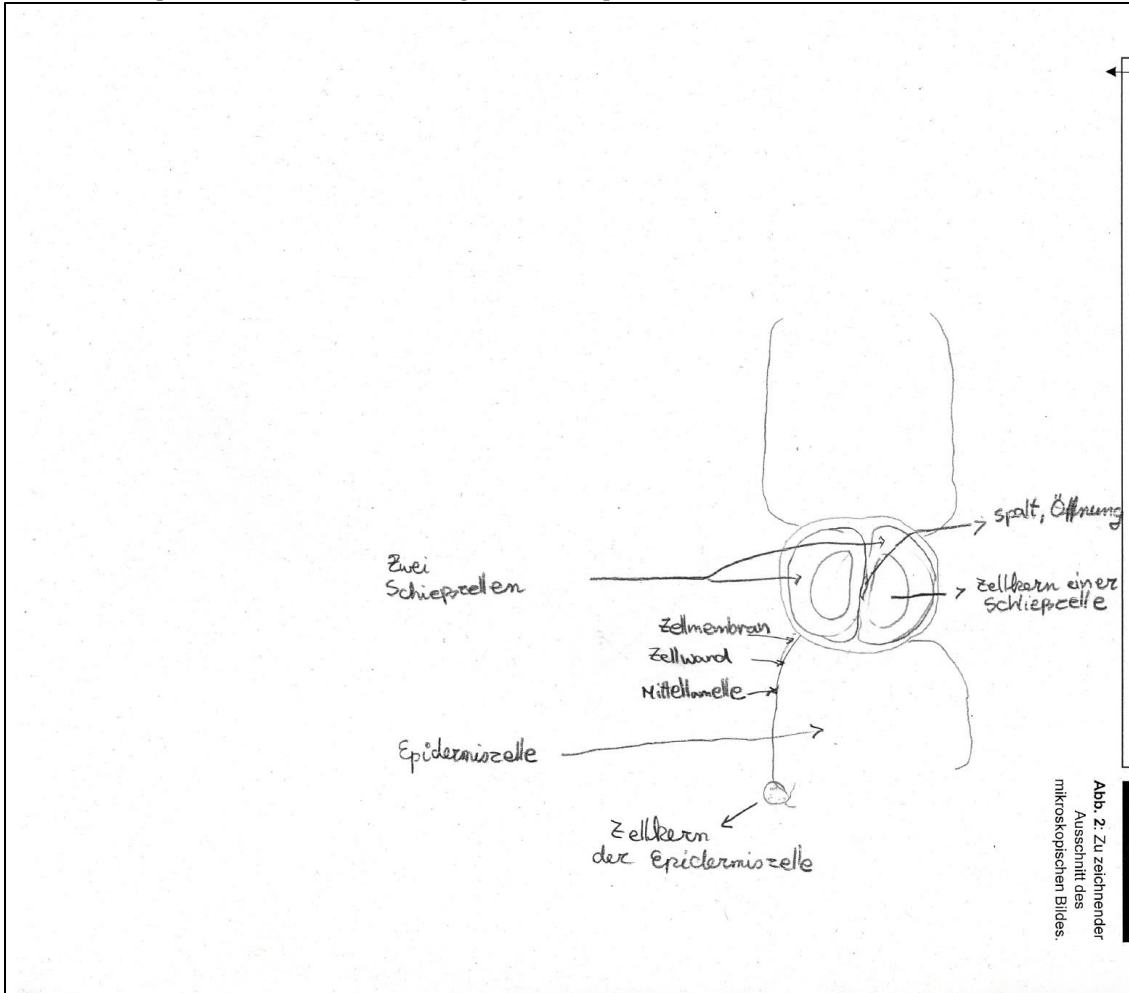
Beschreibung gezeichneter Strukturen „Also zuerst gibt es in der Mitte so einen Zellkern, aber es gibt zwei. Dann gibt es zwei Zellhüllen, dann gibt es eine Zellmembran, die umrandet alles. Und in der Mitte gibt es eine Spalte oder Öffnung, auch als Stomata oder so bezeichnet. Es gibt wie ein Faden zu einem kleinen runden Kreis, Epidermiszelle oder sowas. Nein, das liegt ganz innen die Epidermiszelle und dann gibt es Epidermisirgendwas.“

Gasaustausch „[...] CO₂ kommt in die Zellen und dann findet dort der Gasaustausch statt. [...]“

Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung „Einfach nur so gezeichnet, was ich da [zeigt auf das Mikroskop] gesehen habe. [...] Ich habe zuerst die Zellkerne gezeichnet und dann, was sie umrundet.“

Schwergefallen	„Ja, also ich wusste nicht, bis wohin ich zeichnen musste, aber weil ich die Abbildung nicht so gut sehen konnte, die den Ausschnitt zeigt. Aber sonst war es gut.“
Hätte besser gelingen können	„Vielleicht nicht erklären zu müssen, was ich da gemacht habe und mehr Zeit für mich, das selbst zu beschreiben.“
Beim nächsten Mal anders	„Ja, vielleicht mehr aufpassen. *lacht*“
Empfinden des lauten Denkens	„Eher störend. [Während des mikroskopischen Zeichnens wurde nicht laut gedacht. Die Antwort bezieht sich auf das laute Denken parallel zum Zeichnen des Schulweges.]“

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Pablo – S10.2D

Basisinformationen

Geschlecht	Einschätzung der Lehrkraft	Note Biologie	Note Kunst
Männlich	Unterdurchschnittlicher Zeichner	2	3

Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest für die Klassen 6-12

Summe Begriffe	PR-Wert Leseverständnis	Summe gelesener Wörter	PR-Wert Lesegeschwindigkeit
10	20	614	29

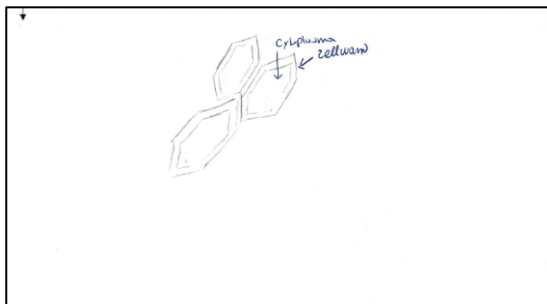
Vorerfahrungen mit mikroskopischem Zeichnen [Vor_MZ_1-5, 8, 9]

Bisher gezeichnet	„Vielleicht vier- oder fünfmal.“
Bereits gezeichnete Objekte	Zwiebelzellen, andere pflanzliche Zellen
Regeln der Lehrkraft	Lehrkraft hat keine benannt
Selbst befolgte Regeln/Kriterien	„Es kommt immer darauf an, was es jetzt ist. Einfach am Mikroskop fokussieren und dann zeichnen, einfach loslegen.“
Bewertung der Zeichnungen	Nein
Ähnliches Präparat gesehen/gezeichnet	Nein

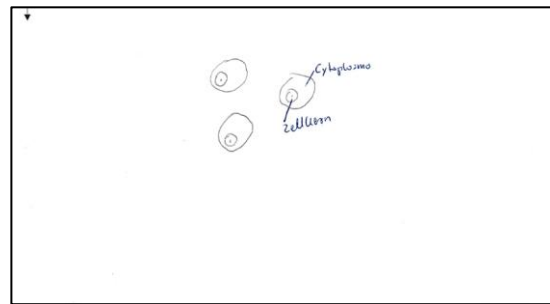
Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen, Unterschied zu tierischen Zellen [Vor_MZ_6, 7]

Aufbau der pflanzlichen Zelle	„Eine Zellwand, kein Zellkern, soweit ich weiß, Cytoplasma und Organellen.“
Unterschied zwischen pflanzlicher und tierischer Zelle	„Tierische Zellen haben keine Zellwand. Tierische Zellen haben einen Zellkern.“

Zeichnen-Test



Zeichnung pflanzlicher Zellen



Zeichnung tierischer Zellen

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
61.1% (22/36 Gesamtpunkte), $M = 60.8$, $SD = 8.8$

Kriteriale Beurteilung der Zeichnung:
47.2% (17/36 Gesamtpunkte), $M = 54.0$, $SD = 8.1$

Korrekt beschriftete Strukturen: Cytoplasma_{pfl./tier.}, Zellkern_{tier.}

Falsch beschriftete Strukturen: Zellwand_{pfl.}

Gezeichnete Strukturen ohne Beschriftung: Zellmembran_{pfl./tier.}

Kommentar: Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellwand_{pfl.} grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Protokoll des lauten Denkens [Aufgabe 1 und 2]

Zeichnung [Aufgabe 1]: „[...] [Der Schüler liest den Text bzw. die Aufgabenstellung vorab.] Ok. Das ist eine gute Frage, ob die Zelle jetzt das kleine mit zwei Punkten ist oder dieses kleine ovale. Ich soll wieder laut mitdenken? [E: Ja.] Ok. Ich weiß nicht genau, was das hier darstellen soll, welcher Teil der Zelle das ist oder ob es überhaupt eine Zelle ist. [Er zeichnet ein Schließzellenpaar.] Bunt soll ich nicht zeichnen, oder? [E: Nein, liegen ja auch keine bunten Stifte da.] Dumme Frage. [Der Schüler zeichnet die linke angrenzende Epidermiszelle ein.] [unverständlich.] [Er zeichnet den Zellkern der Epidermiszelle.] Wenn ich ehrlich sein muss, ich erkenne die Spaltöffnung nicht, bzw. doch hier. [Er schaut zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her und zeichnet die linke angrenzende Epidermiszelle ein.] Die restlichen Zellen auch oder nur den Ausschnitt? [E: Das, was du im Bildausschnitt siehst.] Ok, gut. [Er zeichnet die obere und untere Epidermiszelle und blickt dabei mehrmals zwischen Mikroskop und Zeichnung hin und her.] Ok.“

Beschriftung [Aufgabe 2]: „Ich sehe gerade, die haben also doch Zellkerne. [...] Ok.“

Beschriftung der Zeichnung [Aufgabe 2]

Im Zuge der Bearbeitung von Aufgabe 2 wurden von dem Schüler neben der Beschriftung keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen.

Dauer der Beschriftung: 178 s, $M = 221.3$, $SD = 57.3$

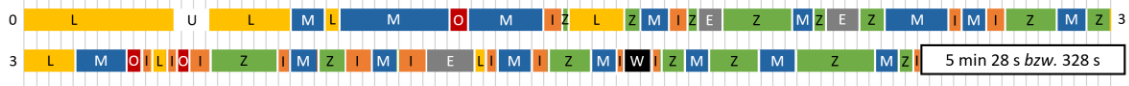
Korrekt beschriftete Strukturen: Zellwand, Epidermiszelle, Schließzelle

Falsch beschriftete Strukturen: Zellkern, Spaltöffnung, Mittellamelle

Fehlende Struktur/Beschriftung: Zellmembran

Kommentar: Eine Differenzierung zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran ist nicht erfolgt. Die gleichen Strukturen werden sowohl mit Mittellamelle als auch mit Zellwand bezeichnet. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellkern der Epidermiszelle grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung [Aufgabe 1]



Tätigkeit bzw. Variable	Farbcode, Kürzel	Zeitliche Dauer (T)			Absoluten Häufigkeit (AH)		
		s	M*	SD*	n	M*	SD*
<i>Austausch_{S_{MZ}}</i>	= S	0	3.5	6.1	0	0.8	1.3
<i>Austausch_{V_{MZ}}</i>	= E	19	11.3	7.0	3	1.8	1.1
<i>Liest_{MZ}</i>	= L	61	71.5	12.5	7	5.3	2.9
<i>Mikroskopiert_{MZ}</i>	= M	106	102.8	6.3	16	18.8	5.0
<i>Monolog_{MZ}</i>	= O	7	8.8	6.8	3	3.5	2.5
<i>Off-task-Aktivität_{MZ}</i>	= K	0	0	0	0	0	0
<i>Punktet_schraffiert_malt_aus_{S_{MZ}}</i>	= P	0	13.8	14.1	0	2.5	2.5
<i>Redundante_Struktur_{MZ}</i>	= R	0	0	0	0	0	0
<i>Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}</i>	= I	38	21.3	14.1	15	8.5	5.1
<i>Technische_Einführung_{MZ}</i>	= T	0	0	0	0	0	0
<i>Uneindeutig_Sonstiges_{MZ}</i>	= U	6	1.8	2.5	1	0.5	0.5
<i>Verwirft_Struktur_{MZ}</i>	= W	5	5.5	3.5	1	0.8	0.4
<i>(Vor-)strukturiert_{MZ}</i>	= V	0	3.0	5.2	0	0.3	0.4
<i>Zeichnet_Struktur_{MZ}</i>	= Z	86	76.0	7.4	15	13.0	4.9
<i>Zeichnet_gesamt_{MZ}</i>	= P, R, V, Z	86	92.8	15.1	15	15.8	6.2
<i>Alle_Tätigkeiten_{MZ}</i>	= alle	328	319.0	11.6	61	55.5	10.7
<i>Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}</i>	= alle, ohne T	328	319.0	11.6	61	55.5	10.7

* Die Angaben der Mittelwerte und der Standardabweichungen beziehen sich auf S10.2A-D (Kontext 10.2).

Kriteriale Beurteilung der mikroskopischen Zeichnung, Leistung

55.6% (20/36 Gesamtpunkte), $M = 75.7$, $SD = 13.5$

3.7 Punkte_{pro_MinuteAD}, $M = 5.2$, $SD = 1.1$

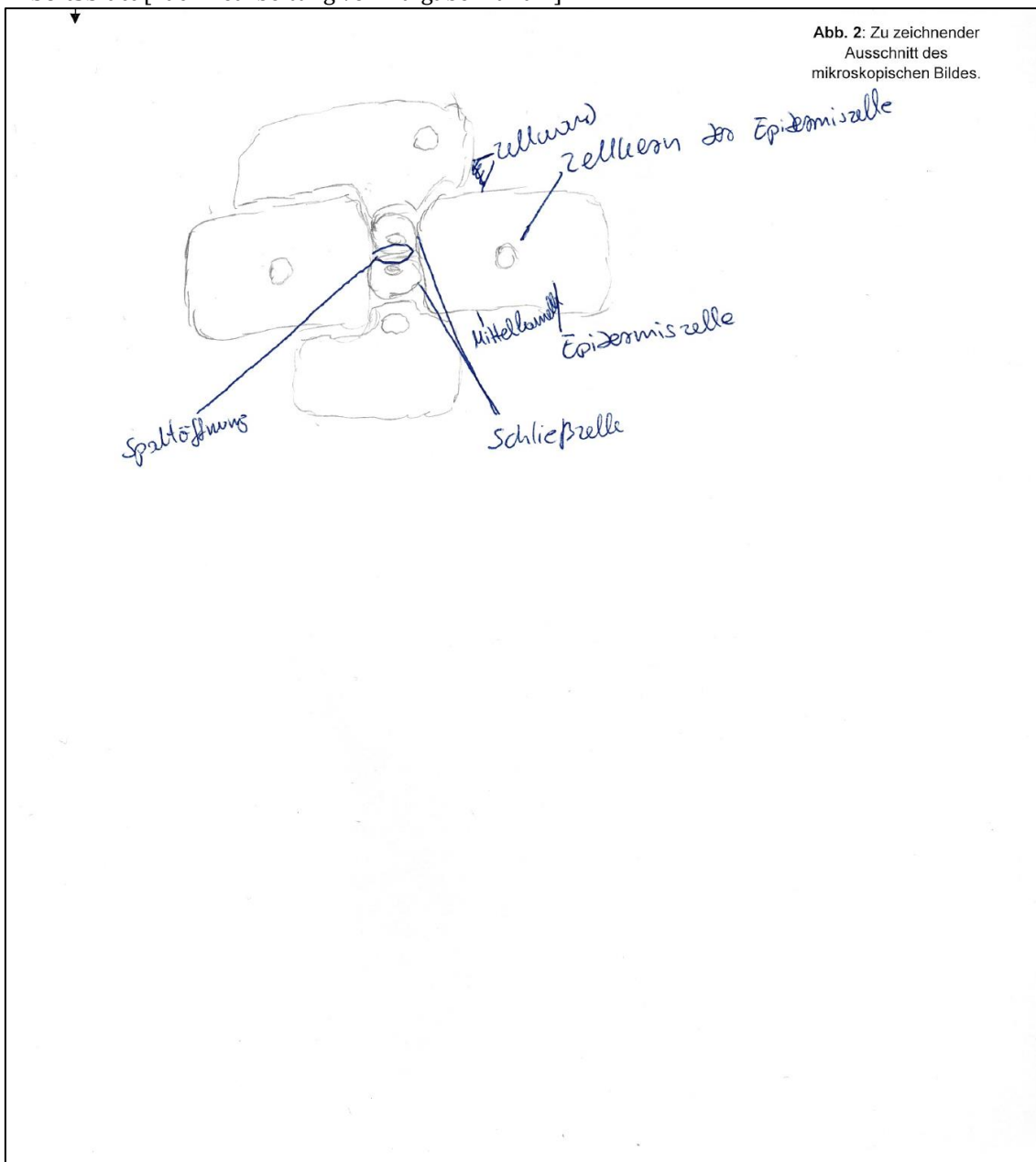
Selbsteinschätzung [Se_MZ_1-6]

Das Zeichnen hat mir geholfen, einen Überblick zu erlangen.	Das Zeichnen hat mir geholfen, die Zusammenhänge zu verstehen.	Beim Lesen war ich ganz bei der Sache.	Beim Zeichnen war ich ganz bei der Sache.	Ich zeichne gerne im Biologieunterricht.	Ich zeichne gerne außerhalb des Biologieunterrichts.
Stimme eher zu	Stimme eher nicht zu	Stimme voll und ganz zu	Stimme eher zu	Stimme gar nicht zu	Stimme gar nicht zu

Verständnisfragen [Ver_MZ_1, 2], mündliche Reflexionsfragen [mRef_MZ_1-6]

Beschreibung gezeichneter Strukturen	„Zwischen zwei Epidermiszellen liegen zwei Schließzellen und dazwischen ist eine Spalte. Die beiden Schließzellen und die Spalte sind zusammen eine Stoma oder Spaltöffnung. Zu sehen waren noch die Zellkerne der Zellen und mehr war da, glaube ich, nicht mehr zu sehen.“
Gasaustausch	„Ja, der Gasaustausch findet auf jeden Fall in dieser Spalte zwischen den beiden Zellen statt, je nachdem, wie weit die Spalte geöffnet ist.“
Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung	„So, wie ich es normalerweise auch immer mache. Einfach loslegen und zeichnen, aber ab und zu wieder zurück durch das Mikroskop schauen, wenn ich vergessen habe, wie es ausgesehen hat.“
Schwergefallen	„Beim Zeichnen an sich nicht, aber beim lauten Denken schon.“
Hätte besser gelingen können	„Auf jeden Fall, dass ich die Strukturen genauer zeichne.“
Beim nächsten Mal anders	„Nein.“
Empfinden des lauten Denkens	„Das fand ich schlimm. *lacht* Ich bin nicht daran gewöhnt, laut mitzudenken. [...] Abgehalten hat es mich nicht, ich fand es einfach nur komisch.“
Abschließende Anmerkung	Keine

Arbeitsblatt [nach Bearbeitung von Aufgabe 1 und 2]



Anhang 8: Kodierleitfäden und -manuals

Dieser Abschnitt des Anhangs umfasst die Kodierleitfäden und -manuals, die die Analysierenden zur Kodierung der Schwierigkeiten, auf die die Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der Ablaufdiagramme (Anhang 8.1) und der mikroskopischen Zeichnungen (Anhang 8.2) trafen, nutzten. Im Anschluss daran erfolgt die Darstellung der Kodierleitfäden und -manuals zu den Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler im Zeichenprozess (Anhang 8.3, Anhang 8.4). Die Entstehung der Kodierleitfäden und -manuals wird in den Unterkapiteln 7.12 und 7.13 erörtert. Abschließend erfolgt eine ausführliche Darstellung der Visualisierung der Prozessstruktur (Anhang 8.5), die in Unterkapitel 7.13.6 zusammenfassend dargestellt wurde.

Anhang 8.1: Kodierleitfaden/-manual für Schwierigkeiten/Fehler: Ablaufdiagramme

Nachfolgend ist der Kodierleitfaden und das -manual abgebildet, die sich auf die konstruierten Ablaufdiagramme beziehen. Diese boten den Kodierenden eine systematische Grundlage zur Kodierung der Schwierigkeiten bzw. Fehler.

Kodierleitfaden

- I:** Den Rahmen der Kodierung der manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler gibt das Kodiermanual (**IX**) vor. Die darin genannten Kodierregeln und Anmerkungen bzw. Ankerbeispiele sind zu beachten.
- II:** Die Auswertungseinheit stellt das subjektspezifische Ausgangsmaterial dar, das sowohl die im jeweiligen Schülerprofil aggregierten Daten (Basisinformationen, Lesegeschwindigkeits- und -verständnistest, Vorerfahrungen mit dem Kontext und mit Ablaufdiagrammen, die Visualisierung der Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung, das Protokoll des lauten Denkens, das Arbeitsblatt, die Beurteilung des Ablaufdiagramms, kontextbezogenes Verständnis, Leistung, Selbsteinschätzung und mündliche Reflexionsfragen) als auch die ungekürzte Audio- und Videospur und das ungekürzte Transkript umfasst.
- III:** Die Kodiereinheit (kleinste Analyseeinheit) kann a) eine kurze Passage des Transkripts mit wenigen Wörtern oder Zahlen umfassen (z. B. „*Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal*“, Laura, S7A, b6) oder eine rechteckige Flächenauswahl darstellen (z. B. Markierung schraffierter Flächen).
- IV:** Die Kontexteinheit (größte Analyseeinheit) ist hinsichtlich ihres maximalen Umfangs zwischen den einzelnen Fällen variabel. Sie kann einzelne

Schülerantworten umfassen (z. B. mRef_AD_1; Anhang 4) oder sich antwortübergreifend zusammensetzen (z. B. mRef_AD_4: Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds schwer? | mRef_AD_5: Was fiel dir bei der Anfertigung des Schaubilds besonders schwer?).

- V:** Trifft der/die Analysierende bei der Sichtung der Auswertungseinheiten, d. h. beim Materialdurchlauf, auf manifeste Schwierigkeiten oder Fehler, die nicht durch die deduktiv gebildeten Kategorien abgedeckt sind, werden diese als induktive Kategorie hinzugefügt und als solche gekennzeichnet. Ebenso ist eine Kodierregel aufzustellen, die die trennscharfe Abgrenzung zu anderen Kategorien erlaubt, sowie eine Anmerkung hinzuzufügen bzw. ein Ankerbeispiel zu benennen.
- VI:** Mehrfachkodierungen sowie Überschneidungen von Kodierungen sind zulässig.
- VII:** Ist der/die Analysierende bei einer Zuordnung unsicher, so ist ein Memo anzulegen. Das Memo stellt die Grundlage für den Aushandlungsprozess zwischen den Analysierenden dar. Abweichungen, die auf Missverständnisse zurückgehen, sowie Unklarheiten bzgl. des Kodierleitfadens oder des -manuals sind im Zuge des Aushandlungsprozesses zu beseitigen.
- VIII:** Die Gesamtanzahl der Materialdurchläufe ergibt sich für die Analysierenden jeweils aus der Anzahl der Materialdurchläufe, die zur Kodierung neuer Schwierigkeiten oder der Korrektur bestehender Kodierungen führen, plus eins: Die letzte Kodierschleife einer jeden Kodiererin bzw. eines jeden Kodierers entspricht dem finalen Schritt der iterativen Analyse, bei der keine neuen Schwierigkeiten mehr hinzukommen und keine Änderungen am bestehenden Kategoriensystem notwendig sind.

IX: Kodiermanual | Tabelle A8.1


Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Anmerkung bzw. Ankerbeispiel
➤ Attentive Schwierigkeiten (9.2.1)		
Ablenkung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler sich von der Aufgabenstellung für zwei oder mehr Sekunden ablenken lässt.	Vergleiche <i>T_Off-task-Aktivität_{AD}</i> (7.13) für Farbcode und Kürzel = K.  Hannah (S10.2A) lässt sich für die Dauer von 19 Sekunden von der Aufgabenstellung ablenken.
Abwehrhaltung der Schülerinnen und Schüler durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Cohn, 2012]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf eine Abwehrhaltung der Schüler oder des Schülers gegenüber der Zeichenaufgabe hinweisen.	Vergleiche Se_MZ_5, Se_MZ_6 (Referenzitems) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
Bedeutsamkeitsmangel [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Quillin & Thomas, 2015]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Aussagen, die auf die fehlende Bedeutsamkeit der Zeichenaufgabe hindeuten.	Vergleiche mRef_AD_3, Se_AD_1 und Se_AD_2 (Referenzitems) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.

Tabelle A8.1 (Fortsetzung)

Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Anmerkung bzw. Ankerbeispiel
Fehlendes Bemühen/Interesse [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Quillin & Thomas, 2015]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf fehlendes Bemühen hindeuten.	„Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein? [...] Nein, ich lasse es jetzt weg.“ (Melinda, S10.2B, a34)
Unaufmerksamkeit beim Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Leopold & Leutner, 2012]	Eine Kodierung erfolgt für alle Aussagen, die auf fehlende Aufmerksamkeit im Umgang mit der Textgrundlage oder der Aufgabenstellung hinweisen.	Vergleiche Se_AD_3 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle Aussagen, die auf fehlende Aufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung hinweisen.	Vergleiche Se_AD_4 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
➤ Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.2.2)		
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scherb & Nitz, 2020 sowie Beurteilungskriterien, 7.4]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler die Zeichnung zu groß oder zu klein anlegt oder auf diese Schwierigkeit (retrospektiv) verweist.	„Dann mache ich das hier unten nochmal hin, weil ich hier oben so wenig Platz habe.“ (Laura S7A, a31), „Ja, Platzprobleme. Ich fange entweder zu groß oder zu klein an.“ (Laura, S7A, a55) Vergleiche Beurteilungskriterium „Blatteinteilung und Größe der Zeichnung“.
Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung [deduktive Kategorie, vgl. Beurteilungskriterien, 7.4]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung vorgenommen hat oder auf diese Schwierigkeit (retrospektiv) verweist.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Zweckmäßige Strukturierung“.
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.2.3)		
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Informationen [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Textinformationen redundant darstellt.	Laura (S7A) repräsentiert die Verbrennung fossiler Brennstoffe durch die Darstellung eines Ofens, in dem ein Feuer brennt und aus dem Rauchgase über einen Schornstein entweichen. Diese Darstellung beschriftet sie zusätzlich mit „Kohleverbrennung“.
Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler optionalen zeichnerischen Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) nachgeht.	Florian (S7E) verbringt in Summe 49 Sekunden mit dem Ausmalen gezeichneter Strukturen.
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Retzlaff-Fürst, 2020]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler subjektive Empfindungen und Vorstellungen zum Ausdruck bringt, die die objektive Darstellung kompromittieren.	Es liegt kein Fallbeispiel vor, da keine Kodierung für diese Kategorie gemacht werden konnte. (Denkbar wäre: anthropomorphe Züge dargestellter Strukturen)

Tabelle A8.1 (Fortsetzung)

Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Anmerkung bzw. Ankerbeispiel
Uneindeutige Linienführung [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine Struktur lediglich durch viele dünne Linien andeutet, anstatt diese mit einer oder wenigen Linien eindeutig abzubilden.	Die Verdunstung deutet Jonas (S7D) durch viele dünne Linien an. Diese überlagern sich mit dem im Hintergrund dargestellten Baum.
Verständliche (realistische) Darstellung der Textinformationen fällt schwer [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Schwierigkeiten zeigt oder berichtet, die die verständliche Repräsentation einzelner Textinformationen betreffen.	„Oh je, wie soll ich Essen zeichnen? Ich male einen Apfel. Pflanzen, wie male ich Pflanzen? [...] Ich versuche jetzt Fotosynthese zu malen, wenn das funktioniert. [...] Wie soll ich die Zellatmung darstellen? [...] Ohje, ein Hamster. Sieht irgendwie mehr aus wie ein Teddybär, aber es soll ein Hamster sein.“ (Lisa, S8B, b3)
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.2.4)		
Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Verlauf des Zeichenprozesses nicht oder nur für wenige Sekunden die eigene Zeichnung überblickt.	Vergleiche <i>T_schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}</i> (7.8) für Farbcode und Kürzel = l.  Jonas (S7D) nimmt sich insgesamt nur zwei Sekunden lang Zeit, um die eigene Zeichnung zu überblicken.
Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einen Teil der Aufgabenstellung beabsichtigt oder unbeabsichtigt nicht beachtet.	Leah (S10.1D) stellt die Textinformationen entgegen der Aufgabenstellung nicht in Form eines Schaubilds, sondern mit Hilfe einer stichpunktartigen Zusammenfassung dar.
Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (ohne Lesestrategie) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Umgang mit dem Text keine Lesestrategie angewendet hat und auf einen abschließenden Vergleich zwischen Textgrundlage und Zeichnung verzichtet.	Sara (S8A) berichtet retrospektiv, dass sie beim nächsten Mal „[...] <i>am Schluss nochmal lesen und vergleichen</i> “ (S8A, b28) sollte.
Verzicht des abschließenden Abgleichs zwischen Textgrundlage und Zeichnung (trotz Lesestrategie) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Umgang mit dem Text eine Lesestrategie angewendet hat und auf einen abschließenden Vergleich zwischen Textgrundlage und Zeichnung verzichtet.	Pablo (S10.2D) nimmt während der letzten eineinhalb Minuten keinen Abgleich zwischen Textgrundlage und Schaubild vor.
➤ Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.2.5)		
Keine realistische Einschätzung bzgl. der Auswahl relevanter Textinformationen [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler zu keiner realistischen Selbsteinschätzung gelangt. Die Beurteilung des Zutreffens der Selbsteinschätzung erfolgt stets in Relation zu dem Ergebnis der kriterialen Beurteilung des Ablaufdiagramms.	Paul (S10.1B), der nur etwa 20% der relevanten Textinformationen in sein Schaubild integriert, gibt an, dass ihm die Auswahl relevanter Begriffe nicht schwer fiel (Se_AD_5, Referenzitem). Außerdem merkt er retrospektiv an: „ <i>Schwer fiel mir nichts wirklich.</i> “ (S10.1B, a54).

Tabelle A8.1 (Fortsetzung)

Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Anmerkung bzw. Ankerbeispiel
Schwierigkeiten/Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Brown & Harris, 2013]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler die eigenen Fehler oder Schwierigkeiten retrospektiv nicht erkennt.	Vergleiche mRef_AD_4-7 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.2.6)		
Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler anmerkt, dass das Ausbleiben von Hilfestellung während der Aufgabenbearbeitung für sie oder ihn eine Schwierigkeit darstellte.	Ben (S8G) verweist darauf, dass es für ihn hilfreich gewesen wäre, „Wenn ich vielleicht davor schon eine grobe Zeichnung von dem Bild hätte.“ (S8G, a50)
Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle Fragen einer Schülerin oder eines Schülers, die unbeantwortet bleiben oder nicht richtungsweisend beantwortet werden.	Melinda (S10.2B): „Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein?“; Versuchsleiter: „Das ist deine Entscheidung.“ (S10.2B, a34)
Überforderung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Spörhase, 2010b]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler überfordert ist, d. h. trotz eines durch den Versuchsleiter gegebenen Hinweises nicht weiterkommt.	Nach mehr als 36 Minuten bricht der Versuchsleiter bei Mara (S7F) die Aufgabenbearbeitung ab, da sie trotz mehrmaliger Unterstützung nicht weiterkommt.
➤ Schwierigkeiten in Verbindung mit der Textgrundlage (9.2.7)		
Auswahl relevanter Textinformationen fällt schwer [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Aussagen, die Schwierigkeiten bei der Auswahl relevanter Textinformationen explizit werden lassen.	Vergleiche Se_AD_5 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video. Isabelle (S7B) verdeutlicht im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen: „Es fiel mir schwer, die Informationen herauszusuchen.“ (S7B, a40)
Einzelne Textabschnitte werden nicht gelesen [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf das Überspringen einzelner Textabschnitte hindeuten.	„Oh, ok, ich sollte keine Zeile mehr überspringen, nein. [...] Was habe ich da gelesen? Nein. Durch den Nebel gehen die Zapfen viel schneller kaputt. Nein, ich weiß es nicht mehr so genau.“ (Laura, S7A, a36)
Fachliche Verständnisschwierigkeiten [deduktive Kategorie, vgl. z. B. van Meter (2001) für allgemeine Verständnisschwierigkeiten im Umgang mit der Textgrundlage sowie Düsing et al. (2019) für Verständnisschwierigkeiten im Zusammenhang mit dem Kontext des Kohlenstoffkreislaufs]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Indizien, die auf Schwierigkeiten beim fachlichen Verständnis der Textgrundlage hindeuten.	„Ja, viele unbekannte Wörter, die ich nicht kannte. [...] Es fiel mir halt sehr schwer, unbekannte Worte herauszufinden und dann ein Schaubild zu erstellen. Es war sehr schwer, sagen wir es so.“ (Emma, S8F, b21)
Fehlender Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf den fehlenden Abgleich der Zeichnung mit der Textgrundlage während des Zeichenprozesses hinweisen.	Nach dem initialen Lesen der Textgrundlage blickt Jonas (S7D) während der Bearbeitung der Zeichnung nur ein einziges Mal für etwa zwei Sekunden auf den Text.

Tabelle A8.1 (Fortsetzung)

Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Anmerkung bzw. Ankerbeispiel
Keine Anwendung von/Verzicht auf Lesestrategie(n) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Grospietsch et al., 2021]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Umgang mit der Textgrundlage keine Lesestrategie außerhalb des wiederholten Lesens einzelner Abschnitte anwendet.	„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überflogen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“ (Florian, S7E, a40)
Niedrige Lesegeschwindigkeit (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung) [deduktive Kategorie, basierend auf den drei niedrigsten Leistungsgruppierungen nach Schneider et al. (2007)]	Eine Kodierung erfolgt für den PR-Wertebereich 0-25 nach Schneider et al. (2007). Dieser umfasst sehr schwache Leistungen (PR: 0-5), schwache Leistungen (PR: 6-10) und unterdurchschnittliche Leistungen (PR: 11-25).	Vergleiche Auswertung des LGVT.
Niedriges Leseverständnis (PR 0-25 = sehr schwache bis unterdurchschnittliche Leistung) [deduktive Kategorie, basierend auf den drei niedrigsten Leistungsgruppierungen nach Schneider et al. (2007)]	Eine Kodierung erfolgt für den PR-Wertebereich 0-25 nach Schneider et al. (2007). Dieser umfasst sehr schwache Leistungen (PR 0-5), schwache Leistungen (PR 6-10) und unterdurchschnittliche Leistungen (PR 11-25).	Vergleiche Auswertung des LGVT.
Sprachliche Verständnisschwierigkeiten [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Gogolin & Lange, 2011]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf sprachliche Verständnisschwierigkeiten hindeuten.	Victorias (S10.2C) Muttersprache ist Spanisch. Deutsch stellt für sie eine Fremd- bzw. Zweitsprache dar. Mit der Textgrundlage beschäftigt sie sich von allen Zehntklässlerinnen und -klässlern am längsten.
Wiederholtes Orientierungsverhalten im Text durch fehlende visuelle Ankerpunkte (z. B. Markierungen) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler sich mehr als einmal oder für mehrere Sekunden im Text orientieren muss, um eine gesuchte Textstelle wiederzufinden. Kodiert werden ebenfalls Aussagen, die auf den Umgang mit der Textgrundlage verweisen.	Mara (S7F) wendet außer dem wiederholten Lesen einzelner Textabschnitte keine Lesestrategie an. Retrospektiv merkt sie an: „Ich habe mir einmal den Text ganz gut durchgelesen und wenn ich etwas nicht mehr wusste, dann habe ich nochmal die Stelle gesucht und gelesen.“ (S7F, b17)

X: Definitionen | Tabelle A8.2

Begriff	Definition, Erläuterung oder Verweis
Ablenkung	Ablenkung ist in Anlehnung an die Variable $T_{Off-task-Aktivität_{AD}}$ als Zeitspanne definiert, in der eine Schülerin oder ein Schüler einer anderen Tätigkeit nachgeht, die nicht in Verbindung mit der Aufgabenstellung steht.
Abwehrhaltung	Eine Abwehrhaltung stellt die Reaktion (Abwehr) auf einen Reiz (Erkenntnis, dass die Schülerin oder der Schüler eine Zeichnung konstruieren soll) dar. Die Reaktion kann mündlich oder durch die distanzierte Haltung zum Arbeitsmaterial deutlich werden. Eine Abwehrhaltung wird vor diesem Hintergrund als Verhaltensdisposition gegenüber der zeichnerischen Tätigkeit definiert.

Tabelle A8.2 (Fortsetzung)

Begriff	Definition, Erläuterung oder Verweis
Bedeutsamkeitsmangel	Der Bedeutsamkeitsmangel kann von einer Schülerin oder einem Schüler zum Ausdruck gebracht werden, wenn sie oder er auf die fehlende Relevanz bzw. Sinnhaftigkeit der zu konstruierenden Zeichnung verweist oder keinen Mehrwert im resultierenden Zeichenprodukt erkennt.
Fehlendes Bemühen/Interesse	Fehlendes Bemühen während der Konstruktion der Zeichnung kann sich anhand der distanzierten Haltung zu den Arbeitsmaterialien äußern oder in der Selbstauskunft deutlich werden.
Lesestrategie	Lesestrategie wird als Tätigkeit/Handlung zusätzlich zum Lesen des Texts definiert (z. B. wiederholtes Lesen einzelner Abschnitte, Unterstreichen einzelner Wörter oder Sätze, Notieren von Stichpunkte; vgl. z.B. Grospietsch et al., 2021).
Lesegeschwindigkeit	Die Definition der Lesegeschwindigkeit orientiert sich an Schneider et al. (2007).
Leseverständnis	Die Definition des Leseverständnisses orientiert sich an Schneider et al. (2007).
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Blatteinteilung und Größe der Zeichnung“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Größe der Zeichnung geeignet ist, um alle Inhalte eindeutig voneinander abzugrenzen und die Zeichnung vor diesem Hintergrund leicht erschlossen werden kann. Das Kriterium berücksichtigt auch, ob die Position der Zeichnung auf dem Arbeitsblatt sinnvoll gewählt und inwieweit die zur Verfügung stehende Fläche genutzt wurde.
Unzweckmäßige Strukturierung der Zeichnung	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Zweckmäßige Strukturierung“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Strukturierung der Darstellung für das Verständnis des dargestellten Zusammenhangs zuträglich ist.

Anhang 8.2: Kodierleitfaden/-manual für Schwierigkeiten/Fehler: Mikroskopische Zeichnungen

Der hiernach abgebildete Kodierleitfaden sowie das -manual lieferten den Analysierenden die notwendige Grundlage zur systematischen Kodierung der bei den Schülerinnen und Schülern festgestellten Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen.

Kodierleitfaden

- I:** Den Rahmen der Kodierung der manifesten Schwierigkeiten bzw. Fehler gibt das Kodiermanual (**IX**) vor. Die darin genannten Kodierregeln und Anmerkungen bzw. Ankerbeispiele sind zu beachten.
- II:** Die Auswertungseinheit stellt das subjektspezifische Ausgangsmaterial dar, das sowohl die im jeweiligen Schülerprofil aggregierten Daten (Basisinformationen, Lesegeschwindigkeits- und -verständnis-test, Vorerfahrungen mit dem Kontext und mit Ablaufdiagrammen, die Visualisierung der Analyse der Tätigkeiten während der Konstruktion der Zeichnung, das Protokoll des lauten Denkens, das Arbeitsblatt, die Beurteilung des Zeichnen-Tests und der mikroskopischen Zeichnung, kontextbezogenes Verständnis, Leistung, Selbsteinschätzung und mündliche Reflexionsfragen) als auch die ungekürzte Audio- und Videospur und das ungekürzte Transkript umfasst.
- III:** Die Kodiereinheit (kleinste Analyseeinheit) kann a) eine kurze Passage des Transkripts mit wenigen Wörtern oder Zahlen umfassen (z. B. „*Ich habe es jetzt nicht so ordentlich gezeichnet [...]*“, Melinda, S10.2B, b21) oder eine rechteckige Flächenauswahl darstellen (z. B. Markierung nicht geschlossen dargestellter Zellen).
- IV:** Die Kontexteinheit (größte Analyseeinheit) ist hinsichtlich ihres maximalen Umfangs zwischen den einzelnen Fällen variabel. Sie kann einzelne Schülerantworten umfassen (z. B. mRef_MZ_1; Anhang 4) oder sich antwortübergreifend zusammensetzen (z. B. mRef_MZ_2: Was fiel dir beim Zeichnen schwer? | mRef_MZ_3: Fiel dir beim Zeichnen etwas Bestimmtes besonders schwer?).
- V:** Trifft der/die Analysierende bei der Sichtung der Auswertungseinheiten, d. h. beim Materialdurchlauf, auf manifeste Schwierigkeiten oder Fehler, die nicht durch die deduktiv gebildeten Kategorien abgedeckt sind, werden diese als induktive Kategorie hinzugefügt und als solche gekennzeichnet. Ebenso ist eine Kodierregel aufzustellen, die die trennscharfe Abgrenzung zu anderen Kategorien erlaubt, sowie eine Anmerkung hinzuzufügen bzw. ein Ankerbeispiel zu benennen.

- VI:** Mehrfachkodierungen sowie Überschneidungen von Kodierungen sind zulässig.
- VII:** Ist der/die Analysierende bei einer Zuordnung unsicher, so ist ein Memo anzulegen. Das Memo stellt die Grundlage für den Aushandlungsprozess zwischen den Analysierenden dar. Abweichungen, die auf Missverständnisse zurückgehen, sowie Unklarheiten bzgl. des Kodierleitfadens oder des -manuals sind im Zuge des Aushandlungsprozesses zu beseitigen.
- VIII:** Die Gesamtanzahl der Materialdurchläufe ergibt sich für die Analysierenden jeweils aus der Anzahl der Materialdurchläufe, die zur Kodierung neuer Schwierigkeiten oder der Korrektur bestehender Kodierungen führen, plus eins: Die letzte Kodierschleife einer jeden Kodiererin bzw. eines jeden Kodierers entspricht dem finalen Schritt der iterativen Analyse, bei der keine neuen Schwierigkeiten mehr hinzukommen und keine Änderungen am bestehenden Kategoriensystem notwendig sind.

IX: Kodiermanual | Tabelle A8.3


Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel, Anmerkung
➤ Attentive Schwierigkeiten (9.3.1)		
Ablenkung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler sich von der Aufgabenstellung für zwei oder mehr Sekunden ablenken lässt.	Vergleiche $T_{Off-task-Aktivität_{MZ}}$ (7.13) für Farbcode und Kürzel = K.  Nora (S8C) lässt sich während des Lesens des Einführungstexts für sieben Sekunden von der Aufgabenstellung ablenken.
Abwehrhaltung der Schülerinnen und Schüler durch negative Vorerfahrung („Ich-kann-nicht-zeichnen“-Haltung) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Cohn, 2012]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf eine Abwehrhaltung der Schüler oder des Schülers gegenüber der Zeichenaufgabe hinweisen.	Vergleiche Se_MZ_5, Se_MZ_6 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
Bedeutsamkeitsmangel [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Quillin & Thomas, 2015]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Aussagen, die auf die fehlende Bedeutsamkeit der Zeichenaufgabe hindeuten.	Vergleiche Se_MZ_1, Se_MZ_2 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
Fehlendes Bemühen/Interesse [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Quillin & Thomas, 2015]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Indizien, die auf fehlendes Bemühen hindeuten.	„Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal.“ (Laura, S7A, b6)
Unaufmerksamkeit beim Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Leopold & Leutner, 2012]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Aussagen, die auf fehlende Aufmerksamkeit im Umgang mit dem Einführungstext oder der Aufgabenstellung hinweisen.	Vergleiche Se_MZ_3 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
Unaufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für sämtliche Aussagen, die auf fehlende Aufmerksamkeit bei der Anfertigung der Zeichnung hinweisen.	Vergleiche Se_MZ_4 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.

Tabelle A8.3 (Fortsetzung)

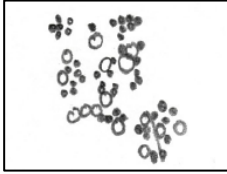

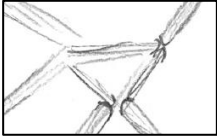
Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel, Anmerkung
➤ Planungsbezogene Schwierigkeiten/Fehler (9.3.2)		
Fehlende (Vor-)Strukturierung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Wanner, 2004]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler keine Strukturierung der Zeichnung vornimmt.	Die initial fehlende Vorstrukturierung der Zeichnung resultiert bei Jonas (S7D) in einer unzureichenden Größe der Zeichnung.
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scherb & Nitz, 2020 sowie Beurteilungskriterien, 7.4]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler die Zeichnung zu groß oder zu klein anlegt oder auf diese Schwierigkeit (retrospektiv) verweist.	„Ich habe alles eher so minimalistisch gemalt. Man bekommt ja meist ein ganzes Blatt, um auch ein ganzes Blatt zu nutzen, das habe ich jetzt nicht gemacht. Ich glaube das hätte ich besser machen können.“ (Laura, S7A, b20) Vergleiche Beurteilungskriterium „Blatteinteilung und Größe der Zeichnung“.
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge der Nichtberücksichtigung zeichnerischer Konventionen (9.3.3)		
Erhöhter Zeitbedarf durch die redundante Darstellung von Strukturen [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Strukturen redundant darstellt.	Nathalie (S7C) benötigt mehr als eine Minute, um eine Vielzahl redundanter Strukturen darzustellen.  (Nathalie, S7C)
Erhöhter Zeitbedarf durch die Ausführung optionaler Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. primäre Verwendung von Bleistift, Verzicht/Minimierung von Farbe in Retzlaff-Fürst (2020); Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler optionalen zeichnerischen Tätigkeiten (z. B. Ausmalen, Schraffieren, Punkten) nachgeht. Wird anstatt des Bleistifts Farbe verwendet, erfolgt eine Kodierung für „Verwendung von Farbe“.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Keine Schraffur, Punkten oder Ausmalen“.  (Sophia, S8E)
Kein angemessenes Abstraktionsmaß [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Wolowski & Scherb, 2022; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler bei der zeichnerischen Darstellung kein angemessenes Maß an Abstraktion wählt.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Abstraktionsgrad“.  (Isabelle, S7B)
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Retzlaff-Fürst, 2020; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler subjektive Empfindungen und Vorstellungen zum Ausdruck bringt, die die objektive Darstellung kompromittieren.	Es liegt kein Fallbeispiel vor, da keine Kodierung für diese Kategorie gemacht werden konnte. (Denkbar wäre: anthropomorphe Züge dargestellter Strukturen) Vergleiche Beurteilungskriterium „Objektive Darstellung“.
Verwendung von Farbe [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Gropen-gießer et al., 2012]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler in der Zeichnung Farbe einsetzt.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Verwendung von Bleistift“.

Tabelle A8.3 (Fortsetzung)

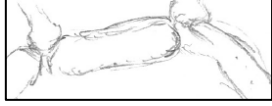

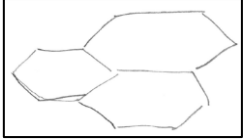
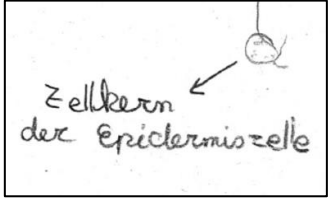
Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel, Anmerkung
Uneindeutige Linienführung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Wolowski & Scherb, 2022]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine Struktur lediglich durch viele dünne Linien andeutet, anstatt diese mit einer oder wenigen Linien eindeutig abzubilden.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Linienführung“.  (Laura, S7A)
Zellen grenzen nicht natürlich aneinander (Dachziegelstruktur, ...) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Stahl-Biskup & Reichling, 2015; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Zellen darstellen, die nicht natürlich aneinandergrenzen.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Objektive Darstellung“.  (Pablo, S10.2D)
Zellen nicht geschlossen dargestellt [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Stahl-Biskup & Reichling, 2015; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einzelne Zellen nicht geschlossen darstellt.	Vergleiche Beurteilungskriterium „Objektive Darstellung“.  (Ben, S8G)
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge von Kontrollversäumnis (9.3.4)		
Beschriftung trotz Vorlage unvollständig [induktive Kategorie; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler die eigene Zeichnung beabsichtigt oder unbeabsichtigt unvollständig beschriftet (vgl. Erwartungshorizonte)	Johanna (S8D) verzichtet trotz des Abgleichs mit der Vorlage auf die Beschriftung des von ihr eingezeichneten Pulsierenden Bläschens.
Beschriftungslinie grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Gropengießer et al., 2012; Beurteilungskriterium (7.4)]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Beschriftungslinie nicht an die zu bezeichnende Struktur grenzt.	 (Victoria, S,10.2C)
Nichteinhalten bereits bekannter Gütekriterien [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scherb & Nitz, 2020]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine oder mehrere der im Vorfeld genannten Gütekriterien bei der Anfertigung der Zeichnung missachtet.	„Ich zeichne immer ein bisschen gestrichelt. Unsere Lehrerin meinte, man soll das nicht.“ (Sophia, S8E, a13)
Seltener/unregelmäßiger Abgleich mit dem mikroskopischen Objekt [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Verhältnis zu der Ausführung anderer Tätigkeiten nur selten durch das Mikroskop blickt oder retrospektiv auf die Notwendigkeit, häufiger durch das Mikroskop zu blicken, verweist.	Carolin (S10.1C) betrachtet das mikroskopische Präparat insgesamt nur für 35 Sekunden.

Tabelle A8.3 (Fortsetzung)

Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel, Anmerkung
Seltenes Überblicken/Kontrollieren der eigenen Zeichnung [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler im Verlauf des Zeichenprozesses nicht oder nur für wenige Sekunden die eigene Zeichnung überblickt.	Vergleiche <i>T_schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}</i> (7.8) für Farbcode und Kürzel = I.  Klara (S10.1A) nimmt sich insgesamt nur drei Sekunden lang Zeit, um die eigene Zeichnung zu überblicken.
Struktur(en) teilweise falsch beschriftet [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler die in der Vorlage vorgegebenen Begriffe in der eigenen Zeichnung falsch beschriftet.	Lisa (S8B) beschriftet einen die Amöbe überlagernden Einzeller mit dem Begriff des Pulsierenden Bläschens.
Teil der Aufgabenstellung nicht beachtet [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einen Teil der Aufgabenstellung beabsichtigt oder unbeabsichtigt nicht beachtet.	Nathalie (S7C) stellt in ihrer mikroskopischen Zeichnung Zellorganellen dar, obwohl dies in der Aufgabenstellung nicht vorgesehen war.
Vorgabe des Bildausschnitts nicht beachtet [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler den vorgegebenen Bildausschnitt beabsichtigt oder unbeabsichtigt nicht beachtet.	Isabelle (S7B) stellt deutlich mehr Strukturen dar, als im Bildausschnitt unterhalb der Aufgabenstellung zu sehen sind.
➤ Schwierigkeiten bei der Selbsteinschätzung (9.3.5)		
Fehler werden im Wesentlichen nicht erkannt [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler die eigenen Fehler oder Schwierigkeiten (retrospektiv) nicht erkennt.	Vergleiche mRef_MZ_2-5 (Referenzitem) sowie weitere Indizien im Transkript und Video.
➤ Schwierigkeiten/Fehler in Folge von fehlenden Hilfestellungen (9.3.6)		
Fehlen von Hilfestellungen vor oder während der Aufgabenbearbeitung (Anmerkung der Teilnehmenden) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler anmerkt, dass das Ausbleiben von Hilfestellung während der Aufgabenbearbeitung für sie oder ihn eine Schwierigkeit darstellte.	„An der Tafel hat es meine Lehrerin dann angezeichnet und gesagt "so in etwa soll es aussehen in eurem Heft". Deswegen wusste ich jetzt gar nicht, ob man von innen nach außen anfangen soll oder von außen nach innen. Deswegen war es schon schwer. [...] Wenn man davor besprochen hätte, was genau man unter dem Mikroskop sieht und wenn dann einfach die Lehrerin nochmal sagt, "ihr könnt so vorgehen", also zum Beispiel von außen nach innen zeichnen und wie viel von jedem etwa, also den Organellen.“ (Leah, S10.1D, a47)
Inhaltliche Rückfragen der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle Fragen einer Schülerin oder eines Schülers, die unbeantwortet bleiben oder nicht richtungsweisend beantwortet werden.	Isabelle (S7B) fragt: „Kann ich auch erstmal das Ganze [das Wassernetz] malen und dann den Ausschnitt einzeichnen?“. Darauf antwortet der Versuchsleiter neutral: „Ja klar, kannst du.“ (S7B, b3), anstatt die Schülerin darauf hinzuweisen, dass ihre Darstellung dann nicht mehr dem in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitt entspricht.

Tabelle A8.3 (Fortsetzung)

Kategorie [ggf. Kapitel-/Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel, Anmerkung
Überforderung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Spörhase, 2010b]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler überfordert ist, d. h. trotz eines durch den Versuchsleiter gegebenen Hinweises nicht weiterkommt.	Trotz wesentlicher Hilfestellungen gelingt es Nathalie (S7C) nicht, den Bildausschnitt gemäß der Aufgabenstellung angemessen darzustellen.
Wesentliche Hilfestellung wurden gegeben [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle wesentlichen Hilfestellungen, die der Versuchsleiter auf Rückfragen der Schülerin oder des Schülers gibt.	Melinda (S10.2B) fragt, ob sie die angefärbten Zellkerne farbig darstellen soll: „Jetzt nicht farbig machen, oder?“. Darauf antwortet der Versuchsleiter: „Nein, das wurde nur angefärbt.“ (S10.2B, b3)
➤ Schwierigkeiten in Folge von fehlender/geringer Vorerfahrung (9.3.7)		
Einschätzung des zu zeichnenden Bildausschnitts fällt schwer [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf Schwierigkeiten bei der Einschätzung des Bildausschnitts hinweisen.	„[...] ich wusste nicht, bis wohin ich zeichnen musste [...].“ (Victoria, S10.2C, a49)
Fehlende bzw. geringe Vorerfahrung zum Zellaufbau [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler nur wenige Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher und tierischer Zellen mitbringen.	Vergleiche Vor_MZ_6, Vor_MZ_7 (Referenzitems) sowie Zeichnen-Test.
Gängige zeichnerische Konventionen (teilweise) unbekannt (Folgen vgl. 9.2.3) [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler nur wenige zeichnerische Konventionen benennen kann.	Vergleiche Vor_MZ_1-5 (Referenzitems). „[...] Regeln beim Zeichnen, da weiß ich nichts mehr. Ich denke mal, dass es einigermaßen detailgetreu sein soll, aber auch kein Kunstwerk oder so. [...] Mit Bleistift zeichnen, dass man es auch wieder wegradieren kann und neu zeichnen kann.“ (Paul, S10.1B, a15, a17)
Übertragung der Lage und Proportion von Strukturen fällt schwer [deduktive Kategorie, Transformations-schwierigkeiten, vgl. z. B. Killermann et al., 2013]	Eine Kodierung erfolgt für alle Indizien, die auf Schwierigkeiten bei der Übertragung der Lage und Proportionen von Strukturen hinweisen.	„Was mir schwer fiel, die Amöbe halt genau so zu zeichnen, wie sie unter dem Mikroskop aussieht. [...] Diese Vakuolen waren bei mir eher so rund, aber irgendwie sieht es unter dem Mikroskop etwas fleckiger aus.“ (Sophia, S8E, b18, b23)
Zeichnerisches Dilemma: Darstellung des Gesehenen vs. Einbringen von Vorwissen [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scherb & Nitz, 2020]	Eine Kodierung erfolgt für alle Aussagen einer Schülerin oder eines Schülers, die auf einen kognitiven Konflikt zwischen der ausschließlichen Darstellung der gesehenen und der Darstellung der theoretisch vorhandenen Strukturen hinweisen.	Es liegt kein Fallbeispiel vor, da keine Kodierung für diese Kategorie gemacht werden konnte. (Denkbar wäre: Dilemma bei der Darstellung von Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle, da sich die Mittellamelle im Lichtmikroskop nicht erkennen lässt (3.5.3).

X: Definitionen | Tabelle A8.4

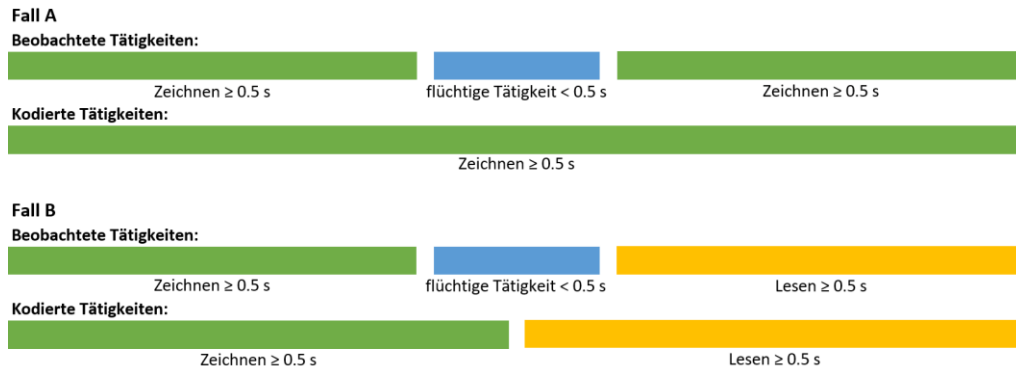
Begriff	Definition, Erläuterung oder Verweis
Ablenkung	Ablenkung ist in Anlehnung an die Variable $T_{Off-task-Aktivität_{Mz}}$ als Zeitspanne definiert, in der eine Schülerin oder ein Schüler einer anderen Tätigkeit nachgeht, die nicht in Verbindung mit der Aufgabenstellung steht.
Abwehrhaltung	Eine Abwehrhaltung stellt die Reaktion (Abwehr) auf einen Reiz (Erkenntnis, dass die Schülerin oder der Schüler eine Zeichnung konstruieren soll) dar. Die Reaktion kann mündlich oder durch die distanzierte Haltung zum Arbeitsmaterial deutlich werden. Eine Abwehrhaltung wird vor diesem Hintergrund als Verhaltensdisposition gegenüber der zeichnerischen Tätigkeit definiert.
Bedeutsamkeitsmangel	Der Bedeutsamkeitsmangel kann von einer Schülerin oder einem Schüler zum Ausdruck gebracht werden, wenn sie oder er auf die fehlende Relevanz bzw. Sinnhaftigkeit der zu konstruierenden Zeichnung verweist oder keinen Mehrwert im resultierenden Zeichenprodukt erkennt.
Fehlendes Bemühen/Interesse	Fehlendes Bemühen während der Konstruktion der Zeichnung kann sich anhand der distanzierten Haltung zu den Arbeitsmaterialien äußern oder in der Selbstauskunft deutlich werden.
Hilfestellungen	Da nicht auszuschließen war, dass die Teilnehmenden trotz des Warm-ups zum lauten Denken von den Vorgaben abweichen, wurde im Vorfeld eine Reihe von Impulsen formuliert. Der Versuchsleiter sollte zur Vermeidung der Beeinflussung der Schülerinnen und Schüler während des Zeichnens nur Aussagen tätigen, die folgenden Kategorien zugehörig sind: A) Aufforderung zum lauten Denken (z. B. Bitte denke an das laute Denken.), B) Anpassung der Lautstärke (z. B. Bitte sprich etwas lauter.) und C) Technischer Hinweis (z. B. Bitte achte darauf, dass das Zeichenblatt im markierten Sichtfeld der Kamera liegt.). Nicht gestattet waren dahingegen inhaltliche Rückfragen während der Beantwortung der Zeichenaufgaben (z. B. Was meinst du damit?) Während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen wurden davon abweichend an wenigen Stellen wesentliche Hilfestellungen gegeben. Da diese ggf. dazu geführt haben, dass Schwierigkeiten ausgeblieben sind, sind diese zu kodieren.
Kein angemessenes Abstraktionsmaß	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Abstraktionsgrad“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die zeichnerische Darstellung dem mikroskopischen Original entspricht. Eine angemessene Abstraktion liegt vor, wenn eine Struktur trotz Generalisierung verständlich abgebildet ist und den inhaltlichen Anforderungen (z. B. einer Aufgabenstellung) entspricht.
Optionale Tätigkeiten	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Keine Schraffur, kein Punkten, kein Ausmalen“: Dieses Kriterium beurteilt, inwieweit die dargestellten Strukturen weder schraffiert, gepunktet noch ausgemalt wurden.
Qualitätsminderung durch Einbringen von Empfindungen und Vorstellungen	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Objektive Darstellung“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern das Gezeichnete frei von subjektiven Verzerrungen ist, die die Sachlichkeit der Zeichnung verringern. Beispiel: geschlossen dargestellte Zellen (objektiv), deformierte Zellen in Dachziegelstruktur (subjektiv verzerrt).
Uneindeutige Linienführung	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Linienführung“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Linien durchgehend und in ihrem Verlauf nachvollziehbar gezeichnet wurden. Auf die Verwendung von sehr dünnen oder gestrichelten Linien, die gesehene Strukturen nur grob andeuten, sollte dabei verzichtet werden.
Unzweckmäßige Größe der Zeichnung	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Blatteinteilung und Größe der Zeichnung“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Größe der Zeichnung geeignet ist, um alle Inhalte eindeutig voneinander abzugrenzen und die Zeichnung vor diesem Hintergrund leicht erschlossen werden kann. Das Kriterium berücksichtigt auch, ob die Position der Zeichnung auf dem Arbeitsblatt sinnvoll gewählt und inwieweit die zur Verfügung stehende Fläche genutzt wurde.
Verwendung von Farbe	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Verwendung von Bleistift“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern die Zeichnung ausschließlich mit Bleistift angefertigt wurde.
Zellen grenzen nicht natürlich aneinander, Zellen nicht geschlossen dargestellt	Definiert als eingeschränkte Erfüllung des Beurteilungskriteriums „Objektive Darstellung“: Dieses Kriterium beurteilt, inwiefern das Gezeichnete frei von subjektiven Verzerrungen ist, die die Sachlichkeit der Zeichnung verringern. Beispiel: geschlossen dargestellte Zellen (objektiv), deformierte Zellen in Dachziegelstruktur (subjektiv verzerrt)

Anhang 8.3: Kodierleitfaden/-manual für Schülertätigkeiten: Ablaufdiagramme

Nachfolgend ist der Kodierleitfaden und das -manual abgebildet, die sich auf die während der Konstruktion der Ablaufdiagramme ausgeführten Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler beziehen.

Kodierleitfaden

- I:** Den Rahmen der Kodierung der Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler gibt das Kodiermanual (**IX**) vor. Die darin genannten Kodierregeln und Anmerkungen bzw. Ankerbeispiele sind zu beachten.
- II:** Die Auswertungseinheit entspricht der Zeitspanne der ungekürzten Audio- und Videospur zwischen Beginn und Ende der Aufgabenstellung, die die Konstruktion des Ablaufdiagramms betrifft.
- Der Beginn der Tätigkeitsanalyse ergibt sich aus der ersten Tätigkeit, die in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Aufgabenstellung steht. Im Fall der Ablaufdiagramme startet die Tätigkeitsanalyse mit dem initialen Lesen der Textgrundlage oder der Aufgabenstellung.
 - Die Tätigkeitsanalyse endet, sobald eine Schülerin oder ein Schüler signalisiert, dass sie oder er mit der Aufgabenstellung fertig ist. Das Signal (z. B. verbale Äußerung) wird nicht mehr kodiert, außer die Schülerin oder der Schüler endet mit einem die Aufgabe betreffenden Monolog, der deutlich macht, dass sie oder er sich noch mit der Zeichnung oder dem Material beschäftigt (z. B. „So ich glaube, ich habe so langsam alles. Ich gucke noch einmal drüber.“, Laura, S7A, b3).
- III:** Die systembedingt kleinste Kodiereinheit (kleinste Analyseeinheit) stellt in MAXQDA 2018 (Version 18.2.5) 0.1 Sekunden dar. Tätigkeiten sind jedoch erst ab einer Länge von 0.5 Sekunden zu kodieren. Tätigkeiten, die sich über einen Zeitraum von weniger als 0.5 Sekunden erstrecken, werden nicht als eigenständige Tätigkeiten kodiert. Mit diesen wird, wie nachfolgend dargestellt, verfahren:



- IV:** Die Kontexteinheit (größte Analyseeinheit) variiert zwischen den Teilnehmenden und kann mehrere Minuten umfassen. So liest beispielsweise Sophia (S8E) die Textgrundlage initial für 210 Sekunden (*Liest_vorab_{AD}*).
- V:** Trifft der/die Analysierende bei der Sichtung der Auswertungseinheiten, d. h. beim Materialdurchlauf, auf Tätigkeiten, die nicht durch die deduktiv gebildeten Kategorien abgedeckt sind, werden diese als induktive Kategorie hinzugefügt und als solche gekennzeichnet. Ebenso ist eine Kodierregel aufzustellen, die die trennscharfe Abgrenzung zu anderen Kategorien erlaubt sowie ein Ankerbeispiel auszuwählen.
- VI:** Mehrfachkodierungen sowie Überschneidungen von Kodierungen sind nicht zulässig. Um Farbkodierungen nebeneinander darzustellen, müssen die Kodierungen systembedingt eine, manchmal zwei Einheiten auseinanderliegen. Eine lückenlose Kodierung ist anzustreben, d. h. zwischen unterschiedlichen Tätigkeiten sollte der maximale Abstand softwarebedingt 0.2 Sekunden oder kleiner sein.
- VII:** Ist der/die Analysierende bei einer Zuordnung unsicher, so ist ein Memo anzulegen. Das Memo stellt die Grundlage für den Aushandlungsprozess zwischen den Analysierenden dar. Abweichungen, die auf Missverständnisse zurückgehen, sowie Unklarheiten bzgl. des Kodierleitfadens oder des -manuals sind im Zuge des Aushandlungsprozesses zu beseitigen.
- VIII:** Die Gesamtanzahl der Materialdurchläufe ergibt sich für die Analysierenden jeweils aus der Anzahl der Materialdurchläufe, die zur Kodierung neuer Tätigkeiten oder der Korrektur bestehender Kodierungen führen, plus eins: Die letzte Kodierschleife einer jeden Kodiererin bzw. eines jeden Kodierers entspricht dem finalen Schritt der iterativen Analyse, bei der keine neuen Tätigkeiten mehr hinzukommen und keine Änderungen am bestehenden Kategoriensystem mehr notwendig sind.

IX: Kodiermanual | Tabelle A8.5

Kürzel, Farbcode, Tätigkeit [ggf. Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel
<p>S  (hellgrau) Austausch mit <u>S</u>chülerin oder Schüler [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn der Versuchsleiter die Schülerin oder den Schüler anspricht oder auf andere Weise einen Austausch initiiert, der dazu führt, dass sie oder er die aktuelle Tätigkeit unterbricht. Eine Kodierung erfolgt <i>nicht</i>, wenn die Schülerin oder der Schüler die gegenwärtige Tätigkeit, beispielsweise das Zeichnen, nicht unterbricht, während sie oder er angesprochen wird. Diese Einschränkung gilt nicht für die Tätigkeit „Liest“.</p>	<p> (Nora, S8C)</p>
<p>E  (dunkelgrau) Austausch mit <u>V</u>ersuchsleiter [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Palinscar & Brown, 1984]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einen Austausch mit dem Versuchsleiter initiiert, beispielsweise durch das Stellen einer Frage.</p>	<p> (Klara, S10.1A)</p>
<p>X  (dunkelgrün) Exp^lizite Relation (Pfeil) [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scherb, 2018]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler mit Hilfe eines Pfeils oder einer Verbindungslinie eine Beziehung zwischen Textinformationen in der Zeichnung darstellt. Eine Beschriftungslinie, die einer Teilzeichnung eine Beschriftung zuweist, ist nicht für diese Kategorie zu erfassen, sondern der Kategorie „zeichnet/notiert Textinformation“ zugehörig.</p>	<p> (Carolin, S10.1C)</p>
<p>L  (gelb) <u>L</u>iest [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler auf die Textgrundlage oder die Aufgabenstellung blickt.</p>	<p> (Victoria, S10.2C)</p>
<p>O  (rot) <u>M</u>onolog [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Paris & Cross, 1983]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Textinhalte aus der Textgrundlage oder der Aufgabenstellung in eigenen Worten wiedergibt oder das weitere Vorgehen erläutert. Eine Kodierung ist nur dann vorzunehmen, wenn während des Monologs weder gezeichnet oder gelesen wird noch Strukturen verworfen werden. Blickt die Schülerin oder der Schüler auf die Zeichnung und sagt nur ein einziges Wort, wie z. B. „Öhm“, „Mhm“ und „Ja“, wird diese Äußerung nicht als Monolog kodiert. Die gegenwärtige Kodierung ist beizubehalten.</p>	<p> (Nora, S8C)</p>
<p>K  (braun) Off-ta<u>s</u>k-Aktivität [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einer Tätigkeit nachgeht, die nicht in Verbindung mit der Aufgabe steht. Beispiel: Eine Schülerin blickt von der Textgrundlage oder der Zeichnung auf und beobachtet eine Person, die am Fenster vorbeiläuft.</p>	<p> (Hannah, S10.2A)</p>
<p>P  (rosa) <u>P</u>unktet, schraffiert, malt aus [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Retzlaff-Fürst, 2020]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Strukturen schraffiert, punktet oder ausmalt.</p>	<p> (Mara, S7F)</p>

Tabelle A8.5 (Fortsetzung)

Kürzel, Farbcode, Tätigkeit [ggf. Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel
I  (orange) Schaut still auf die Zeichnung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler auf die eigene Zeichnung blickt, ohne dabei parallel einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Eine Kodierung dieser Kategorie ist auch dann vorzunehmen, wenn die Schülerin oder der Schüler den Blick kurzzeitig von der Zeichnung löst und „in Gedanken“ einen Punkt fixiert. Zögert ¹ die Schülerin oder der Schüler, bevor sie oder er mit dem Zeichnen beginnt, so ist das Zögern nicht Teil des Zeichnens, sondern als „Schaut still auf die Zeichnung“ zu kodieren, das dem Zeichnen vorausgeht.	 (Lisa, S8B)
U  (weiß, umrandet) Uneindeutig bzw. Sonstiges [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn sich die Tätigkeit der Schülerin oder des Schülers keiner anderen Kategorie zuordnen lässt. Beispiel 1: Eine Schülerin sucht nach einem Stift im Mäppchen. Beispiel 2: Ein Schüler spitzt den Bleistift.	 (Florian, S7E)
W  (schwarz) Verwirft Struktur [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Paris & Cross, 1983]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine bestehende Struktur verwirft, indem er oder sie die Struktur ausradert, durchstreicht oder auf eine andere Art und Weise unkenntlich macht.	 (Nora, S8C)
V  (hellgrün) (Vor-)strukturiert [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine (Vor-)Strukturierung auf dem Zeichenblatt vornimmt, indem er oder sie Hilfslinien oder eine die (Teil-)Zeichnung begrenzende Umrandung einzeichnet. In Abgrenzung dazu, stellt das Einkreisen oder Umranden eines einzelnen Begriffs keine Vorstrukturierung dar. Beispiel: Eine Schülerin umrandet eine bereits bestehende Teilzeichnung, um sie von anderen abzugrenzen.	 (Melinda, S10.2B)
Z  (mittelgrün) Zeichnet/notiert Textinformation [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine oder mehrere Textinformation(en) in der Zeichnung darstellt oder eine bereits vorhandene ergänzt. Wenn die Schülerin oder der Schüler während des Zeichnens an eine andere Stelle blickt (z. B. auf den Text) und gleichzeitig weiterzeichnet, wird das Zeichnen als dominierende Tätigkeit durchgehend kodiert, auch wenn der Blick länger als 0.5 Sekunden andauert und damit nicht mehr flüchtig ist. Wenn die Schülerin oder der Schüler nach dem Lesen der Aufgabenstellung das Blatt zunächst dreht, bevor sie oder er mit dem Zeichnen beginnt, ist das Drehen des Blatts dem Zeichnen zugehörig zu kodieren. Zögert ¹ die Schülerin oder der Schüler hingegen, so ist das Zögern nicht Teil des Zeichnens, sondern als „Schaut still auf die Zeichnung“ zu kodieren, das dem Zeichnen vorausgeht. Diese Kategorie deckt die Verwendung von Pfeilen oder Verbindungslinien, die Relationen zwischen Textinformationen explizit darstellen, nicht ab (vgl. „Explizite Relation (Pfeil)“).	 (Pablo, S10.2D)

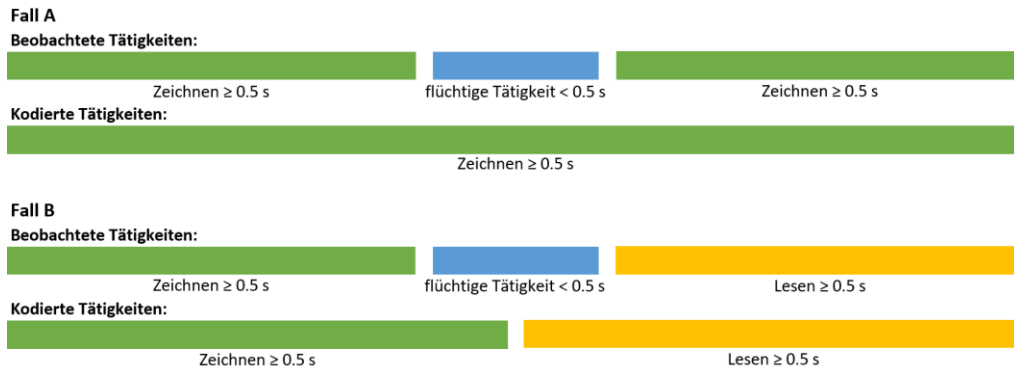
Anmerkung. ¹Zögern meint in diesem Zusammenhang eine Tätigkeit, die über das zeitliche Maß der Hinführung des Zeichenutensils zum Zeichenblatt hinausgeht.

Anhang 8.4: Kodierleitfaden/-manual für Schülertätigkeiten: Mikroskopische Zeichnungen

Der nachfolgend dargestellte Kodierleitfaden sowie das -manual lieferten den Analysierenden eine Orientierung zur Kodierung der unterschiedlichen Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen.

Kodierleitfaden

- I:** Den Rahmen der Kodierung der Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler gibt das Kodiermanual (**IX**) vor. Die darin genannten Kodierregeln und Anmerkungen bzw. Ankerbeispiele sind zu beachten.
- II:** Die Auswertungseinheit entspricht der Zeitspanne der ungekürzten Audio- und Videospur zwischen Beginn und Ende der Aufgabenstellung, die die Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung betrifft.
- Der Beginn der Tätigkeitsanalyse ergibt sich aus der ersten Tätigkeit, die in einem unmittelbaren Zusammenhang mit der Aufgabenstellung steht. Im Fall der mikroskopischen Zeichnungen startet die Tätigkeitsanalyse mit dem initialen Lesen des Einführungstexts oder der Aufgabenstellung.
 - Die Tätigkeitsanalyse endet, sobald eine Schülerin oder ein Schüler signalisiert, dass sie oder er mit der Aufgabenstellung fertig ist. Das Signal (z. B. verbale Äußerung) wird nicht mehr kodiert, außer die Schülerin oder der Schüler endet mit einem die Aufgabe betreffenden Monolog, der deutlich macht, dass sie oder er sich noch mit der Zeichnung oder dem Material beschäftigt (z. B. „So ich glaube, ich habe so langsam alles. Ich gucke noch einmal drüber.“, Laura, S7A, b3).
- III:** Die systembedingt kleinste Kodiereinheit (kleinste Analyseeinheit) stellt in MAXQDA 2018 (Version 18.2.5) 0.1 Sekunden dar. Tätigkeiten sind jedoch erst ab einer Länge von 0.5 Sekunden zu kodieren. Tätigkeiten, die sich über einen Zeitraum von weniger als 0.5 Sekunden erstrecken, werden nicht als eigenständige Tätigkeiten kodiert. Mit diesen wird, wie nachfolgend dargestellt, verfahren:



- IV:** Die Kontexteinheit (größte Analyseeinheit) variiert zwischen den Teilnehmenden und kann mehrere Minuten umfassen. So liest beispielsweise Mara (S7F) den Einführungstext und die Aufgabenstellung für 123 Sekunden ($Liest_{MZ}$).
- V:** Trifft der/die Analysierende bei der Sichtung der Auswertungseinheiten, d. h. beim Materialdurchlauf, auf Tätigkeiten, die nicht durch die deduktiv gebildeten Kategorien abgedeckt sind, werden diese als induktive Kategorie hinzugefügt und als solche gekennzeichnet. Ebenso ist eine Kodierregel aufzustellen, die die trennscharfe Abgrenzung zu anderen Kategorien erlaubt sowie ein Ankerbeispiel auszuwählen.
- VI:** Mehrfachkodierungen sowie Überschneidungen von Kodierungen sind nicht zulässig. Um Farbkodierungen nebeneinander darzustellen, müssen die Kodierungen systembedingt eine, manchmal zwei Einheiten auseinanderliegen. Eine lückenlose Kodierung ist anzustreben, d. h. zwischen unterschiedlichen Tätigkeiten sollte der maximale Abstand softwarebedingt 0.2 Sekunden oder kleiner sein.
- VII:** Ist der/die Analysierende bei einer Zuordnung unsicher, so ist ein Memo anzulegen. Das Memo stellt die Grundlage für den Aushandlungsprozess zwischen den Analysierenden dar. Abweichungen, die auf Missverständnisse zurückgehen, sowie Unklarheiten bzgl. des Kodierleitfadens oder des -manuals sind im Zuge des Aushandlungsprozess zu beseitigen.
- VIII:** Die Gesamtanzahl der Materialdurchläufe ergibt sich für die Analysierenden jeweils aus der Anzahl der Materialdurchläufe, die zur Kodierung neuer Tätigkeiten oder der Korrektur bestehender Kodierungen führen, plus eins: Die letzte Kodierschleife einer jeden Kodiererin bzw. eines jeden Kodierers entspricht dem finalen Schritt der iterativen Analyse, bei der keine neuen Tätigkeiten mehr hinzukommen und keine Änderungen am bestehenden Kategoriensystem mehr notwendig sind.

IX: Kodiermanual | Tabelle A8.6

Kürzel, Farbcode, Tätigkeit [ggf. Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel
<p>S  (hellgrau) Austausch mit <u>S</u>chülerin oder Schüler [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn der Versuchsleiter die Schülerin oder den Schüler anspricht oder auf andere Weise einen Austausch initiiert, der dazu führt, dass sie oder er die aktuelle Tätigkeit unterbricht. Eine Kodierung erfolgt <i>nicht</i>, wenn die Schülerin oder der Schüler die gegenwärtige Tätigkeit, beispielsweise das Zeichnen, nicht unterbricht, während sie oder er angesprochen wird. Diese Einschränkung gilt nicht für die Tätigkeit „Liest“.</p>	<p> (Nathalie, S7C)</p>
<p>E  (dunkelgrau) Austausch mit <u>V</u>ersuchsleiter [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Palinscar & Brown, 1984]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einen Austausch mit dem Versuchsleiter initiiert, beispielsweise durch das Stellen einer Frage.</p>	<p> (Victoria, S10.2C)</p>
<p>L  (gelb) <u>L</u>iest [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler auf den Einführungstext, die Aufgabenstellung oder auf den Bildausschnitt auf dem Arbeitsblatt blickt.</p>	<p> (Carolin, S10.1C)</p>
<p>M  (mittelblau) <u>M</u>ikroskopiert [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scherb & Wolowski, 2020]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler mit dem Mikroskop arbeitet bzw. durch das Mikroskop blickt. Blickt die Schülerin oder der Schüler durch das Mikroskop und zeichnet zeitgleich, stellt Zeichnen die dominierende Tätigkeit dar. Die Kodierung von „Mikroskopiert“ entfällt in dieser Situation.</p>	<p> (Nora, S8C)</p>
<p>O  (rot) <u>M</u>onolog [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Paris & Cross, 1983]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Textinhalte aus dem Einführungstext oder der Aufgabenstellung in eigenen Worten wiedergibt oder das weitere Vorgehen erläutert. Eine Kodierung ist nur vorzunehmen, wenn während des Monologs weder gezeichnet, gelesen oder mikroskopiert wird noch Strukturen verworfen werden. Blickt die Schülerin oder der Schüler auf die Zeichnung und sagt nur ein einziges Wort, wie z. B. „Öhm“, „Mhm“ und „Ja“, wird diese Äußerung nicht als Monolog kodiert. Die gegenwärtige Kodierung ist beizubehalten.</p>	<p> (Klara, S10.1A)</p>
<p>K  (braun) Off-task-Aktivität [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler einer Tätigkeit nachgeht, die nicht in Verbindung mit der Aufgabe steht. Beispiel: Eine Schülerin hebt den Blick von der Textgrundlage und beobachtet eine Person, die am Fenster vorbeiläuft.</p>	<p> (Isabelle, S7B)</p>
<p>P  (rosa) <u>P</u>unktet, schraffiert, malt aus [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Retzlaff-Fürst, 2020]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler Strukturen schraffiert, punktet oder ausmalt. Punkte zählen nicht als redundante Struktur.</p>	<p> (Lisa, S8B)</p>
<p>R  (lila) Zeichnet <u>r</u>edundante Struktur [induktive Kategorie]</p>	<p>Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine Struktur zeichnet, die auf ähnliche Weise mehr als zehnmal in der Zeichnung dargestellt wird. Die Kodierung findet erst ab Beginn der elften Darstellung der Struktur statt. Das Einzeichnen von Punkten zählt nicht als redundante Struktur. Beispiel: Eine Schülerin zeichnet mehr als 30 Chloroplasten ein. Die Kodierung erfolgt erst, nachdem der zehnte Chloroplast dargestellt wurde.</p>	<p> (Nathalie, S7C)</p>

Tabelle A8.6 (Fortsetzung)

Kürzel, Farbcode, Tätigkeit [ggf. Literaturreferenz]	Kodierregel	Ankerbeispiel
I  (orange) Schaut still auf die Zeichnung [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Scott & Dreher, 2016]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler auf die eigene Zeichnung blickt, ohne dabei parallel einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Eine Kodierung dieser Kategorie ist auch dann vorzunehmen, wenn die Schülerin oder der Schüler den Blick kurzzeitig von der Zeichnung löst und „in Gedanken“ einen Punkt fixiert. Zögert ¹ die Schülerin oder der Schüler, bevor sie oder er mit dem Zeichnen beginnt, so ist das Zögern nicht Teil des Zeichnens, sondern als „Schaut still auf die Zeichnung“ zu kodieren, das dem Zeichnen vorausgeht.	 (Leah, S10.1D)
T  (hellblau) Technische Einführung [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler bereits mit der Aufgabenstellung begonnen hat und die technische Einführung als Einschub erfolgt (z. B. nach dem Lesen des Einführungstexts, aber vor Beginn des Zeichnens).	 (Nathalie, S7C)
U  (weiß, umrandet) Uneindeutig bzw. Sonstiges [induktive Kategorie]	Eine Kodierung erfolgt, wenn sich die Tätigkeit der Schülerin oder des Schülers keiner anderen Kategorie zuordnen lässt. Beispiel 1: Eine Schülerin sucht nach einem Stift im Mäppchen. Beispiel 2: Ein Schüler spitzt den Bleistift.	 (Isabelle, S7B)
W  (schwarz) Verwirft Struktur [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Paris & Cross, 1983]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine bestehende Struktur verwirft, indem er oder sie die Struktur ausradiert, durchstreicht oder auf eine andere Art und Weise unkenntlich macht.	 (Florian, S7E)
V  (hellgrün) (Vor-)strukturiert [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Wanner, 2004]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine (Vor-)Strukturierung auf dem Zeichenblatt vornimmt, indem er oder sie Hilfslinien oder eine die (Teil-)Zeichnung begrenzende Umrandung einzeichnet.	 (Hannah, S10.2A)
Z  (mittelgrün) Zeichnet Struktur [deduktive Kategorie, vgl. z. B. Spörhase, 2010]	Eine Kodierung erfolgt, wenn die Schülerin oder der Schüler eine Struktur zeichnet oder eine bereits vorhandene ergänzt. In Fällen, in denen die Beschriftung bereits während der ersten Aufgabenstellung erfolgt, ist das Anlegen der Beschriftung ebenfalls zu kodieren. Wenn die Schülerin oder der Schüler während des Zeichnens an eine andere Stelle blickt (z. B. durch das Mikroskop) und gleichzeitig weiterzeichnet, wird das Zeichnen als dominierende Tätigkeit durchgehend kodiert, auch wenn der Blick länger als 0.5 Sekunden andauert und damit nicht mehr flüchtig ist. Wenn die Schülerin oder der Schüler nach dem Mikroskopieren das Blatt zunächst dreht, bevor sie oder er mit dem Zeichnen beginnt, ist das Drehen des Blatts dem Zeichnen zugehörig zu kodieren. Zögert ¹ die Schülerin oder der Schüler hingegen, so ist das Zögern nicht Teil des Zeichnens, sondern als „Schaut still auf die Zeichnung“ zu kodieren, das dem Zeichnen vorausgeht.	 (Mara, S7F)

Anmerkung. ¹ Zögern meint in diesem Zusammenhang eine Tätigkeit, die über das zeitliche Maß der Hinführung des Zeichenutensils zum Zeichenblatt hinausgeht.

Anhang 8.5: Ausführliche Darstellung der Visualisierung der Prozessstruktur

Nachfolgend wird die Visualisierung der Prozessstruktur, die in Unterkapitel 7.13.6 zusammenfassend dargestellt wurde, ausführlicher erläutert: Zunächst wurde die Anzahl und Art der Tätigkeitswechsel für die Konstruktion aller 21 Ablaufdiagramme und 21 mikroskopischen Zeichnungen ausgezählt (Anhang 9.6, Anhang 9.7). Die Auszählung erfolgt auf Grundlage der bereits visualisierten Tätigkeitsabfolgen (7.13.4; Anhang 7). Die Anzahl der Tätigkeitswechsel entspricht der Anzahl ausgeführter Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{MZ}$ bzw. $AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$) minus eins. Die Linienstärke zwischen Tätigkeiten ergibt sich wie in Tabelle A8.7 dargestellt. Die Linienstärke 1pt stellte sich als geeigneter Startwert für die Print-Version heraus. Die Linienstärke wurde in Abhängigkeit von der Summe der Tätigkeitswechsel in beide Richtungen bestimmt: Beispielsweise wechselte Jonas 56-mal von der Tätigkeit des Mikroskopierens zu der des Zeichnens sowie 53-mal von der des Zeichnens zu der des Mikroskopierens. Hieraus ergeben sich 109 Wechsel zwischen beiden Tätigkeiten (Abb. A8.1). Die zu wählende Linienstärke betrug daher 19pt (Tab. A8.7). Zusätzlich symbolisieren die auf den Linien verankerten Pfeilspitzen sowie die unmittelbar daneben positionierten numerischen Angaben die Richtung und die Anzahl an Wechsel (Abb. A8.1, Abb. A8.2).

Tabelle A8.7 Referenzwerte für die Bestimmung der Linienstärke zwischen Tätigkeiten

Anzahl der Tätigkeitswechsel	Linienstärke (pt)	Anzahl der Tätigkeitswechsel (Fortsetzung)	Linienstärke (pt) (Fortsetzung)	Anzahl der Tätigkeitswechsel (Fortsetzung)	Linienstärke (pt) (Fortsetzung)
1-3	1	40-42	7.5	79-81	14
4-6	1.5	43-45	8	82-84	14.5
7-9	2	46-48	8.5	85-87	15
10-12	2.5	49-51	9	88-90	15.5
13-15	3	52-54	9.5	91-93	16
16-18	3.5	55-57	10	94-96	16.5
19-21	4	58-60	10.5	97-99	17
22-24	4.5	61-63	11	100-102	17.5
25-27	5	64-66	11.5	103-105	18
28-30	5.5	67-69	12	106-108	18.5
31-33	6	70-72	12.5	109-112	19
34-36	6.5	73-75	13	-	-
37-39	7	76-78	13.5	-	-

Die Dauer der ausgeübten Tätigkeiten wird zum vereinfachten Ablesen in Form von Quadraten repräsentiert (Abb. A8.1, Abb. A8.2). Die jeweiligen Kantenlängen der Quadrate

ergeben sich aus der zeitlichen Dauer (T) der Bezugsvariable (z. B. $T_{Austausch_SAD}$). Die Division durch 20 stellte sich als geeignete Reduktion der Größe der Quadrate heraus (vgl. Formel). Tätigkeiten, die im Zeichenprozess nicht ausgeübt wurden, lassen sich an der Abwesenheit von Quadraten, Verbindungslinien oder Werten erkennen (z. B. „Technische Einführung in Abb. A8.1). Ergänzend wurde neben den Tätigkeiten die Dauer und der prozentuale Anteil dieser am Konstruktionsprozesses angegeben.

$$\text{Kantenlänge des Quadrats} = \sqrt{\frac{T_Variable_{AD}}{20}} \text{ bzw. } \sqrt{\frac{T_Variable_{MZ}}{20}}$$

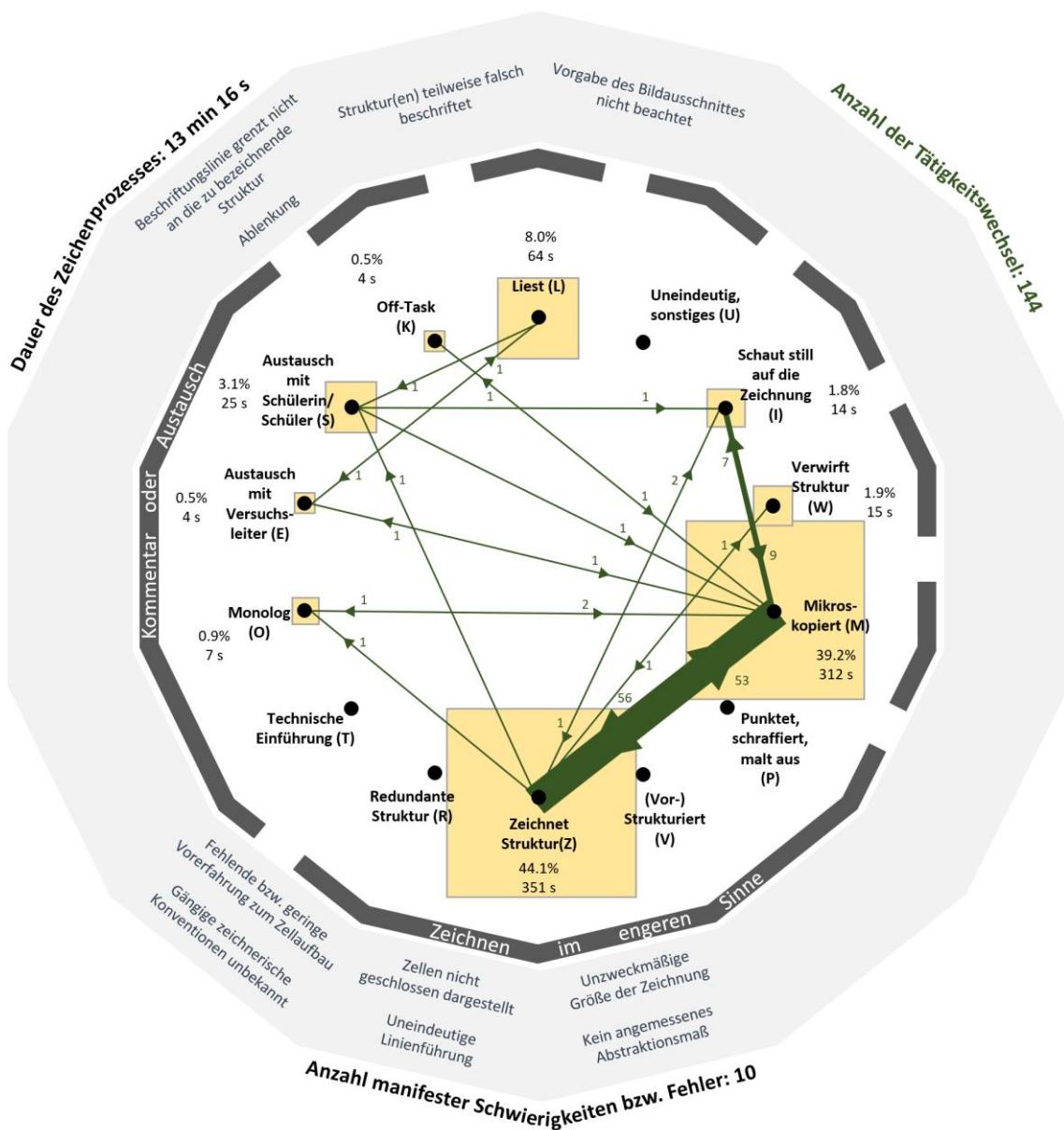


Abbildung A8.1 Zusammenfassende Darstellung der Tätigkeitswechsel und Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Jonas (S7D)

Anhang 9: Test- und phasenbezogene Auswertungen

In den nachfolgenden Anhängen 9.1 bis 9.11 werden die aggregierten Daten zu den Auswertungsteilschritten tabellarisch dargestellt. Die Auswertungen setzen einerseits test- oder phasenbezogene (vgl. Untersuchungsphasen in 5.9.1, 5.9.2) Schwerpunkte. Die hier gezeigten Daten stellen neben den Transkripten die Grundlage für die Generierung der Schülerprofile und der Fallbeschreibungen dar.

Anhang 9.1: Dauer der Untersuchungsphasen

Einen Überblick über das Untersuchungsdesign gab Unterkapitel 5.9. Tabelle A9.1 zeigt die Dauer der einzelnen Untersuchungsphasen sowie die durchschnittliche Dauer dieser.

Tabelle A9.1 Dauer der Phasen der Studie (5.9.1) in min:s dargestellt

Schülerin/Schüler/ Kontext	B1 Interviewfragen	B2 Zeichnen-Test	C Warm-up zum lauten Denken	D – Ablaufdiagramm				E – Mikroskopische Zeichnung				Alle Phasen
				D1 Bearbeitung der Aufgaben	D2 Verständnisfragen	D3.1 Selbsteinschätzung	D3.2 Mündliche Reflexionsfragen	E1 Bearbeitung der Aufgabe	E2 Verständnisfragen	E3.1 Selbsteinschätzung	E3.2 Mündliche Reflexionsfragen	
S7A	03:57	03:52	04:38	12:43	05:23	01:25	06:08	18:50	03:10	01:00	05:02	61:08
S7B	01:26	01:40	01:57	10:24	01:30	01:43	04:23	14:39	01:27	00:56	01:57	42:02
S7C	02:40	02:48	02:40	10:34	01:34	00:48	02:38	11:19	00:39	00:44	01:18	37:42
S7D	01:58	04:30	03:47	07:11	02:53	00:58	03:29	16:59	01:32	01:23	01:48	46:28
S7E	02:18	01:08	02:39	22:41	02:22	01:27	03:30	12:35	01:34	01:05	02:10	53:29
S7F	03:03	03:00	01:45	36:25	01:25	01:28	03:06	09:43	00:42	01:55	01:31	64:03
Kontext 7 M	02:34	02:50	02:54	16:40	02:31	01:18	03:52	14:01	01:31	01:11	02:18	51:39
Kontext 7 SD	00:48	01:10	01:01	10:04	01:23	00:19	01:08	03:10	00:50	00:23	01:15	10:39
S8A	02:33	01:43	03:10	12:20	01:50	00:47	02:43	11:51	01:15	01:12	02:30	41:54
S8B	03:49	04:14	02:59	20:22	01:53	00:32	04:04	10:10	00:56	01:17	01:22	51:38
S8C	04:22	05:51	03:43	21:48	03:42	01:39	03:21	19:10	01:23	00:51	02:18	68:08
S8D	04:02	03:31	02:21	09:22	02:02	00:55	02:40	08:55	00:41	00:57	01:51	37:17
S8E	05:01	03:29	02:48	11:08	02:58	01:11	04:20	10:48	01:04	00:53	01:56	45:36
S8F	02:23	01:31	02:27	12:56	01:36	01:01	03:59	09:07	01:17	01:20	01:40	39:17
S8G	02:50	01:39	02:11	13:48	01:39	01:09	03:19	10:56	00:40	00:49	01:38	40:38
Kontext 8 M	03:34	03:08	02:48	14:32	02:14	01:02	03:29	11:34	01:02	01:03	01:54	46:21
Kontext 8 SD	00:56	01:30	00:30	04:22	00:44	00:20	00:37	03:15	00:16	00:12	00:22	09:55
S10.1A	05:00	03:08	02:40	21:27	01:55	01:13	03:45	08:12	01:33	00:43	02:17	51:53
S10.1B	05:48	05:44	02:33	14:49	01:38	01:14	03:06	05:05	01:10	01:07	02:39	44:53
S10.1C	03:42	02:15	02:20	13:04	01:24	00:49	03:19	06:28	00:41	00:48	01:24	36:14
S10.1D	04:45	04:17	04:33	20:55	01:56	00:53	06:51	09:50	01:42	01:21	02:33	59:36
Kontext 10.1 M	04:49	03:51	03:02	17:34	01:43	01:02	04:15	07:24	01:17	01:00	02:13	48:09
Kontext 10.1 SD	00:45	01:18	00:53	03:41	00:13	00:11	01:31	01:47	00:24	00:15	00:30	08:38
S10.2A	02:54	04:09	02:07	10:25	02:04	01:25	03:36	10:30	01:10	00:44	02:26	41:30
S10.2B	03:13	04:14	04:11	13:34	01:49	00:58	04:16	09:20	01:11	00:39	03:10	46:35
S10.2C	03:08	04:42	01:55	25:01	00:20	02:14	03:10	12:31	02:26	01:45	01:46	58:58
S10.2D	03:48	03:36	03:08	09:49	03:06	00:42	04:23	10:03	01:22	00:47	01:14	41:58
Kontext 10.2 M	03:16	04:10	02:50	14:42	01:50	01:20	03:51	10:36	01:32	00:59	02:09	47:15
Kontext 10.2 SD	00:20	00:23	00:54	06:07	00:59	00:35	00:30	01:11	00:31	00:27	00:44	07:03
Alle Kontexte M	03:28	03:23	02:53	15:45	02:09	01:10	03:49	11:17	01:19	01:04	02:07	48:23
Alle Kontexte SD	01:05	01:20	00:50	06:50	01:01	00:24	01:02	03:31	00:36	00:20	00:49	09:40

Anmerkung. Die Phasen A1 (Begrüßung, Vorstellung) und A2 (LGVT mit definierter Testdauer) sind hier nicht dargestellt.

Anhang 9.2: Auswertung des LGVT

Die Auswertung des LGVT wurde gemäß Schneider et al. (2007) vollzogen. Die angegebenen PR-Werte für das Leseverständnis und die Lesegeschwindigkeit wurden durch den Abgleich mit den Referenzwerten der Auswertungstabellen ermittelt (Tab. A9.2).

Tabelle A9.2 Ergebnisse des Lesegeschwindigkeits- und -verständnistests (5.4)

Schülerin/Schüler/Klasse	Leseverständnis			Lesegeschwindigkeit		
	Summe Begriffe	PR-Wert	Leistung ^a	Summe Wörter	PR-Wert	Leistung ^a
S7A	10	38	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	885	90	überdurchschnittliche Leistung
S7B	10	38	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	688	59	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S7C	14	71	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)	815	82	überdurchschnittliche Leistung
S7D	9	30	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	725	66	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S7E	2	2	sehr schwache Leistung	362	6	schwache Leistung
S7F	5	8	schwache Leistung	267	2	sehr schwache Leistung
Klasse 7 <i>M</i>	-	31.2	-	-	50.8	-
Klasse 7 <i>SD</i>	-	22.6	-	-	34.6	-
S8A	9	20	unterdurchschnittliche Leistung	614	35	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)
S8B	10	26	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	734	58	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S8C	6	7	schwache Leistung	428	10	schwache Leistung
S8D	14	58	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)	815	73	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S8E	7	10	schwache Leistung	705	52	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S8F	0	1	sehr schwache Leistung	532	21	unterdurchschnittliche Leistung
S8G	9	20	unterdurchschnittliche Leistung	507	18	unterdurchschnittliche Leistung
Klasse 8 <i>M</i>	-	20.3	-	-	38.1	-
Klasse 8 <i>SD</i>	-	17.4	-	-	21.7	-
S10.1A	12	34	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	507	15	unterdurchschnittliche Leistung
S10.1B	12	34	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	742	51	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S10.1C	12	34	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	722	47	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)
S10.1D	9	15	unterdurchschnittliche Leistung	507	15	unterdurchschnittliche Leistung
S10.2A	18	79	überdurchschnittliche Leistung	719	47	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)
S10.2B	13	41	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)	827	66	durchschnittliche Leistung (oberer Durchschnitt)
S10.2C	5	3	sehr schwache Leistung	594	26	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)
S10.2D	10	20	unterdurchschnittliche Leistung	614	29	durchschnittliche Leistung (unterer Durchschnitt)
Klasse 10 <i>M</i>	-	32.5	-	-	37.0	-
Klasse 10 <i>SD</i>	-	21.1	-	-	17.3	-

^a Die Leistungseinschätzung erfolgt gemäß Schneider et al. (2007, S. 20)

Anhang 9.3: Vorerfahrungen mit dem Kontext und mit Ablaufdiagrammen

Die Antworten der Schülerinnen und Schüler auf die Fragen der Vorerfahrung zum Kontext (Phase B1, 5.9.1) wurden mit dem Erwartungshorizont des jeweiligen Ablaufdiagramms (Anhang 1) verglichen. Tabelle A9.3 nennt die Anzahl der in den Schülerantworten identifizierten Informationen, die bei der Konstruktion der Ablaufdiagrammen eine Rolle spielen konnten. Je größer die Zahl, desto mehr Vorerfahrung zum Kontext brachten die Teilnehmenden mit. Zusätzlich wird die nach Abschluss der Anfertigung des Ablaufdiagramms berichtete Erfahrung im Umgang mit dem gezeichneten Repräsentationstyp angeführt.

Tabelle A9.3 Quantifizierte Auswertung zur Vorerfahrung (Vor_AD_1, 2, 1a-3) und bisherige Erfahrungen im Umgang mit Ablaufdiagrammen wie im Interview berichtet (mRef_AD_8a, b)

Schülerin/ Schüler/ Kontext	Genannte relevante Informatio- nen			Bisherige Erfahrung
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
S7A	3	-	-	„Ablaufdiagramme, hm, also Flussdiagramme ja. Das haben wir mal in Erdkunde gemacht. [...] In Erdkunde letztes Jahr haben wir es ganz oft gemacht. In Bio eher weniger. [...] Ich weiß nicht, ob man das auch so nennen kann, aber wir hatten die Entstehung von Lebewesen mit Pfeilen gemacht.“
S7B	0	-	-	-
S7C	0	-	-	-
S7D	2	-	-	„Einmal. [...] Den Wasserkreislauf.“
S7E	1	-	-	„Wir haben sowas schon ein paar Mal gemacht, aber dann haben wir eher auch mal eine Mindmap gemacht und dann haben wir die in der Reihenfolge mit Nummern beschriftet, aber wir haben es auch schon in Tabellen gemacht.“
S7F	1	-	-	-
Kontext 7	-	1.2	1.1	-
S8A	1	-	-	„Ein- oder zweimal glaube ich.“ [...] „Beim Herz, das andere weiß ich nicht mehr.“
S8B	6	-	-	„In Biologie eigentlich schon sehr häufig. Eigentlich machen wir sowas fast jede Stunde, also irgendwelche Bilder zeichnen mit Pfeilen. Wir machen das aber auch in anderen Fächern mit irgendwelchen komischen Bildern zeichnen. [E: Also verknüpft ihr dann eher die Begriffe mit Pfeilen oder eher Teilzeichnungen?] Das auch. Aber auch das Gezeichnete. Beides eigentlich.“
S8C	1	-	-	„In Biologie bislang nicht so oft, eigentlich haben wir immer Bilder gehabt oder unsere Lehrerin hat uns etwas gesagt und wir mussten es dann zeichnen, aber beim Mikroskopieren halt nur.“
S8D	2	-	-	„In Biologie nicht. [...] In anderen Fächern auch nicht.“
S8E	6	-	-	„Einmal. [...] Ich glaube, das, was ich eben gezeichnet habe, also nicht der Kohlenstoffkreislauf, aber der Zusammenhang zwischen Primärproduzenten und Konsumenten.“
S8F	0	-	-	„Sehr wenig. [...] [E: Hast du sowas schon einmal in anderen Fächern erstellt?] [...] Ja.“
S8G	0	-	-	„Schon öfter. In der aktuellen Klasse nicht so oft. [...] Vor zwei Jahren in Nawi über ein Thema. Aber sonst fällt mir gerade nicht ein, in welchem Fach wir das noch hatten.“
Kontext 8	-	2.3	2.4	-

Tabelle A9.3 (Fortsetzung)

Schülerin/ Schüler/ Kontext	Genannte relevante Informatio- nen			Bisherige Erfahrung
	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	
S10.1A	2	-	-	„Pfeildiagramm, Fließdiagramm, ja. Ich mache das eigentlich ziemlich oft. Wenn man Stichpunkte schreiben darf, mache ich das eigentlich so gut wie immer.“ [...] „Ja, da hatten wir die Bestandteile des Bluts [...] und beim Wundverschluss haben wir das auch benutzt.“
S10.1B	1	-	-	„In Biologie, dieses Halbjahr jetzt wieder, zweimal mindestens. Und wenn man es einmal macht, bekommt man schnell den Bogen raus und dann ist es auch leicht. [...] Beim Wundverschluss. Das andere ist mir gerade entfallen.“
S10.1C	2	-	-	„Ziemlich oft eigentlich in Biologie und Physik. [...] In Biologie hatten wir den Wundverschluss, zur Nahrungskette, also zur Nahrungsaufnahme auch etwas. In Physik war es ein Energieflussdiagramm.“
S10.1D	2	-	-	„Es wurde nicht so oft von uns verlangt. Manchmal bekommt man zwar Seiten auf, die man lesen soll, aber dann nochmal das Wichtigste rauszuschreiben, wird uns dann überlassen.“
Kontext 10.1	-	1.8	0.4	-
S10.2A	0	-	-	„Ein paarmal haben wir das schon gemacht. [...] Ich glaube, das haben wir auf jeden Fall bei Fotosynthese gemacht. Da auf jeden Fall. Und wir hatten das beim Wundverschluss gemacht.“
S10.2B	0	-	-	„Oft. Zum Beispiel hatten wir gerade das Immunsystem und da machen wir auch die Abfolge, wenn ein Virus oder Bakterium in den Körper eindringt, auch mit Pfeilen und Bildern. [...] Sonst fällt mir spontan kein Thema ein, weil wir hatten ja seit einem Jahr kein Bio mehr.“
S10.2C	1	-	-	-
S10.2D	2	-	-	„Ein paarmal. Was wir machen, sind meistens Mindmaps. [...] Dieses Prinzip hier kann man schlecht mit einer Mindmap darstellen, finde ich. Eine Darstellungsweise wie diese bisher nur bei der negativen Rückkopplung im Zusammenhang mit der hormonellen Regulation des Testosterons. In anderen Fächern, wie zum Beispiel Erdkunde, haben wir es schon häufiger gemacht.“ An anderer Stelle berichtete der Schüler auf die Frage „Hattest du die hormonelle Regulation schon einmal im Unterricht?“ das Folgende: „Ja, wir hatten das am Beispiel von Testosteron und nicht bei der Schilddrüse gemacht. Deswegen meinte ich vorhin auch, dass ich das mit der negativen Rückkopplung schon hatte, konnte es allerdings nicht erklären. [...]“
Kontext 10.2	-	0.8	0.8	-

Anhang 9.4: Beurteilung der Zeichnungen des Zeichnen-Tests

Der Auswertung des Zeichnen-Tests lagen neun Beurteilungskriterien zu Grunde (7.4.2, 7.5.2). Neun Kriterien und 21 Schülerinnen und Schüler führten zu 189 zu beurteilenden Situationen (Tab. A9.4). Bei der kriterialen Beurteilung der gezeichneten pflanzlichen Zellen gab es fünf Abweichungen. Die prozentuale Übereinstimmung zwischen Erst- und Zweitbeurteilerin bzw. -beurteiler beträgt 97.4%.

Tabelle A9.4 Kriteriale Beurteilung der im Zuge des Zeichnen-Tests dargestellten pflanzlichen Zellen

Schülerin/Schüler/ Klasse	Abstraktionsgrad	Beschriftung und Be- schriftungslinien	Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	Keine Schraffur, Punk- ten oder Ausmalen	Linienführung	Objektive Darstellung	Sauberkeit	Verwendung von Blei- stift	Vollständigkeit der Strukturen	Gesamtpunkte			
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>
S7A	0	0	3	4	0	0	0	4	1	12	33.3	-	-
S7B	2	0	2	4	2	2	1	2	2	17	47.2	-	-
S7C	1	2	4	3	2	0	4	4	1	21	58.3	-	-
S7D	0	1	0	4	1	0	1	4	0	11	30.6	-	-
S7E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S7F	2	1	4	4	1	2 ^a	1	4	2	21	58.3	-	-
Klasse 7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	45.5	11.8
S8A	1	0	3	4	2	2	1	4	2	19	52.8	-	-
S8B	2	2	3	4	2	3 ^a	1	4	3	24	66.7	-	-
S8C	2	3	2	4	1	2 ^a	1	4	4	23	63.9	-	-
S8D	2	2	3	4	2	4	3	4	4	28	77.8	-	-
S8E	2	3	4	3	3	2	2	4	2	25	69.4	-	-
S8F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S8G	1	0	3	4	1	1	0	4	2	16	44.4	-	-
Klasse 8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	62.5	11.0
S10.1A	2	1	3	4	2	3	2	4	2	23	63.9	-	-
S10.1B	0	1	4	4	1	0	1	4	2	17	47.2	-	-
S10.1C	1	3	1	4	3	1	2	2	2	19	52.8	-	-
S10.1D	2	0	3	4	2	2	1	4	3	21	58.3	-	-
S10.2A	3 ^a	3	3 ^a	4	2	4	2	4	2	27	75.0	-	-
S10.2B	3	1	3	4	2	4	1	4	4	26	72.2	-	-
S10.2C	1	2	3	4	1	1	1	4	3	20	55.6	-	-
S10.2D	3	2	2	4	1	2	2	2	4	22	61.1	-	-
Klasse 10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	60.8	8.8

Anmerkung. Die Ausprägungen 0 (gar nicht), 1 (in Ansätzen), 2 (teilweise), 3 (mehrheitlich), 4 (vollständig) geben an, inwieweit das jeweilige Kriterium erfüllt wurde.

^a Abweichung zum Zweitbeurteiler um eine Abstufung der Ausprägung.

Bei der kriterialen Beurteilung der gezeichneten tierischen Zellen gab es sechs Abweichungen (Tab. A9.5). Die prozentuale Übereinstimmung zwischen Erst- und Zweitbeurteilerin bzw. -beurteiler beträgt 96.8%.

Tabelle A9.5 Kriteriale Beurteilung der im Zuge des Zeichnen-Tests dargestellten tierischen Zellen

Schülerin/Schüler/ Klasse	Abstraktionsgrad	Beschriftung und Beschriftungslinien	Blatteilung und Größe der Zeichnung	Keine Schraffur, Punkten oder Ausmalen	Linienführung	Objektive Darstellung	Sauberkeit	Verwendung von Bleistift	Vollständigkeit der Strukturen	Gesamtpunkte			
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>
S7A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S7B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S7C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S7D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S7E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S7F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
Klasse 7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	0	0
S8A	1	0	3	4	1	1	2	4	4	20	55.6	-	-
S8B	3	1	3	4	3	2	2	4	4	26	72.2	-	-
S8C	1	1	2	4	2	1 ^a	1	4	1 ^a	17	47.2	-	-
S8D	2	1	1	4	2	1	2	4	4	21	58.3	-	-
S8E	2	1	4	3	3	2	2	4	4	25	69.4	-	-
S8F	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S8G	0	0	1	4	1	1	1	4	3 ^a	15	41.7	-	-
Klasse 8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	57.4	10.9
S10.1A	3	1	2	4	2	2	2	4	4	24	66.7	-	-
S10.1B	1	1	2	3	2	1	1	4	2 ^a	17	47.2	-	-
S10.1C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-
S10.1D	1	0	3	2	2	1	1 ^a	4	4	18	50.0	-	-
S10.2A	3	1	2	4	3	2	1	4	4	24	66.7	-	-
S10.2B	1	1	3	4	1	2	1	4	1 ^a	18	50.0	-	-
S10.2C	1	2	2	4	2	2	1	4	0	18	50.0	-	-
S10.2D	1	1	1	4	2	1	1	2	4	17	47.2	-	-
Klasse 10	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	54.0	8.1

Anmerkung. Die Ausprägungen 0 (gar nicht), 1 (in Ansätzen), 2 (teilweise), 3 (mehrheitlich), 4 (vollständig) geben an, inwieweit das jeweilige Kriterium erfüllt wurde.

^a Abweichung zum Zweitbeurteiler um eine Abstufung der Ausprägung.

Im Folgenden werden die ermittelten Werte der Intercoder-Übereinstimmung in Bezug zur kriterialen Beurteilung der Zeichnungen pflanzlicher (Tab. A9.6) und tierischer Zellen (Tab. A9.7) dargestellt. Erläuterungen hierzu finden sich in den Unterkapiteln 8.2 und 8.4.

Tabelle A9.6 Intercoder-Übereinstimmung zur kriterialen Beurteilungen der im Zuge des Zeichnen-Tests dargestellten pflanzlichen Zellen (vgl. Tab. A9.4)

Beurteilungskriterium	Übereinstimmungen	Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa gewichtet
	<i>n</i>	<i>n</i>	%	K_w
Abstraktionsgrad	20	1	95.2	0.956
Beschriftung und Beschriftungslinien	21	0	100	1
Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	20	1	95.2	0.964
Keine Schraffur, Punkten o. Ausmalen	21	0	100	1
Linienführung	21	0	100	1
Objektive Darstellung	18	3	85.7	0.904
Sauberkeit	21	0	100	1
Verwendung von Bleistift	21	0	100	1
Vollständigkeit der Strukturen	21	0	100	1
<i>M</i>	-	-	97.4	0.980

Tabelle A9.7 Intercoder-Übereinstimmung zur kriterialen Beurteilungen der im Zuge des Zeichnen-Tests dargestellten tierischen Zellen (vgl. Tab. A9.5)

Beurteilungskriterium	Übereinstimmungen	Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa gewichtet
	<i>n</i>	<i>n</i>	%	K_w
Abstraktionsgrad	21	0	100	1
Beschriftung und Beschriftungslinien	21	0	100	1
Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	21	0	100	1
Keine Schraffur, Punkten o. Ausmalen	21	0	100	1
Linienführung	21	0	100	1
Objektive Darstellung	20	1	95.2	0.947
Sauberkeit	20	1	95.2	0.945
Verwendung von Bleistift	21	0	100	1
Vollständigkeit der Strukturen	17	4	81.0	0.903
<i>M</i>	-	-	96.8	0.977

Anhang 9.5: Beurteilung der Ablaufdiagramme und der mikroskopischen Zeichnungen

Die nachfolgenden Darstellungen geben einen Überblick über die inhaltsbezogene und die kriteriale Beurteilungen der Ablaufdiagramme (Tab. A9.8, Tab. A9.9). Die Ergebnisse der kriterialen Beurteilungen der mikroskopischen Zeichnungen folgen daran anschließend (Tab. A9.10).

Tabelle A9.8 Inhaltsbezogene Beurteilungen der Ablaufdiagramme

Schülerin/ Schüler/ Kontext	Elemente				Relationen				Elemente und Relationen	
	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>	Summe	%
S7A	9	60.0	-	-	7	36.8	-	-	16	47.1
S7B	7	46.7	-	-	5	26.3	-	-	12	35.3
S7C	4	26.7	-	-	3	15.8	-	-	7	20.6
S7D	4	26.7	-	-	3	15.8	-	-	7	20.6
S7E	15	100	-	-	18	94.7	-	-	33	97.1
S7F	6	40.0	-	-	5	26.3	-	-	11	32.4
Kontext 7	15	100	50.0	25.2	19	100	36.0	27.2	34	100
S8A	4	50.0	-	-	4	40.0	-	-	8	44.4
S8B	4	50.0	-	-	3	30.0	-	-	7	38.9
S8C	8	100	-	-	7	70.0	-	-	15	83.3
S8D	5	62.5	-	-	5	50.0	-	-	10	55.6
S8E	5	62.5	-	-	6	60.0	-	-	11	61.1
S8F	5	62.5	-	-	4	40.0	-	-	9	50.0
S8G	3	37.5	-	-	3	30.0	-	-	6	33.3
Kontext 8	8	100	60.7	18.2	10	100	45.7	14.0	18	100
S10.1A	15	93.8	-	-	14	93.3	-	-	29	93.5
S10.1B	13	81.3	-	-	12	80.0	-	-	25	80.6
S10.1C	11	68.8	-	-	9	60.0	-	-	20	64.5
S10.1D	12	75.0	-	-	11	73.3	-	-	23	74.2
Kontext 10.1	16	100	79.7	9.3	15	100	76.7	12.0	31	100
S10.2A	9	60.0	-	-	6	60.0	-	-	15	60.0
S10.2B	11	73.3	-	-	8	80.0	-	-	19	76.0
S10.2C	14	93.3	-	-	9	90.0	-	-	23	92.0
S10.2D	9	60.0	-	-	7	70.0	-	-	16	64.0
Kontext 10.2	15	100	71.7	13.6	10	100	75.0	11.2	25	100

Bei der kriterialen Beurteilung der gezeichneten Ablaufdiagramme resultierten aus sechs Beurteilungskriterien und 21 Schülerinnen und Schülern 126 zu beurteilende Situationen (Tab. A9.9). Es traten zehn Abweichungen zwischen Erst- und Zweitbeurteilerin bzw. -beurteiler auf. Die prozentuale Übereinstimmung beträgt 92.1%.

Tabelle A9.9 Kriteriale Beurteilungen der angefertigten Ablaufdiagramme

Schülerin/Schüler/ Kontext	Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	Sauberkeit	Verstehen ohne gelesen	Vollständigkeit Elemente	Vollständigkeit Relationen	Zweckmäßige Strukturierung	Gesamtpunkte			
	<i>n</i>						<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>
S7A	3	1	1	3	2	0	10	41.7	-	-
S7B	3 ^a	1	1	2	1	1	9	37.5	-	-
S7C	3	2	1	1	1	1	9	37.5	-	-
S7D	2	1	1	1	1	0	6	25.0	-	-
S7E	2	2	1	4	4	2	15	62.5	-	-
S7F	2	1 ^a	1	2	2	0	8	33.3	-	-
Kontext 7	4	4	4	4	4	4	24	100	39.6	11.5
S8A	4	3	2	2	2	4	17	70.8	-	-
S8B	2	2	1	2	2 ^a	1	10	41.7	-	-
S8C	2 ^a	2	0	4	3	1	12	50.0	-	-
S8D	4	2	3	3	2	3	17	70.8	-	-
S8E	4	3	3	3	3	4	20	83.3	-	-
S8F	3	2	2	3	2	3	15	62.5	-	-
S8G	2	3	1	2 ^a	2 ^a	2	12	50.0	-	-
Kontext 8	4	4	4	4	4	4	24	100	61.3	13.7
S10.1A	3	3 ^a	4	4	4	3 ^a	21	87.5	-	-
S10.1B	2	2	4	4	4	2 ^a	18	75.0	-	-
S10.1C	4	4	4	3	3	4	22	91.7	-	-
S10.1D	3	2	4	3	3	2	17	70.8	-	-
Kontext 10.1	4	4	4	4	4	4	24	100	81.3	8.6
S10.2A	4	4	4	3 ^a	3	4	22	91.7	-	-
S10.2B	4	3	3	3	3	4	20	83.3	-	-
S10.2C	4	3	4	4	4	1	20	83.3	-	-
S10.2D	4	3	3	3	3	4	20	83.3	-	-
Kontext 10.2	4	4	4	4	4	4	24	100	85.4	3.6

Anmerkung. Die Ausprägungen 0 (gar nicht), 1 (in Ansätzen), 2 (teilweise), 3 (mehrheitlich), 4 (vollständig) geben an, inwieweit das jeweilige Kriterium erfüllt wurde.

^a Abweichung zum Zweitbeurteiler um eine Abstufung der Ausprägung.

Bei der kriterialen Beurteilung der angefertigten mikroskopischen Zeichnungen führten neun Kriterien und 21 Schülerinnen und Schüler zu 189 zu beurteilenden Situationen (Tab. A9.10). Zwischen Erst- und Zweitbeurteilerin bzw. -beurteiler gab es acht Abweichungen. Die prozentuale Übereinstimmung zwischen ihnen beträgt 95.8%.

Tabelle A9.10 Kriteriale Beurteilungen der angefertigten mikroskopischen Zeichnungen

Schülerin/Schüler/ Kontext	Abstraktionsgrad	Beschriftung und Beschriftungslinien	Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	Keine Schraffur, Punkten oder Ausmalen	Linienführung	Objektive Darstellung	Sauberkeit	Verwendung von Bleistift	Vollständigkeit der Strukturen	Gesamtpunkte			
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>
S7A	4	2	3	4	1	3	2	4	2	25	69.4	-	-
S7B	2	2 ^a	2	1	1	2	2	4	2	18	50.0	-	-
S7C	2	3	4	4	3	2	3	4	1	26	72.2	-	-
S7D	2	2	4	4	2	3	3	4	2	26	72.2	-	-
S7E	1	2 ^a	2	0	1	2	1	4	2	15	41.7	-	-
S7F	0	1	2	4	2	0	2	4	2	17	47.2	-	-
Kontext 7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	58.8	12.8
S8A	3	4	3	4	3	2	3	4	4	30	83.3	-	-
S8B	3	4	4	2	2	3	2	4	4	28	77.8	-	-
S8C	3	2	4	3	2	4	2	4	3	27	75.0	-	-
S8D	2	3	4	4	2	3	3	4	3	28	77.8	-	-
S8E	2	4	3	3	2	3 ^a	2	4	4	27	75.0	-	--
S8F	0	2	1	4	0	1	1 ^a	2	1 ^a	12	33.3	-	-
S8G	2	1	4	4	3	3	3 ^a	4	3	27	75.0	-	-
Kontext 8	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	71.0	15.6
S10.1A	3	4	3	3	3	3	3	4	3 ^a	29	80.6	-	-
S10.1B	0	1	1	3	1	0	0	4	1	11	30.6	-	-
S10.1C	1	2	2	4	2	0	1	4	2	18	50.0	-	-
S10.1D	2	2	2	4	2	2	3	4	3	24	66.7	-	-
Kontext 10.1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	57.0	18.7
S10.2A	4	4	3	3	3	4	4	4	4	33	91.7	-	-
S10.2B	4	4	3	4	3	3	3	3	3	30	83.3	-	-
S10.2C	2	4	4	4	2	2	2	4	2	26	72.2	-	-
S10.2D	1	3 ^a	3	4	0	2	1	4	2	20	55.6	-	-
Kontext 10.2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	36	100	75.7	13.5

Anmerkung. Die Ausprägungen 0 (gar nicht), 1 (in Ansätzen), 2 (teilweise), 3 (mehrheitlich), 4 (vollständig) geben an, inwieweit das jeweilige Kriterium erfüllt wurde.

^a Abweichung zum Zweitbeurteiler um eine Abstufung der Ausprägung.

Die beiden nachfolgenden Tabellen veranschaulichen die ermittelten Werte der Inter-coder-Übereinstimmung in Bezug zur kriterialen Beurteilung der Ablaufdiagramme (Tab. A9.11) und der mikroskopischen Zeichnungen (Tab. A9.12). Erläuterungen hierzu finden sich in den Unterkapiteln 8.2 und 8.4.

Tabelle A9.11 Inter-coder-Übereinstimmung zur kriterialen Beurteilungen der angefertigten Ablaufdiagramme (vgl. Tab. A9.7)

Beurteilungskriterium	Übereinstimmungen	Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa gewichtet
	<i>n</i>	<i>n</i>	%	K_w
Blatteinteilung	19	2	90.5	0.896
Sauberkeit	19	2	90.5	0.898
Verstehen ohne gelesen	21	0	100	1
Vollständigkeit Elemente	19	2	90.5	0.909
Vollständigkeit Relationen	19	2	90.5	0.912
Zweckmäßige Strukturierung	19	2	90.5	0.942
<i>M</i>	-	-	92.1	0.926

Tabelle A9.12 Inter-coder-Übereinstimmung zur kriterialen Beurteilungen der angefertigten mikroskopischen Zeichnungen (vgl. Tab. A9.8)

Beurteilungskriterium	Übereinstimmungen	Nicht-Übereinstimmungen	Prozentuale Übereinstimmung	Kappa gewichtet
	<i>n</i>	<i>n</i>	%	K_w
Abstraktionsgrad	21	0	100	1
Beschriftung und Beschriftungslinien	18	3	85.7	0.886
Blatteinteilung und Größe der Zeichnung	21	0	100	1
Keine Schraffur, Punkten o. Ausmalen	21	0	100	1
Linienführung	21	0	100	1
Objektive Darstellung	20	1	95.2	0.962
Sauberkeit	19	2	90.5	0.911
Verwendung von Bleistift	21	0	100	1
Vollständigkeit der Strukturen	19	2	90.5	0.906
<i>M</i>	-	-	95.8	0.963

Anhang 9.6: Schülertätigkeiten bei Ablaufdiagrammen

Die beiden nachfolgenden Tabellen geben die Dauer (Tab. A9.13) und die absolute Häufigkeit (Tab. A9.14) der Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der Ablaufdiagramme an.

Tabelle A9.13 Dauer der Schülertätigkeiten während der Anfertigung der Ablaufdiagramme in Sekunden (s)

Schülerin/Schüler/Kontext	<i>T_Austausch_SAD</i>	<i>T_Austausch_VAD</i>	<i>T_Explizite_RelationAD</i>	<i>T_Liest_gesamtAD</i>	<i>T_Liest_vorabAD</i>	<i>T_Liest_währendAD</i>	<i>T_MonologAD</i>	<i>T_Off-task-AktivitätAD</i>	<i>T_Punktet_schraffiert_malt_ausAD</i>	<i>T_Schaut_still_auf_die_ZeichnungAD</i>	<i>T_Uneindeutig_SonstigesAD</i>	<i>T_Verwirft_StrukturAD</i>	<i>T_(Vor-)strukturiertAD</i>	<i>T_Zeichnet/notiert_TextinformationAD</i>	<i>T_Zeichnet_gesamtAD</i>	<i>T_Alle_TätigkeitenAD</i>
S7A	3	32	0	270	108	162	29	7	0	11	7	0	0	380	380	739
S7B	0	30	0	336	211	125	32	3	0	54	0	0	0	136	136	591
S7C	10	4	0	235	172	63	25	0	0	32	0	12	0	281	281	599
S7D	0	5	0	219	217	2	14	0	0	2	0	0	0	153	153	393
S7E	19	31	40	685	371	314	142	2	49	88	22	5	0	258	347	1341
S7F	35	11	20	1748	353	1395	26	7	15	98	0	26	0	183	218	2169
Kontext 7 M	11.2	18.8	10.0	582.2	238.7	343.5	44.7	3.2	10.7	47.5	4.8	7.2	0	231.8	252.5	972.0
Kontext 7 SD	12.6	12.4	15.3	544.7	94.3	480.0	43.9	2.9	18.0	36.2	8.1	9.5	0	84.5	91.9	611.4
S8A	7	8	42	441	250	191	12	0	0	37	2	29	0	133	175	711
S8B	13	18	27	727	451	276	98	0	0	95	0	12	4	193	224	1187
S8C	27	17	17	574	259	315	130	0	37	47	0	16	0	413	467	1278
S8D	20	7	27	270	185	85	4	0	0	42	0	2	0	173	200	545
S8E	7	0	31	377	210	167	56	0	0	69	0	10	0	95	126	645
S8F	10	0	18	464	302	162	26	0	0	69	5	0	0	136	154	728
S8G	4	3	17	576	345	231	53	0	0	79	0	0	0	58	75	790
Kontext 8 M	12.6	7.6	25.6	489.9	286.0	203.9	54.1	0	5.3	62.6	1.0	9.9	0.6	171.6	203.0	840.6
Kontext 8 SD	7.6	6.9	8.5	138.8	83.6	71.4	42.7	0	12.9	19.7	1.8	9.7	1.4	107.1	116.9	258.8
S10.1A	4	16	67	483	235	248	173	1	0	67	0	18	0	422	489	1251
S10.1B	1	11	18	459	357	102	33	0	0	32	0	7	0	284	302	845
S10.1C	2	0	31	335	211	124	62	0	0	25	0	5	0	293	324	753
S10.1D	13	16	14	509	291	218	73	3	0	101	0	24	0	455	469	1208
Kontext 10.1 M	5.0	10.8	32.5	446.5	273.5	173.0	85.3	1.0	0	56.3	0	13.5	0	363.5	396.0	1014.3
Kontext 10.1 SD	4.7	6.5	20.9	66.8	56.3	61.4	52.7	1.2	0	30.3	0	7.8	0	76.0	83.7	218.2
S10.2A	0	3	12	344	212	132	48	19	0	15	0	2	0	121	133	564
S10.2B	0	19	13	488	294	194	22	1	0	37	15	0	16	174	203	785
S10.2C	6	21	28	798	416	382	0	0	0	110	7	11	0	489	517	1470
S10.2D	0	34	17	272	216	56	13	0	0	75	0	7	0	94	111	512
Kontext 10.2 M	1.5	19.3	17.5	475.5	284.5	191.0	20.8	5.0	0	59.3	5.5	5.0	4.0	219.5	241.0	832.8
Kontext 10.2 SD	2.6	11.0	6.3	201.8	82.7	120.6	17.6	8.1	0	36.3	6.2	4.3	6.9	158.2	162.9	381.9

Tabelle A9.14 Absolute Häufigkeit der Schülertätigkeiten während der Anfertigung der Ablaufdiagramme

Schülerin/Schüler/Kontext	AH_Austausch_S _{AD}	AH_Austausch_V _{AD}	AH_Explizite_Relation _{AD}	AH_Liest_gesamt _{AD}	AH_Liest_vorab _{AD}	AH_Liest_während _{AD}	AH_Monolog _{AD}	AH_Off-task-Aktivität _{AD}	AH_Punktet_schraffiert_malt_aus _{AD}	AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{AD}	AH_Uneindeutig_Sonstiges _{AD}	AH_Verwirft_Struktur _{AD}	AH_(Vor-)strukturiert _{AD}	AH_Zeichnet/notiert_Textinformation _{AD}	AH_Zeichnet_gesamt _{AD}	AH_Alle_Tätigkeiten _{AD}
S7A	1	2	0	21	1	20	9	2	0	5	1	0	0	23	23	64
S7B	0	3	0	17	2	15	5	1	0	11	0	0	0	15	15	52
S7C	3	2	0	15	1	14	4	0	0	11	0	2	0	14	14	51
S7D	0	1	0	3	2	1	4	0	0	1	0	0	0	5	5	14
S7E	3	6	15	36	2	34	37	1	5	23	3	1	0	39	59	169
S7F	6	2	4	34	1	33	8	1	2	11	0	4	0	20	26	92
Kontext 7 M	2.2	2.7	3.2	21.0	1.5	19.5	11.2	0.8	1.2	10.3	0.7	1.2	0	19.3	23.7	73.7
Kontext 7 SD	2.1	1.6	5.5	11.3	0.5	11.4	11.7	0.7	1.9	6.8	1.1	1.5	0	10.4	17.2	48.4
S8A	2	2	11	32	1	31	2	0	0	15	1	6	0	21	32	92
S8B	2	4	7	40	1	39	17	0	0	35	0	1	1	29	37	136
S8C	3	3	9	19	2	17	25	0	4	21	0	2	0	32	45	118
S8D	2	3	7	20	2	18	2	0	0	13	0	1	0	20	27	68
S8E	1	0	10	17	1	16	16	0	0	21	0	1	0	19	29	85
S8F	2	0	9	17	1	16	3	0	0	19	2	0	0	10	19	62
S8G	1	1	4	13	1	12	12	0	0	23	0	0	0	10	14	64
Kontext 8 M	1.9	1.9	8.1	22.6	1.3	21.3	11.0	0	0.6	21.0	0.4	1.6	0.1	20.1	29.0	89.3
Kontext 8 SD	0.6	1.5	2.2	9.0	0.5	9.1	8.3	0	1.4	6.6	0.7	1.9	0.3	7.8	9.7	26.4
S10.1A	1	1	25	70	2	68	24	1	0	24	0	5	0	55	80	206
S10.1B	1	1	12	30	1	29	9	0	0	21	0	4	0	41	53	119
S10.1C	1	0	15	32	1	31	20	0	0	19	0	2	0	36	51	125
S10.1D	2	2	8	60	2	58	20	2	0	27	0	9	0	60	68	190
Kontext 10.1 M	1.3	1.0	15.0	48.0	1.5	46.5	18.3	0.8	0	22.8	0	5.0	0	48.0	63.0	160.0
Kontext 10.1 SD	0.4	0.7	6.3	17.4	0.5	16.9	5.6	0.8	0	3.0	0	2.5	0	9.8	11.8	38.5
S10.2A	0	1	6	36	1	35	13	4	0	9	0	1	0	24	30	94
S10.2B	0	4	5	36	4	32	9	1	0	14	2	0	3	23	31	97
S10.2C	1	2	13	66	3	63	0	0	0	44	2	5	0	63	76	196
S10.2D	0	2	7	19	2	17	2	0	0	22	0	3	0	22	29	77
Kontext 10.2 M	0.3	2.3	7.8	39.3	2.5	36.8	6.0	1.3	0	22.3	1.0	2.3	0.8	33.0	41.5	116.0
Kontext 10.2 SD	0.4	1.1	3.1	16.9	1.1	16.6	5.2	1.6	0	13.4	1.0	1.9	1.3	17.3	19.9	46.8

Die Gesamtdauer der kodierten Schülertätigkeiten während der Anfertigung der Ablaufdiagramme beträgt für alle 21 Schülerinnen und Schüler 19104 Sekunden, dies entspricht etwa 5.3 Stunden (Tab. A9.15). Davon wurden von Erst- und Zweitkodierer in der Summe 29 Sekunden unterschiedlich kodiert. Die prozentuale Übereinstimmung zwischen Erst- und Zweitkodierer beträgt 99.8%.

Tabelle A9.15 Abweichungen zwischen Erst- und Zweitkodierer hinsichtlich der Schülertätigkeiten während der Anfertigung der Ablaufdiagramme in Sekunden (s)

Schülerin/ Schüler	Anzahl (I, II) und Dauer der Abweichungen		Summierte Abweichungen	Bearbeitungs- dauer _{AD}
	I	II		
S7A	-	-	0	739
S7B	-	-	0	591
S7C	3.8	-	3.8	599
S7D	-	-	0	393
S7E	2.7	3.7	6.4	1341
S7F	4.6	-	4.6	2169
S8A	-	-	0	711
S8B	1.0	-	1.0	1187
S8C	3.7	-	3.7	1278
S8D	-	-	0	545
S8E	-	-	0	645
S8F	-	-	0	728
S8G	-	-	0	790
S10.1A	1.5	-	1.5	1251
S10.1B	-	-	0	845
S10.1C	-	-	0	753
S10.1D	0.7	2.4	3.1	1208
S10.2A	-	-	0	564
S10.2B	1.6	-	1.6	785
S10.2C	1.1	2.2	3.3	1470
S10.2D	-	-	0	512
Gesamt			29.0	19104

Die nachfolgende Darstellung (Tab. A9.16) gibt einen Überblick über die Häufigkeit der Wechsel zwischen unterschiedlichen Tätigkeiten (vgl. Anmerkung unterhalb der Tabelle). Die Tätigkeitswechsel waren Grundlage für die Generierung der visualisierten Prozessstruktur (7.13.6, Anhang 8.5).

Tabelle A9.16 Anzahl der Wechsel zwischen Tätigkeiten während der Konstruktion der Ablaufdiagramme

von nach	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	10.1A	10.1B	10.1C	10.1D	10.2A	10.2B	10.2C	10.2D	
E I					1		1	1	1				1				2		1			
E L	2	2		1	2	2	1	3	1	2				1	1				1	2	1	
E O		1	1		1													1			1	
E U																			1			
E X					1				1													
E Z			1		1					1									1			
I E	1	1			1					1							2				1	
I K		1															1					
I L	1	7	6		5	7	8	11	5	3	8	8	8	13	6	9	6	7	7	16	9	
I O			2		4	1		3	4		3	3	6	4	1		1	1	2			
I P									1													
I S						2			1													
I U					1		1													1		
I V								1														
I W							1	1		1					1		3					
I X					4			3	1	3	5	4	2	3	2	2	4		2	3	4	
I Z	3	2	2	1	7	1	5	16	9	4	5	3	6	4	10	7	9	1	3	23	8	
K L		1			1	1											1	3	1			
K X																	1					
K Z	2													1				1				
L E	1	2	1	1	1	2	1	3	1	2			1	1	1				3	1	1	
L I	3	5	10		3	10	12	17	3	3	8	9	4	14	6	10	15	6	10	26	9	
L K					1												1	4	1			
L O	2		1	2	20	6	2	8	9	2	5		6	11	5	9	8	7	3		1	
L S					2	4	1	2	2	2		1	1	1						1		
L U	1											2							1			
L V																			2			
L W							1		1					2	1		1			3	1	
L X					1	3	5	1	2	3		1		6	1	2	3	4	3	5	3	
L Z	14	9	3		8	8	10	8		8	3	4	1	35	16	11	32	14	13	29	4	

Tabelle A9.16 (Fortsetzung)

von	nach	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	10.1A	10.1B	10.1C	10.1D	10.2A	10.2B	10.2C	10.2D
O	E					1													1			1
O	I		1	1		6			2	5		5		7	4	2	4	3	1			
O	L	5				9	3	1	10	6		4		2	7	2	3	5	5	3		1
O	S					1																
O	V																			1		
O	W														1			2				
O	X					7		1		2		5	1		9	1			1			
O	Z	4	4	3	4	13	5		5	12	2	2	2	3	3	4	13	10	5	4		
P	L					2																
P	O					1																
P	X						1															
P	Z					2	1			4												
S	E					1			1	1												
S	I						1						1			1						
S	L					4		1		1	1		1	1	1							1
S	O	1				1			1									1				
S	X					1																
S	Z			3			1	1		1	1	1					1	1				
U	I												1									
U	L	1											1							2		1
U	P					2																
U	Z					1		1														1
V	E																			1		
V	I								1													
V	Z																				2	
W	I							2										2				1
W	L					1			1							1		2				2
W	O																	1				
W	X							3							2							
W	Z			2			4	1		2	1	1			3	3	2	4	1		2	3
X	E							1		1												
X	I					5			4		2	1	5	4	1	3						3
X	L					1	2	4	3		2		3		8	1	8	2	4	3		2
X	O					2	1			4		1			6		5	2			2	
X	P						1															
X	S											1										
X	W							3							1							
X	Z					7		3		4	3	7	1		9	8	2	4	2		8	7

Tabelle A9.16 (Fortsetzung)

von	nach	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	10.1A	10.1B	10.1C	10.1D	10.2A	10.2B	10.2C	10.2D
Z	E			1		2																
Z	I	2	5		1	8			10	12	8	7	3	7	5	9	5	5	2	3	14	13
Z	K	2					1								1							
Z	L	11	6	8	1	14	14	16	11	5	11	4	3	1	39	18	11	43	16	18	41	7
Z	O	6	4		2	8			5	8		7			3	3	6	7	4	2		
Z	P					3	1			3												
Z	S	1		3				1					1			1	1	2				
Z	U					2															1	
Z	W			2		1	4	1		1		1			1	2	2	3	1		2	2
Z	X					1		2	3	3	1		3	2	5	8	11		1		5	
Summe		63	51	50	13	168	91	91	135	117	67	84	61	63	205	118	124	189	93	96	195	76

Anmerkung. E = Austausch_V_{AD}; I = Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}; K = Off-task-Aktivität_{AD}; L = Liest_gesamt_{AD}; O = Monolog_{AD}; P = Punktet_schraffiert_malt_aus_{AD}; S = Austausch_S_{AD}; U = Uneindeutig_Sonstiges_{AD}; V = (Vor-)strukturiert_{AD}; W = Verwirft_Struktur_{AD}; X = Explizite_Relation_{AD}; Z = Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD}

Anhang 9.7: Schülertätigkeiten bei mikroskopischen Zeichnungen

Tabelle A9.17 gibt die Dauer und Tabelle A9.18 die absolute Häufigkeit der Tätigkeiten der Schülerinnen und Schüler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen an.

Tabelle A9.17 Dauer der Schülertätigkeiten während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen in Sekunden (s)

Schülerin/Schüler/Kontext	T_Austausch_S _{MZ}	T_Austausch_V _{MZ}	T_Liest _{MZ}	T_Mikroskopiert _{MZ}	T_Monolog _{MZ}	T_Off-task-Aktivität _{MZ}	T_Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	T_Redundante_Struktur _{MZ}	T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	T_Technische_Einführung _{MZ}	T_Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	T_Verwirft_Struktur _{MZ}	T_(Vor-)strukturiert _{MZ}	T_Zeichnet_Struktur _{MZ}	T_Zeichnet_gesamt _{MZ}	T_Alle_Tätigkeiten _{MZ}	T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}
S7A	11	14	13	269	7	5	0	0	35	0	0	73	0	450	450	877	877
S7B	9	5	25	128	0	6	0	0	35	0	4	61	52	152	204	477	477
S7C	21	14	27	36	0	0	0	64	12	15	0	0	0	56	120	245	230
S7D	25	4	64	312	7	4	0	0	14	0	0	15	0	351	351	796	796
S7E	8	7	76	57	19	0	0	0	7	51	0	13	10	78	88	326	275
S7F	6	6	123	60	2	0	0	30	7	47	0	22	0	87	117	390	343
Kontext 7 M	13.3	8.3	54.7	143.7	5.8	2.5	0	15.7	18.3	18.8	0.7	30.7	10.3	195.7	221.7	518.5	499.7
Kontext 7 SD	7.1	4.1	37.8	108.3	6.6	2.6	0	24.2	12.1	22.0	1.5	26.7	19.0	150.5	134.4	236.5	251.1
S8A	10	15	71	154	2	0	0	0	8	40	0	9	0	105	105	414	374
S8B	7	0	46	106	13	0	25	0	23	6	0	15	0	114	139	355	349
S8C	18	0	86	360	29	7	77	0	27	36	0	46	0	226	303	912	876
S8D	5	0	38	96	0	0	0	0	17	0	7	0	0	162	162	325	325
S8E	6	0	74	97	15	0	87	0	8	0	0	8	0	80	167	375	375
S8F	25	0	93	38	0	0	0	0	14	0	4	0	0	91	91	265	265
S8G	0	0	81	116	12	0	0	0	13	0	0	17	0	72	72	311	311
Kontext 8 M	10.1	2.1	69.9	138.1	10.1	1.0	27.0	0	15.7	11.7	1.6	13.6	0	121.4	148.4	422.4	410.7
Kontext 8 SD	7.9	5.2	19.0	96.0	9.7	2.4	35.9	0	6.7	16.8	2.6	14.6	0	50.7	71.2	204.7	193.3
S10.1A	6	10	74	38	13	0	18	11	3	67	0	0	0	64	93	304	237
S10.1B	0	0	96	40	0	0	0	7	5	0	10	0	0	29	36	187	187
S10.1C	18	32	68	35	7	0	0	23	12	0	2	0	0	58	81	255	255
S10.1D	5	11	89	88	15	0	17	52	23	0	1	9	0	77	146	387	387
Kontext 10.1 M	7.3	13.3	81.8	50.3	8.8	0	8.8	23.3	10.8	16.8	3.3	2.3	0	57.0	89.0	283.3	266.5
Kontext 10.1 SD	6.6	11.6	11.2	21.9	5.8	0	8.8	17.6	7.8	29.0	4.0	3.9	0	17.6	39.2	72.9	73.9
S10.2A	0	0	58	105	19	0	23	0	4	0	0	0	12	79	114	300	300
S10.2B	0	12	88	92	9	0	32	0	11	0	0	9	0	66	98	319	319
S10.2C	14	14	79	108	0	0	0	0	32	0	1	8	0	73	73	329	329
S10.2D	0	19	61	106	7	0	0	0	38	0	6	5	0	86	86	328	328
Kontext 10.2 M	3.5	11.3	71.5	102.8	8.8	0	13.8	0	21.3	0	1.8	5.5	3.0	76.0	92.8	319.0	319.0
Kontext 10.2 SD	6.1	7.0	12.5	6.3	6.8	0	14.1	0	14.1	0	2.5	3.5	5.2	7.4	15.1	11.6	11.6

Tabelle A9.18 Absolute Häufigkeit der Schülertätigkeiten während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen

Schülerin/Schüler/Kontext	AH_Austausch_S _{MZ}	AH_Austausch_V _{MZ}	AH_Liest _{MZ}	AH_Mikroskopiert _{MZ}	AH_Monolog _{MZ}	AH_Off-task-Aktivität _{MZ}	AH_Punktet_schraffiert_malt_aus _{MZ}	AH_Redundante_Struktur _{MZ}	AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung _{MZ}	AH_Technische_Einführung _{MZ}	AH_Uneindeutig_Sonstiges _{MZ}	AH_Verwirft_Struktur _{MZ}	AH_(Vor-)strukturiert _{MZ}	AH_Zeichnet_Struktur _{MZ}	AH_Zeichnet_gesamt _{MZ}	AH_Alle_Tätigkeiten _{MZ}	AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt _{MZ}
S7A	1	1	1	69	1	3	0	0	23	0	0	16	0	71	71	186	186
S7B	2	1	7	28	0	5	0	0	15	0	2	4	5	21	26	90	90
S7C	3	2	2	12	0	0	0	4	4	1	0	0	0	7	11	35	34
S7D	2	2	2	67	2	1	0	0	10	0	0	1	0	58	58	145	145
S7E	2	1	1	12	1	0	0	0	3	1	0	2	1	9	10	33	32
S7F	1	1	1	8	1	0	0	1	3	1	0	4	0	10	11	31	30
Kontext 7 <i>M</i>	1.8	1.3	2.3	32.7	0.8	1.5	0	0.8	9.7	0.5	0.3	4.5	1.0	29.3	31.2	86.7	86.2
Kontext 7 <i>SD</i>	0.7	0.5	2.1	25.8	0.7	1.9	0	1.5	7.4	0.5	0.7	5.3	1.8	25.5	24.5	60.5	60.9
S8A	2	2	1	35	2	0	0	0	6	2	0	1	0	30	30	81	79
S8B	1	0	1	34	9	0	12	0	18	1	0	3	0	32	44	111	110
S8C	3	0	2	67	22	1	14	0	17	1	0	12	0	53	67	192	191
S8D	1	0	1	19	0	0	0	0	14	0	1	0	0	21	21	57	57
S8E	1	0	1	30	10	0	14	0	5	0	0	3	0	21	35	85	85
S8F	3	0	1	3	0	0	0	0	6	0	1	0	0	6	6	20	20
S8G	0	0	1	21	5	0	0	0	8	0	0	5	0	19	19	59	59
Kontext 8 <i>M</i>	1.6	0.3	1.1	29.9	6.9	0.1	5.7	0	10.6	0.6	0.3	3.4	0	26.0	31.7	86.4	85.9
Kontext 8 <i>SD</i>	1.0	0.7	0.3	18.3	7.2	0.3	6.6	0	5.2	0.7	0.5	3.9	0	13.5	18.3	50.4	50.1
S10.1A	1	1	2	10	3	0	1	3	2	1	0	0	0	6	10	30	29
S10.1B	0	0	3	6	0	0	0	1	2	0	2	0	0	5	6	19	19
S10.1C	3	2	8	4	3	0	0	1	5	0	1	0	0	5	6	32	32
S10.1D	1	2	1	13	5	0	2	5	10	0	1	1	0	10	17	51	51
Kontext 10.1 <i>M</i>	1.3	1.3	3.5	8.3	2.8	0	0.8	2.5	4.8	0.3	1.0	0.3	0	6.5	9.8	33.0	32.8
Kontext 10.1 <i>SD</i>	1.1	0.8	2.7	3.5	1.8	0	0.8	1.7	3.3	0.4	0.7	0.4	0	2.1	4.5	11.5	11.6
S10.2A	0	0	2	24	7	0	5	0	4	0	0	0	1	20	26	63	63
S10.2B	0	2	3	12	4	0	5	0	3	0	0	1	0	7	12	37	37
S10.2C	3	2	9	23	0	0	0	0	12	0	1	1	0	10	10	61	61
S10.2D	0	3	7	16	3	0	0	0	15	0	1	1	0	15	15	61	61
Kontext 10.2 <i>M</i>	0.8	1.8	5.3	18.8	3.5	0	2.5	0	8.5	0	0.5	0.8	0.3	13.0	15.8	55.5	55.5
Kontext 10.2 <i>SD</i>	1.3	1.1	2.9	5.0	2.5	0	2.5	0	5.1	0	0.5	0.4	0.4	4.9	6.2	10.7	10.7

Die Gesamtdauer der kodierten Schülertätigkeiten während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen beträgt für alle 21 Schülerinnen und Schüler 8477 Sekunden, dies entspricht etwa 2.4 Stunden (Tab. A9.19). Davon wurden von Erst- und Zweitkodierer in der Summe 57.8 Sekunden unterschiedlich kodiert. Die prozentuale Übereinstimmung zwischen Erst- und Zweitkodierer beträgt 99.3%.

Tabelle A9.19 Abweichungen zwischen Erst- und Zweitkodierer hinsichtlich der Schülertätigkeiten während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnungen in Sekunden (s)

Schülerin/ Schüler	Anzahl (I-VI) und Dauer der Abweichungen						Summierte Abweichungen	Bearbeitungs- dauer _{MZ}
	I	II	III	IV	V	VI		
S7A	0.5	1.3	-	-	-	-	1.8	877
S7B	3.4	-	-	-	-	-	3.4	477
S7C	-	-	-	-	-	-	0	245
S7D	1.1	0.7	1.2	-	-	-	3.0	796
S7E	1.2	-	-	-	-	-	1.2	326
S7F	1.2	-	-	-	-	-	1.2	390
S8A	7.8	1.0	1.4	1.1	1.2	2.8	15.3	414
S8B	5.1	-	-	-	-	-	5.1	355
S8C	2.7	-	-	-	-	-	2.7	912
S8D	0.8	1.6	1.0	0.6	1.4	-	5.4	325
S8E	0.8	-	-	-	-	-	0.8	375
S8F	-	-	-	-	-	-	0	265
S8G	-	-	-	-	-	-	0	311
S10.1A	-	-	-	-	-	-	0	304
S10.1B	-	-	-	-	-	-	0	187
S10.1C	5.3	2.1	-	-	-	-	7.4	255
S10.1D	0.8	-	-	-	-	-	0.8	387
S10.2A	1.0	-	-	-	-	-	1.0	300
S10.2B	-	-	-	-	-	-	0	319
S10.2C	7.0	-	-	-	-	-	7.0	329
S10.2D	1.7	-	-	-	-	-	1.7	328
Gesamt							57.8	8477

Während der ersten Aufgabenstellung haben die Schülerinnen und Schüler jeweils die mikroskopische Zeichnung angefertigt und diese im Zuge der zweiten Aufgabenstellung beschriftet und ggf. korrigiert. Tabelle A9.20 zeigt, wie lange sie zur Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung benötigt haben, ob sie eine Korrektur an der initial erstellten Zeichnung (erste Aufgabenstellung) vorgenommen haben und inwiefern die Beschriftung vollständig vorgenommen wurde. In den Schülerprofilen (Anhang 7) sind die nachträglichen Korrekturen inhaltlich differenzierter dargestellt.

Tabelle A9.20 Dauer der Beschriftung und Korrektur im Zuge von Aufgabe 2 (5.2.5) sowie Hinweise über deren Ausprägung

Schülerin/ Schüler/Kontext	Dauer			Korrektur der Zeichnung	Beschriftung ^a
	s	M	SD		
S7A	155	-	-	geringfügig	vollständig
S7B	271	-	-	weitreichend	vollständig
S7C	134	-	-	geringfügig	vollständig
S7D	121	-	-	geringfügig	vollständig
S7E	378	-	-	weitreichend	unvollständig
S7F	141	-	-	keine	unvollständig
Kontext 7	-	200.0	93.8	-	-
S8A	217	-	-	geringfügig	vollständig
S8B	173	-	-	geringfügig	vollständig
S8C	212	-	-	keine	unvollständig
S8D	150	-	-	keine	unvollständig
S8E	192	-	-	keine	vollständig
S8F	196	-	-	keine	vollständig
S8G	227	-	-	weitreichend	unvollständig
Kontext 8	-	195.3	24.8	-	-
S10.1A	153	-	-	keine	vollständig
S10.1B	111	-	-	keine	vollständig
S10.1C	78	-	-	geringfügig	vollständig
S10.1D	135	-	-	geringfügig	unvollständig
Kontext 10.1	-	119.3	28.1	-	-
S10.2A	235	-	-	geringfügig	vollständig
S10.2B	163	-	-	keine	vollständig
S10.2C	309	-	-	keine	vollständig
S10.2D	178	-	-	keine	unvollständig
Kontext 10.2	-	221.3	57.3	-	-

^a Die Angaben zur Vollständigkeit geben noch keine Auskunft darüber, welche Strukturen beschriftet wurden, sondern nur darüber, dass alle Begriffe der Vorlage auf die mikroskopische Zeichnung der Schülerinnen und Schüler übertragen wurden.

Tabelle A9.21 gibt eine Übersicht über die Häufigkeit der Wechsel zwischen unterschiedlichen Tätigkeiten (vgl. Anmerkung unterhalb der Tabelle). Diese Auszählung war grundlegend für die Visualisierung der Prozessstruktur (7.13.6, Anhang 8.5).

Tabelle A9.21 Anzahl der Wechsel zwischen Tätigkeiten während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnungen

von	nach	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	10.1A	10.1B	10.1C	10.1D	10.2A	10.2B	10.2C	10.2D	
E	I																	1			1		
E	L				1															1	1	1	
E	M	1	1	1	1		1	1							1					1			
E	R			1																			
E	S																2						
E	T					1		1															
E	U																	1					
E	Z																						2
I	E			1														2	1	2	1		
I	K	1	1																				
I	L															1	2				1	1	
I	M	16	7	1	9	2	1	3	14	12	10	2	1	4			1	4	4	1	6	4	
I	O							1	1			1						1					1
I	P											1											
I	S		1	1						1											1		
I	V		2			1																	
I	W	4	3				1		2	3													1
I	Z	2			1		1	1		1	4		5	1	1		1	3		1	2		6
K	I		1																				
K	L		1							1													
K	M	3	1		1																		
K	Z		2																				
L	E	1			1	1																	
L	I																3			1		2	
L	K		2							1													
L	M		4	2				1				1		1		1	1	1	2	2	8	3	
L	O																3						
L	S				1				1						1		1						
L	T						1			1					1								
L	U		1								1		1			1					1	1	
L	Z															1							1

Tabelle A9.21 (Fortsetzung)

von	nach	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	10.1A	10.1B	10.1C	10.1D	10.2A	10.2B	10.2C	10.2D
M	E			1	1			1														
M	I	5	6		7	3		2	4	10	3	2	2	5	1			3	2	2	9	7
M	K	1	1		1																	
M	L		4													1	1		1	1	3	1
M	O				1		1	1	8	16		7			3			3	3	4		2
M	P									6		4						1	1	2		
M	R			2											2			1				
M	S		1	1		1	1	1				1	1								2	
M	T			1				1	1													
M	U															1	1					
M	W	5				1		1		4				5								1
M	Z	58	16	7	56	7	5	28	21	30	16	16		11	4	4	2	4	17	3	7	6
O	I													1				1				2
O	M				2			1	2	4		2		2	2	1	3	3	3			1
O	P									3		4					1	1	1			
O	S					1																
O	V																		1			
O	W								1	1		1										
O	Z						1	1	6	14		3		2	1		2	2	2	3		
P	I								7	3		3							1			
P	M								2	10		10			1		2	2		4		
P	O									1									2			
P	W																			1		
P	Z								3			1							1			
R	I			2			1									1	1	1				
R	M			2											3			1				
R	S																	1				
R	Z																	2				
S	E																1					
S	I			1	1							1									2	
S	L			1											1		2					
S	M	1	1	1	1	1	1	2	1	2		1	1								1	
S	O					1				1												
S	R																	1				
S	V		1																			
S	Z										1	1										
T	E						1	1							1							
T	M			1		1		1	1	1												
U	L		1																		1	1
U	M										1	1				2	1					
U	W																	1				
U	Z		1																			

Tabelle A9.21 (Fortsetzung)

von	nach	7A	7B	7C	7D	7E	7F	8A	8B	8C	8D	8E	8F	8G	10.1A	10.1B	10.1C	10.1D	10.2A	10.2B	10.2C	10.2D
V	I		2																			
V	M		1			1																
V	O																		1			
V	W		1																			
V	Z		1																			
W	I		2				1	1	1	2												1
W	M	5								1		2										
W	O									1												
W	V		1																			
W	Z	11	1		1	2	3	2	8		1			5				1			1	
Z	E		1														1			1		2
Z	I	18	4	1	2		1	3	6	2	11		3	2	1	1	1	4	1			3
Z	K	1	1																			
Z	L																2				2	2
Z	M	43	13	4	53	7	5	26	14	37	8	12		14	3	3		2	15	4	8	8
Z	O	1			1					3		2		2				1	1			
Z	P								12	5		5			1				3	2		
Z	R			1			1								1	1	1	3				
Z	S	1		1	1			1		2	1		2									
Z	U		1																			
Z	V		1																			
Z	W	7			1	1	3			4		2										
Summe		185	89	34	144	32	30	80	110	191	56	84	19	58	29	18	31	50	62	36	60	60

Anmerkung. E = Austausch_{MZ}; I = Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}; K = Off-task-Aktivität_{MZ}; L = Liest_gesamt_{MZ}; M = Mikroskopiert_{MZ}; O = Monolog_{MZ}; P = Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}; R = Redundante_Struktur_{MZ}; S = Austausch_{S_{MZ}}; T = Technische_Einführung_{MZ}; U = Uneindeutig_Sonstiges_{MZ}; V = (Vor-)strukturiert_{MZ}; W = Verwirft_Struktur_{MZ}; Z = Zeichnet_Struktur_{MZ}

Anhang 9.8: Vorgehen beim Lesen der Textgrundlage

Tabelle A9.22 stellt dar, wie die Schülerinnen und Schüler ihren Umgang mit der Textgrundlage retrospektiv beschreiben (mRef_AD_1). In den Fallbeschreibungen wurden neben diesen Informationen auch das beobachtete Vorgehen im Umgang mit dem Text herangezogen.

Tabelle A9.22 Von den Schülerinnen und Schülern verwendete Lesestrategien im Umgang mit der Textgrundlage der Ablaufdiagramme

Schülerin/ Schüler	Vorgehen beim Lesen des Texts (mRef_AD_1)	Wiederholt Lesen	Unterstreichen
S7A	„[...] Ich habe gelesen und dann habe ich mir die Unterabschnitte zwar nicht markiert, aber ein bisschen im Kopf gemerkt. Dann habe ich mir gemerkt, was in die Luft geht und dann mit den Waldschäden, vom Waldboden her und dass es schneller düngt. Ich habe den Text in zwei Teilen gelesen.“	■	
S7B	„Ich habe es gelesen und mir versucht die Sachen, die da standen, zu merken und zu verstehen. Meistens lese ich dann noch ein zweites Mal drüber, damit ich nochmal schauen kann, ob ich wirklich alles aus dem Text entnommen und verstanden habe.“	■	
S7C	„[...] Ich habe erstmal den ersten Abschnitt kurz angeschaut und dann einfach von oben nach unten den Text gelesen.“, S7C liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	■	
S7D	„Ich habe ganz normal von oben nach unten gelesen. Wenn ich irgendetwas im Satz nicht verstanden habe, dann habe ich den Satz noch mal von Anfang an gelesen, um nochmal zu verstehen, was das Wort bedeutet.“	(■)	
S7E	„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überflogen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“	■	
S7F	„Ich habe mir einmal den Text ganz gut durchgelesen und wenn ich etwas nicht mehr wusste, dann habe ich nochmal die Stelle gesucht und gelesen.“	■	
S8A	„Ich habe erst den kompletten Text einmal durchgelesen und dann halt immer langsam schrittweise durchgegangen und dann jeweils das gezeichnet, was dazugehört.“	■	
S8B	„Ich habe mir meiner Meinung nach die wichtigsten Informationen aus dem Text unterstrichen. Ich habe unterstrichen, was ich glaube, was mir dabei hilft, so ein Schaubild anzufertigen. Ich habe die wichtigen Sachen unterstrichen, die unwichtigen nicht.“, S8B liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	■	■
S8C	„Manche Texte, wenn ich sie nicht so ganz verstehe, lese ich sie halt nochmal und nochmal und nochmal, bis ich sie halt verstehe und ich versuche dann immer nach jedem Abschnitt so ein bisschen das zusammenzufassen, was in dem Text stand.“, die beschriebene Zusammenfassung lässt sich im Prozess nicht beobachten.	■	
S8D	„Ich habe mir wichtige Sachen gemerkt, zum Beispiel das mit den ganzen Tieren und wie die auch heißen und wer von wem gegessen wird. Dann habe ich mir gemerkt, dass die Destruenten auch CO ₂ in die Luft abgeben und dass wir Menschen auch zum Teil daran schuld sind, wegen den ganzen <i>Ölsachen</i> und so.“, S8D liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	■	

Tabelle A9.22 (Fortsetzung)

Schülerin/ Schüler	Vorgehen beim Lesen des Texts (mRef_AD_1)	Wiederholt Lesen	Unterstreichen
S8E	„Ich habe ihn erstmal durchgelesen und immer so geschaut, welche bestimmten Wörter mir schon bekannt vorkamen, dass ich dazu eine Verwendung finden konnte. Wenn da so Zahlen bzw. Prozente standen, waren mir diese nicht ganz so wichtig. Allgemein habe ich geschaut, was für mich am wichtigsten erschien.“, S7E liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	▪	
S8F	„Ich lese mir den Text einmal durch und wenn ich die Aufgaben lese, lese ich mir einfach den Text noch einmal durch, sodass ich es im Kopf nochmal durchgehen kann, was Sache ist oder was ich genau machen muss. Soll ich mir Begriffe rausschreiben? Ja.“, S8F schreibt keine Begriffe an den Rand des Texts.	▪	
S8G	„Ich habe es mir durchgelesen und halt immer wieder versucht, die wichtigsten Sachen zusammensetzen, damit ich ein grobes Bild davon habe, wie es funktioniert.“, S8G liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während er die Zeichnung anfertigt.	▪	
S10.1A	„Wenn ich Schwierigkeiten habe, lese ich die Stelle mehrmals oder ich habe unten auf das Schaubild geschaut, um mir die Textstelle zu erklären.“, S10.1A unterstreicht zusätzlich einzelne Abschnitte der Textgrundlage.	▪	▪
S10.1B	„Ich habe den Text gelesen und die wichtigsten Wörter unterstrichen, die den Inhalt des Satzes sehr gut widerspiegeln, [...] sodass, wenn ich nochmal über den Text lese, nur noch diese Wörter lesen muss, um den Text zu verstehen. Dadurch habe ich leichter die Stichpunkte aufschreiben können.“		▪
S10.1C	„Ich habe Zeile für Zeile gelesen und wenn ein Satz unklar war, habe ich den noch einmal gelesen, bis ich den Satz verstanden hatte. Ich habe mir so ein Überblick geschaffen, wo die Information steht, die ich brauche. Im oberen Teil war so eine Art Einleitung und im unteren Teil standen die Fachbegriffe.“	▪	
S10.1D	„Wenn ich den Text lese, markiere ich mir immer das Wichtigste und dadurch habe ich schon, wenn ich dann zu dem Schaubild komme, die wichtigsten Sachen markiert, sodass ich diese dann herausschreiben kann. Ich persönlich weiß, dass ich auch manchmal die unnötigen Sachen herausschreibe, die jetzt vielleicht nicht so wichtig sind, die ich aber als wichtig empfinde. Dann versuche ich den Text ggf. in eigenen Worten bzw. die Stichpunkte nochmal in eigenen Worten zu formulieren. [...]“, S10.1D liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	▪	▪
S10.2A	„Erstmal habe ich den Text ganz durchgelesen und dann, weil ich die Aufgabe schon wusste, dass ich ein Schaubild über die Hormonregulation anfertigen soll, deswegen bin ich noch mal intensiver auf den mittleren Abschnitt eingegangen und habe geschaut, was die einzelnen Schritte da sind, um es schon mal verstanden zu haben. Dann habe ich daraufhin das Schaubild gezeichnet.“, S10.2A unterstreicht zusätzlich einzelne Abschnitte der Textgrundlage.	▪	▪
S10.2B	„Ich habe es ganz normal gelesen und alles, was den Ablauf erklärt hat und für die Aufgabenstellung wichtig war, habe ich markiert.“, S10.2B liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	▪	▪
S10.2C	„Zuerst habe ich angefangen zu lesen und gleichzeitig unterstrichen, was ich wichtig fand.“, S10.2C liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während sie die Zeichnung anfertigt.	▪	▪
S10.2D	„Ich habe es mir einfach durchgelesen und dabei wichtige Schlüsselwörter entweder unterstrichen oder irgendwie markiert und das war es eigentlich.“, S10.2D liest den Text zusätzlich abschnittsweise erneut, während er die Zeichnung anfertigt.	▪	▪

Anhang 9.9: Selbsteinschätzung

Die nachfolgende Tabelle A9.23 zeigt die Stellungnahme der Schülerinnen und Schüler zu den Aussagen der Selbsteinschätzung. Die Teilnehmenden waren sowohl nach der Konstruktion der Ablaufdiagramme als auch nach den mikroskopischen Zeichnungen angehalten, eine Selbsteinschätzung vorzunehmen (Anhang 4, Anhang 5).

Tabelle A9.23 Selbsteinschätzung der Schülerinnen und Schüler im Anschluss an die Anfertigung der jeweiligen Zeichnung

Schülerin/Schüler	Ablaufdiagramm					Mikroskopische Zeichnung					
	Se_AD_1 (Überblick)	Se_AD_2 (Verstehen)	Se_AD_3 (Aufmerksam lesen)	Se_AD_4 (Aufmerksam Zeichnen)	Se_AD_5 (Auswahl Begriffe)	Se_MZ_1 (Überblick)	Se_MZ_2 (Verstehen)	Se_MZ_3 (Aufmerksam lesen)	Se_MZ_4 (Aufmerksam Zeichnen)	Se_MZ_5 (Gerne im Bio.U.)	Se_MZ_6 (Gerne außerhalb Bio.U.)
S7A	2	2	3	3	3	2	3	3	2	2	2
S7B	2	1	2	2	1	2	2	-	1	1	1
S7C	2	2	3	2	2	2	2	3	3	4	4
S7D	1	2	2	1	3	2	4	1	1	1	1
S7E	2	2	2	1	2	2	3	1	1	1	2
S7F	3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2
S8A	2	1	1	1	1	1	2	1	1	2	2
S8B	3	3	1	2	1	2	2	1	2	2	3
S8C	2	2	3	3	2	1	2	1	2	1	1
S8D	2	1	2	2	3	1	1	2	1	2	1
S8E	2	1	2	2	3	1	2	1	2	2	1
S8F	2	3	3	2	2	2	3	3	1	1	1
S8G	2	3	1	1	2	2	2	1	1	1	3
S10.1A	1	1	2	2	3	2	1	1	2	1	1
S10.1B	1	1	1	1	4	1	3	1	1	2	3
S10.1C	1	1	1	1	3	1	2	2	1	1	3
S10.1D	1	1	1	2	4	2	3	2	3	4	4
S10.2A	1	2	3	1	4	1	2	2	1	4	4
S10.2B	2	2	1	1	1	1	3	1	1	1	4
S10.2C	2	2	3	3	1	2	2	3	3	1	1
S10.2D	1	1	2	2	4	2	3	1	2	4	4

Anmerkung. 1 = stimme voll und ganz zu, 2 = stimme eher zu, 3 = stimme eher nicht zu, 4 = stimme gar nicht zu.

Anhang 9.10: Kontextbezogenes Verständnis

Die Differenzierung zwischen 'gezeichneten', 'genannten und gezeichneten' sowie 'genannten, aber nicht gezeichneten Elementen' erlaubt es einen Eindruck davon zu gewinnen, welche relevanten Textinformationen gelesen und erinnert, jedoch nicht dargestellt wurden. Die nachfolgende Tabelle A9.24 gibt hierzu einen Überblick.

Tabelle A9.24 Anzahl relevanter Textinformationen (Elemente) kontrastiert mit gezeichneten, genannten und gezeichneten, genannten, aber nicht gezeichneten Elementen

Schülerin/ Schüler/ Kontext	Elemente im Text		Gezeichnete Elemente				Genannte und gezeichnete Elemente				Genannte, aber nicht gezeich- nete Elemente
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>	%	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>n</i>
S7A	15	100	9	60.0	-	-	7	46.7	-	-	0
S7B	15	100	7	46.7	-	-	4	26.7	-	-	1
S7C	15	100	4	26.7	-	-	4	26.7	-	-	0
S7D	15	100	4	26.7	-	-	4	26.7	-	-	1
S7E	15	100	15	100	-	-	14	93.3	-	-	0
S7F	15	100	6	40.0	-	-	5	33.3	-	-	1
Kontext 7	15	100	-	-	50.0	25.2	-	-	42.2	23.9	-
S8A	8	100	4	50.0	-	-	4	50.0	-	-	0
S8B	8	100	4	50.0	-	-	4	50.0	-	-	0
S8C	8	100	8	100	-	-	8	100	-	-	0
S8D	8	100	5	62.5	-	-	5	62.5	-	-	2
S8E	8	100	5	62.5	-	-	5	62.5	-	-	1
S8F	8	100	5	62.5	-	-	3	37.5	-	-	0
S8G	8	100	3	37.5	-	-	3	37.5	-	-	-
Kontext 8	8	100	-	-	60.7	18.2	-	-	57.1	19.9	-
S10.1A	16	100	15	93.8	-	-	11	68.8	-	-	0
S10.1B	16	100	13	81.3	-	-	8	50.0	-	-	0
S10.1C	16	100	11	68.8	-	-	6	37.5	-	-	0
S10.1D	16	100	12	75.0	-	-	7	43.8	-	-	0
Kontext 10.1	16	100	-	-	79.7	9.3	-	-	50.0	11.7	-
S10.2A	15	100	9	60.0	-	-	7	46.7	-	-	1
S10.2B	15	100	11	73.3	-	-	9	60.0	-	-	1
S10.2C	15	100	14	93.3	-	-	-	-	-	-	-
S10.2D	15	100	9	60.0	-	-	9	60.0	-	-	2
Kontext 10.2	15	100	-	-	71.7	13.6	-	-	55.6	6.2	-

Anhang 9.11: Leistungen der Schülerinnen und Schüler

Auf Grund der unterschiedlichen Anzahl an Elementen und Relationen der jeweiligen Kontexte ist der Vergleich der inhaltsbezogenen Variable *Elemente&Relationen_pro_Minute_{AD}* nur innerhalb eines Kontexts aufschlussreich, wohingegen die Variable *Punkte_pro_Minute_{AD}* auch zum Vergleich zwischen Kontexten herangezogen werden kann, da diese die Gesamtpunktzahl einbezieht, die aus der kriterialen Beurteilung resultiert. Die in Tabelle A9.25 dargestellte Auswertung bezieht sich auf Ablaufdiagramme, wohingegen Tabelle A9.26 die mikroskopischen Zeichnungen betrifft.

Tabelle A9.25 Zwei Maße für die Leistung der Schülerinnen und Schüler bei der Anfertigung der Ablaufdiagramme sowie deren Bezugswerte

Schülerin/Schüler/ Kontext	T_Alle_Tätigkeiten _{AD}	Gesamtpunkte	Elemente	Relationen	Elemente + Relationen	Elemente&Relationen _pro_Minute _{AD}			Punkte_pro_Minute _{AD}		
						n	M	SD	n	M	SD
S7A	739	10	9	7	16	1.3	-	-	0.8	-	-
S7B	591	9	7	5	12	1.2	-	-	0.9	-	-
S7C	599	9	4	3	7	0.7	-	-	0.9	-	-
S7D	393	6	4	3	7	1.1	-	-	0.9	-	-
S7E	1341	15	15	18	33	1.5	-	-	0.7	-	-
S7F	2169	8	6	5	11	0.3	-	-	0.2	-	-
Kontext 7	-	-	-	-	-	-	1.0	0.4	-	0.7	0.2
S8A	711	17	4	4	8	0.7	-	-	1.4	-	-
S8B	1187	10	4	3	7	0.4	-	-	0.5	-	-
S8C	1278	12	8	7	15	0.7	-	-	0.6	-	-
S8D	545	17	5	5	10	1.1	-	-	1.9	-	-
S8E	645	20	5	6	11	1.0	-	-	1.9	-	-
S8F	728	15	5	4	9	0.7	-	-	1.2	-	-
S8G	790	12	3	3	6	0.5	-	-	0.9	-	-
Kontext 8	-	-	-	-	-	-	0.7	0.2	-	1.2	0.5
S10.1A	1251	21	15	14	29	1.4	-	-	1.0	-	-
S10.1B	845	18	13	12	25	1.8	-	-	1.3	-	-
S10.1C	753	22	11	9	20	1.6	-	-	1.8	-	-
S10.1D	1208	17	12	11	23	1.1	-	-	0.8	-	-
Kontext 10.1	-	-	-	-	-	-	1.5	0.3	-	1.2	0.4
S10.2A	564	22	9	6	15	1.6	-	-	2.3	-	-
S10.2B	785	20	11	8	19	1.5	-	-	1.5	-	-
S10.2C	1470	20	14	9	23	0.9	-	-	0.8	-	-
S10.2D	512	20	9	7	16	1.9	-	-	2.3	-	-
Kontext 10.2	-	-	-	-	-	-	1.5	0.4	-	1.7	0.6

Tabelle A9.26 Maß für die Leistung der Schülerinnen und Schüler bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung sowie dessen Bezugswerte

Schülerin/Schüler Kontext	<i>T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}</i>	Gesamtpunkte	<i>Punkte_pro_Minute_{MZ}</i>		
	<i>s</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
S7A	877	25	1.7	-	-
S7B	477	18	2.3	-	-
S7C	230	26	6.8	-	-
S7D	796	26	2.0	-	-
S7E	275	15	3.3	-	-
S7F	343	17	3.0	-	-
Kontext 7	-	36	-	3.2	1.7
S8A	374	30	4.8	-	-
S8B	349	28	4.8	-	-
S8C	876	27	1.8	-	-
S8D	325	28	5.2	-	-
S8E	375	27	4.3	-	-
S8F	265	12	2.7	-	-
S8G	311	27	5.2	-	-
Kontext 8	-	36	-	4.1	1.2
S10.1A	237	29	7.3	-	-
S10.1B	187	11	3.5	-	-
S10.1C	255	18	4.2	-	-
S10.1D	387	24	3.7	-	-
Kontext 10.1	-	36	-	4.7	1.5
S10.2A	300	33	6.6	-	-
S10.2B	319	30	5.6	-	-
S10.2C	329	26	4.7	-	-
S10.2D	328	20	3.7	-	-
Kontext 10.2	-	36	-	5.2	1.1

Anhang 9.12: Auswertung des Anteils deskriptional, depiktional oder hybrid dargestellter Elemente

In der nachfolgenden Tabelle ist die Auswertung der in den Ablaufdiagrammen deskriptional, depiktional oder hybrid dargestellten Elemente zu sehen. Hybrid bedeutet, dass ein Element sowohl deskriptional als auch depiktional dargestellt wurde. So zeichnet beispielsweise Laura eine Teilzeichnung, die das Element „Verbrennung fossiler Brennstoffe“ (Anhang 1.1) repräsentiert, und notiert zugleich den Begriff Kohleverbrennung.

Tabelle A9.27 Anzahl und Anteile der deskriptional und depiktional dargestellten Elemente der Ablaufdiagramme

Schülerin/Schüler/Typ	Anzahl der ausschließlich depiktional dargestellten Elemente	Anzahl der hybrid dargestellten Elemente	Anzahl der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente	Anzahl der insgesamt depiktional dargestellten Elemente	Anzahl der insgesamt deskriptional dargestellten Elemente	Summe aller depiktional und deskriptional dargestellten Elemente	Prozentualer Anteil der depiktional dargestellten Elemente	Prozentualer Anteil der deskriptional dargestellten Elemente
	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	<i>n</i>	%	%
S7A	7	2	0	9	2	11	81.8	18.2
S7B	5	2	0	7	2	9	77.8	22.2
S7C	3	1	0	4	1	5	80.0	20.0
S7D	4	0	0	4	0	4	100	0
S7F	5	1	0	6	1	7	85.7	14.3
S8C	6	2	0	8	2	10	80.0	20.0
S8G	2	1	0	3	1	4	75.0	25.0
Typ I	-	-	-	-	-	-	<i>M</i> = 82.9 <i>SD</i> = 7.6	<i>M</i> = 17.1 <i>SD</i> = 7.6
S7E	8	5	2	13	7	20	65.0	35.0
S8B	1	2	1	3	3	6	50.0	50.0
S8E	3	0	2	3	2	5	60.0	40.0
Typ II	-	-	-	-	-	-	<i>M</i> = 58.3 <i>SD</i> = 6.2	<i>M</i> = 41.7 <i>SD</i> = 6.2
S8A	0	0	4	0	4	4	0	100
S8D	0	1	4	1	5	6	16.7	83.3
S8F	0	0	5	0	5	5	0	100
S10.1A	0	0	15	0	15	15	0	100
S10.1B	0	0	13	0	13	13	0	100
S10.1C	0	3	8	3	11	14	21.4	78.6
S10.1D	0	0	12	0	12	12	0	100
S10.2A	0	0	9	0	9	9	0	100
S10.2B	0	0	11	0	11	11	0	100
S10.2C	0	0	14	0	14	14	0	100
S10.2D	0	0	9	0	9	9	0	100
Typ III	-	-	-	-	-	-	<i>M</i> = 3.5 <i>SD</i> = 7.4	<i>M</i> = 96.5 <i>SD</i> = 7.4

Anhang 10: Fallbeschreibungen

In diesem Abschnitt des Anhangs sind die Fallbeschreibungen hinterlegt, die in der präsentierten Auswahl in Unterkapitel 9.5 bislang nicht vorgestellt wurden. Tabelle A10.1 gibt hierzu eine Übersicht.

Wenn nicht anders angegeben, beziehen sich sämtliche nachfolgend genannten Mittelwerte und Standardabweichungen auf den Kontext, den die Schülerinnen bzw. die Schüler bearbeitet haben. Für einen Überblick über alle in den Fallbeschreibungen berichtete Schwierigkeiten bzw. Fehler sei auf die Tabellen 9.3 und 9.14 zu Beginn der Unterkapitel 9.2 und 9.3 verwiesen¹. Die in den Fallbeschreibungen angeführten Werte beziehen sich vor allem auf die in Anhang 7 und Anhang 9 hinterlegten Daten.

Tabelle A10.1 Verortung der Fallbeschreibungen und Bezug zu den repräsentationsspezifischen Schülertypen

Schülerin/ Schüler, Pseudonym	Ablaufdiagramm: Schülertyp	Kapitel- referenz	Mikroskopische Zeichnung: Schülertyp	Kapitel- referenz
S7A, Laura	Typ I	9.5.1	Typ III	Anhang 10.1
S7B, Isabelle	Typ I	Anhang 10.2	Typ II	Anhang 10.2
S7C, Nathalie	Typ I	Anhang 10.3	Typ II	Anhang 10.3
S7D, Jonas	Typ I	Anhang 10.4	Typ III	9.5.6
S7E, Florian	Typ II	Anhang 10.5	Typ II	Anhang 10.5
S7F, Mara	Typ I	Anhang 10.6	Typ I	Anhang 10.6
S8A, Sara	Typ III	Anhang 10.7	Typ II	Anhang 10.7
S8B, Lisa	Typ II	9.5.2	Typ II	Anhang 10.8
S8C, Nora	Typ I	Anhang 10.9	Typ III	Anhang 10.9
S8D, Johanna	Typ III	Anhang 10.10	Typ II	Anhang 10.10
S8E, Sofia	Typ II	Anhang 10.11	Typ II	Anhang 10.11
S8F, Emma	Typ III	Anhang 10.12	Typ I	Anhang 10.12
S8G, Ben	Typ I	Anhang 10.13	Typ II	Anhang 10.13
S10.1A, Klara	Typ III	9.5.3	Typ II	Anhang 10.14
S10.1B, Paul	Typ III	Anhang 10.15	Typ I	Anhang 10.15
S10.1C, Carolin	Typ III	Anhang 10.16	Typ I	9.5.4
S10.1D, Leah	Typ III	Anhang 10.17	Typ II	Anhang 10.17
S10.2A, Hannah	Typ III	Anhang 10.18	Typ II	9.5.5
S10.2B, Melinda	Typ III	Anhang 10.19	Typ II	Anhang 10.19
S10.2C, Victoria	Typ III	Anhang 10.20	Typ II	Anhang 10.20
S10.2D, Pablo	Typ III	Anhang 10.21	Typ II	Anhang 10.21

¹ Auf die potenziellen Schwierigkeiten wird ausschließlich in den Kapiteln 9.2 und 9.3 eingegangen. Gleiches gilt für die Schwierigkeiten *Inhaltliche Schwierigkeiten der Schülerinnen und Schüler bleiben unbeantwortet* (Ablaufdiagramm und mikroskopische Zeichnung) und *wesentliche Hilfestellungen wurden gegeben* (mikroskopische Zeichnung).

Anhang 10.1 Laura – S7A

Basisinformationen | Laura (S7A) hatte im letzten Zeugnis in Biologie die Note Zwei und in Kunst die Note Eins. Beim LGVT schneidet sie bezogen auf die Lesegeschwindigkeit von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb der Altersgruppe dieser Studie mit einem PR-Wert von 90 ($M = 50.8$, $SD = 34.6$) am besten ab. Dies bedeutet, dass nur 10% aller Lernenden innerhalb der Normierungsstichprobe ($N = 2390$) schneller gelesen haben (Schneider et al., 2007, S. 12). Ihre Leistung kann nach Schneider et al. (2007) als überdurchschnittliche Leistung (Wertebereich: 76-95) eingestuft werden. Mit ihrem Leseverständnis erzielt sie dahingegen einen PR-Wert von 38 ($M = 31.2$, $SD = 22.6$). Dies stellt den unteren Durchschnitt der durchschnittlichen Leistungen (Wertebereich: 26-50) dar (Schneider et al., 2007). Laura zeichnet sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Die Fallbeschreibung zur Konstruktion des Ablaufdiagramms befindet sich in Unterkapitel 9.5.1.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Vor der Studiendurchführung hat Laura bereits zweimal mikroskopisch gezeichnet. Sie betrachtete dabei laut eigener Aussage eine Zwiebelzelle und eine Haarwurzel unter dem Mikroskop. Ihr ist bekannt, dass es beim Zeichnen wichtig ist, die Größenverhältnisse der gezeichneten Objekte zu beachten, genau zu zeichnen und nichts zu zeichnen, was man nicht sieht. Den Aufbau der pflanzlichen Zelle und die Unterschiede zwischen tierischen und pflanzlichen Zellen kann sie nicht benennen. Beim Zeichnen-Test erzielt Laura für die Darstellung dreier pflanzlicher Zellen 12 von 36 Punkten (33.3%, $M = 45.5$, $SD = 11.8$). Sie schneidet damit schlechter ab als der Altersdurchschnitt. Eine Beschriftung der gezeichneten Strukturen kann sie nicht vornehmen, da sie den Aufbau der pflanzlichen Zelle nicht mehr erinnert. Die Darstellung der Zellwände ist untypisch. Wie im Zuge der Verständnisfragen am Ende deutlich wird, stellen die zentralen unbeschrifteten rundlichen Strukturen Zellkerne dar. Tierische Zellen kann sie nicht darstellen, obwohl sie sich daran erinnert, dass sie diese im Unterricht behandelt haben. Abseits der Kenntnis der zuvor genannten Kriterien des Zeichnens, ist ihre Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher und tierischer Zellen insgesamt als gering einzustufen. Dies wird auch durch die parallel zum Zeichnen-Test geäußerten Gedanken deutlich:

„[...] Ok. Jetzt fange ich mal an. Wie war die aufgebaut? Ich muss ehrlich sagen, ich weiß nicht, ob ich überhaupt noch etwas davon weiß. [unverständl.] Ich kann jetzt schon sagen, dass es nicht richtig ist, das merke ich, aber ich weiß, dass die [Zellen] irgendwie verbunden waren. Ich bin mir nicht sicher, ob die so verbunden waren. Ok, das ist falsch.“ (S7A, a24).

Tätigkeitsanalyse | Ihr Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung im Zuge der ersten Aufgabe setzt sich aus einer Abfolge von 186 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 86.2$, $SD = 60.9$) zusammen (Abb. A10.1). Innerhalb des Kontexts wechseln andere Schülerinnen und Schüler nicht so häufig zwischen einzelnen Tätigkeiten (Anhang 9.7). Die Aufgabenbearbeitung schließt sie nach etwa 14.5 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 877$ s, $M = 499.7$, $SD = 251.1$) ab und braucht damit länger als andere Teilnehmende.

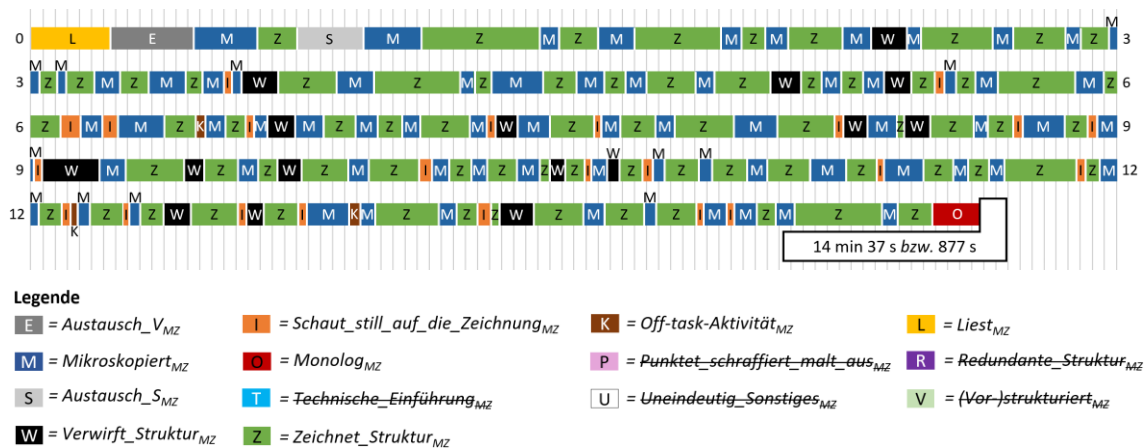


Abbildung A10.1 Abfolge der Tätigkeiten von Laura (S7A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Laura nimmt sich von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts jedoch am wenigstens Zeit, um den Einführungstext und die Aufgabenstellung zum mikroskopischen Präparat zu betrachten ($T_Liest_{MZ} = 13$ s, $M = 54.7$, $SD = 37.8$). Im späteren Verlauf gibt sie bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie beim Lesen eher nicht bei der Sache war. Bei der Anfertigung der Zeichnung geht Laura sehr kleinschrittig vor und deutet die Fortführung von Strukturen mittels dünner Linien an (Abb. A10.2). Dies spiegelt sich in der Häufigkeit des Zeichnens und Mikroskopierens wider. Beiden Tätigkeiten geht Laura etwa 70-mal abwechselnd nach ($AH_Mikroskopiert_{MZ} = 69$, $M = 32.7$, $SD = 25.8$, $AH_Zeichnet_Struktur_{MZ} = 71$, $M = 29.3$, $SD = 25.5$). Beide Tätigkeiten machen zusammen mehr als 80% der

Bearbeitungsdauer aus ($T_{\text{Mikroskopiert}_{MZ}} = 269 \text{ s}$, $M = 143.7$, $SD = 108.3$, $T_{\text{Zeichnet}_{Struktur}_{MZ}} = 450 \text{ s}$, $M = 195.7$, $SD = 150.5$). Auf Grund des extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Lauras Zeichnung dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Auch zeichnen innerhalb des Kontexts keine Schülerin und kein Schüler länger.

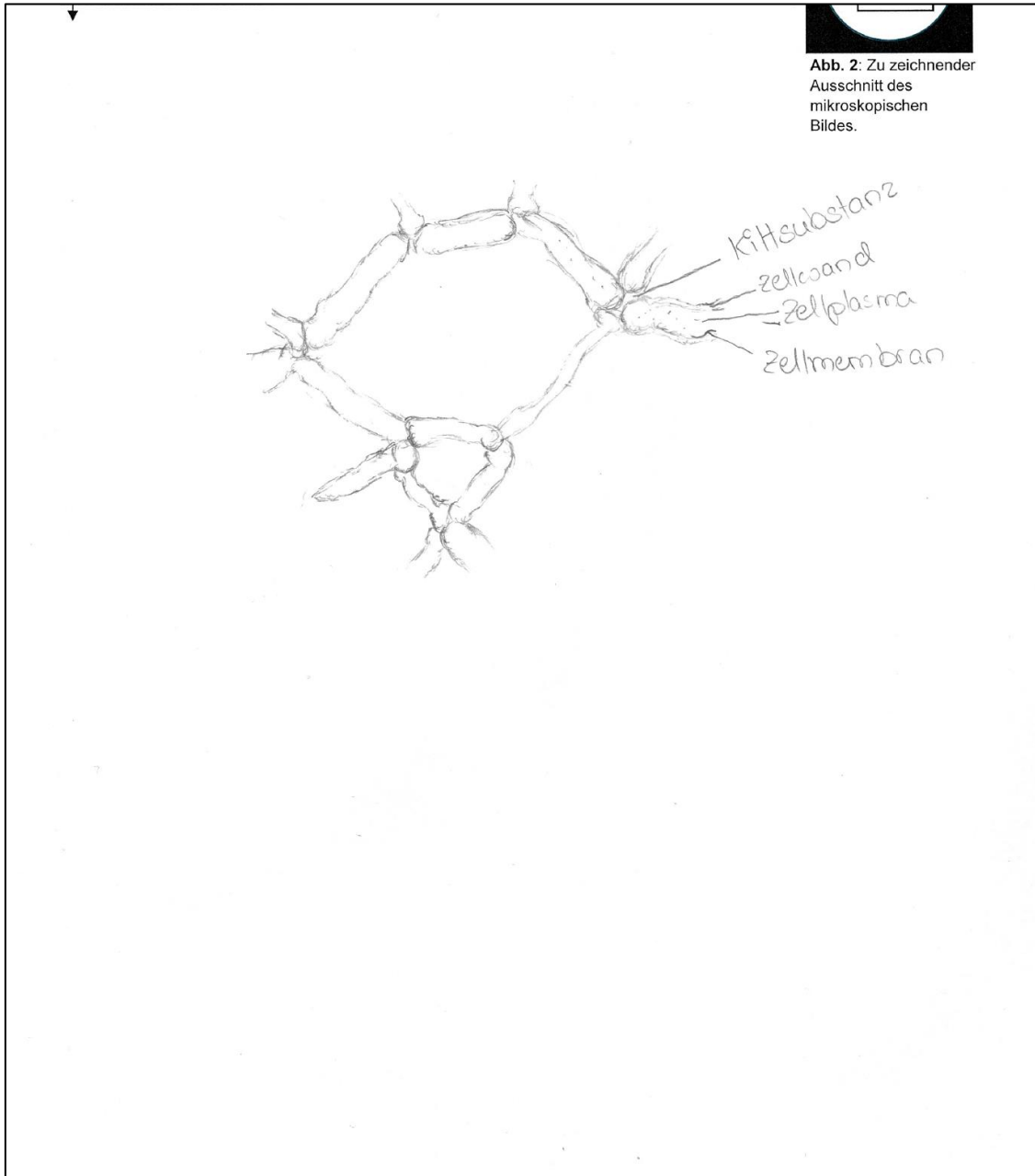


Abbildung A10.2 Zeichnung von Laura (S7A) zum Kontext 7: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen

Auch verwirft Laura am häufigsten gezeichnete Strukturen, indem sie diese ausradiert ($AH_{\text{Verwirft}_{Struktur}_{MZ}} = 16$, $M = 4.5$, $SD = 5.3$). Mit dieser Tätigkeit beschäftigt sie sich mehr als doppelt so lange wie ihre Altersgruppe durchschnittlich ($T_{\text{Verwirft}_{Struktur}_{MZ}} =$

73 s, $M = 30.7$, $SD = 26.7$). Bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sie sich ebenso wie bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms für einige Sekunden ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{MZ}} = 5$ s, $M = 2.5$, $SD = 2.6$). Laura schaut zudem am häufigsten still auf die eigene Zeichnung, um diese zu überblicken oder zu kontrollieren ($AH_{Schaut\ still\ auf\ die\ Zeichnung_{MZ}} = 23$, $M = 9.7$, $SD = 7.4$). Abbildung A10.3 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

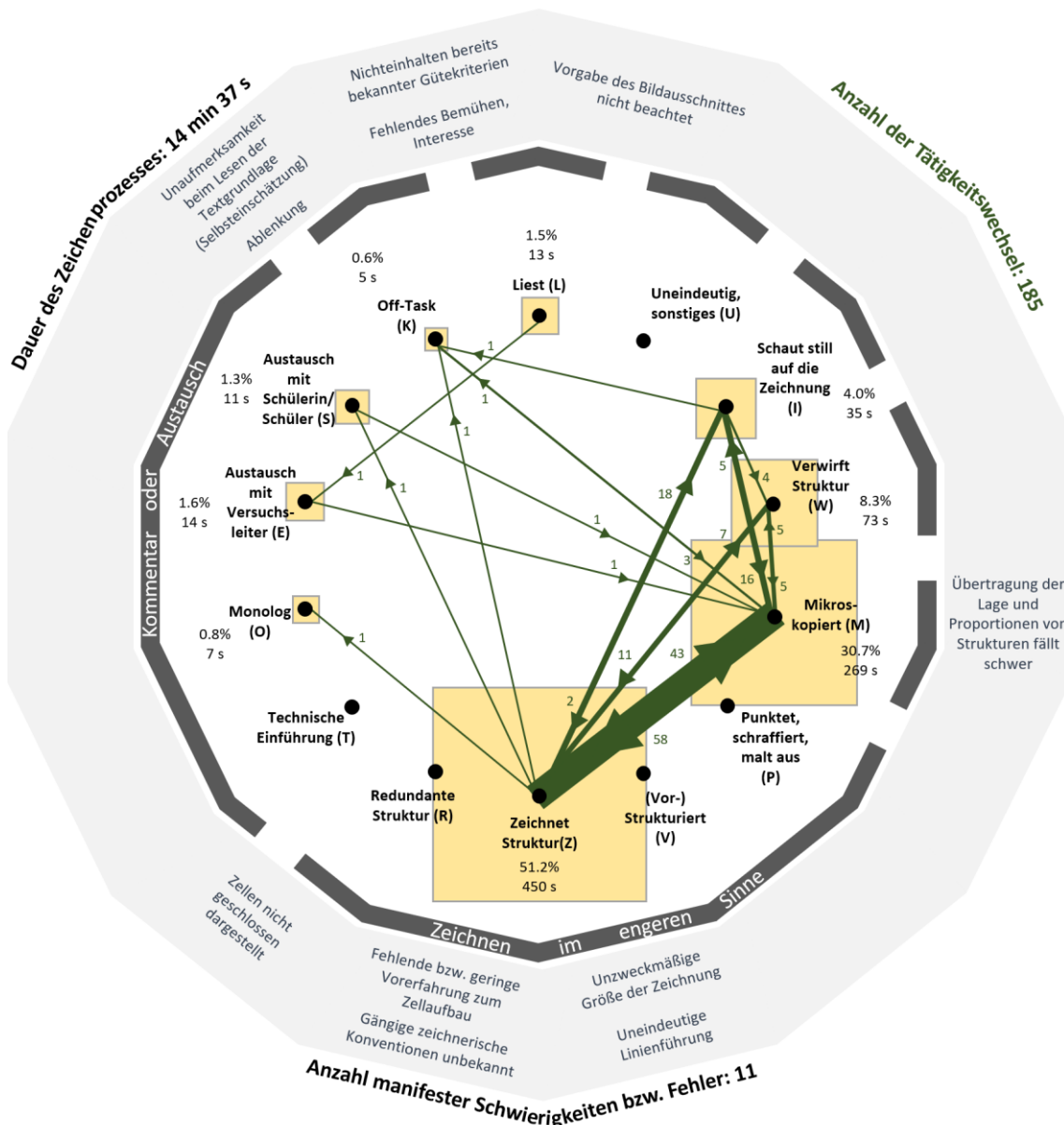


Abbildung A10.3 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Laura (S7A)

Während der zweiten Aufgabenstellung, also der Beschriftung der Zeichnung, nimmt Laura geringfügige Änderungen an der Zeichnung vor. Sie deutet nachträglich die Zellwand an drei Zellen an und beschriftet erst danach alle Strukturen vollständig. Zur Beschriftung der Zeichnung benötigt sie etwas weniger Zeit als ihre Altersgruppe durchschnittlich ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 155 \text{ s}$, $M = 200.0$, $SD = 93.8$).

Beurteilung | Bei der kriterialen Beurteilung erreicht die so entstandene Zeichnung 25 von 36 Punkten (69.4%, $M = 58.8$, $SD = 12.8$). Innerhalb des Kontexts stellt dies das zweitbeste Resultat dar. Setzt man die Bearbeitungsdauer und die erreichte Gesamtpunktzahl in Beziehung, erreicht Laura innerhalb des Kontexts jedoch die geringste Anzahl an Punkten pro Minute ($\text{Punkte_pro_Zeit}_{MZ} = 1.7$, $M = 3.2$, $SD = 1.7$).

Retrospektion | Laura geht im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen davon aus, dass ihr die mikroskopische Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, jedoch eher nicht geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Wie zuvor bereits angeführt, gibt sie an, dass sie beim Lesen eher nicht bei der Sache war. Beim Zeichnen war sie nach eigener Einschätzung eher bei der Sache.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Während sie bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms laut dachte, möchte die Schülerin während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung darauf verzichten. Dies begründet sie wie folgt:

„Wenn ich laut denke, dann tue ich es einfach, wenn nicht, dann lasse ich es.“ (S7A, b3). Ebenso, wie zu ihrem Ablaufdiagramm, äußert sie sich auch im Hinblick auf ihre mikroskopische Zeichnung gleichgültig gegenüber dem für sie nicht vollständig zufriedenstellenden Resultat:

„Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht, naja egal. Ich weiß nicht, ob man es erkennen kann. Ich glaube, ich habe es sehr verwirrend gemacht und nicht in der Reihenfolge, aber man dürfte es irgendwie erkennen.“ (S7A, b6).

Ausgelöst durch fehlende bzw. geringe Vorerfahrung zum Zellaufbau hat Laura Schwierigkeiten bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung. Dies wurde bereits beim Zeichnen-Test deutlich und bestätigt sich sowohl im Zuge der retrospektiv gestellten Verständnisfragen als auch während der mündlichen Reflexionsfragen:

„Es war das Wassernetz zu sehen und man hat gesehen, wie sich so ein Netz zusammensetzt. Von der Struktur her jetzt nicht so Kästchen, Kästchen, Kästchen nebeneinander, nicht so akkurat wie ein Fischernetz, sondern natürlich. Was mir aufgefallen ist, es gab kein Zellkern. Ich weiß nicht, ob er nur nicht in der Beschriftung war oder

ob ich ihn nicht gesehen habe. Dann habe ich natürlich die Zellwand gemalt, das war dieser Zwischenraum, den habe ich jetzt aber nicht so deutlich gemalt, lediglich bei den Zellen, die ich beschriftet habe. Das Zellplasma war innendrin das. Ich habe gesehen, das hatte eine körnige Struktur. [...] Die Zwischenräume, den Begriff habe ich vergessen, weil wir den noch nicht hatten, bei dem die Netzteile, Zellen aufeinandertreffen. Da habe ich auch nicht ganz verstanden, wie werden die genau zusammengehalten?“ (S7A, b9).

Der Schülerin sind gängige zeichnerische Konventionen im Wesentlichen unbekannt. Wie zuvor deutlich wurde, wechselt sie ca. 70-mal zwischen den Tätigkeiten Mikroskopieren und Zeichnen und zeichnet einen größeren als den in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitt ein. Anstatt der Verwendung durchgehender Linien zur Darstellung der Zellwand bzw. Zellmembran, deutet sie die Zellumrisse nur durch viele hunderte sehr dünne Linien an. Die Zellen sind dadurch nicht geschlossen und keine klare Linienführung liegt vor. Auf Grund der fehlenden mikroskopischen Praxis kann die Schülerin nicht oder nur in Ansätzen zwischen biologischem Zeichnen und dem Zeichnen in anderen Disziplinen unterscheiden. Sie hält sich weitestgehend an die von ihr im Vorfeld genannte Regel „*genau zu zeichnen*“ (S7A, a11), allerdings geht damit eine deutlich erhöhte Bearbeitungszeit einher:

„Ich habe zuerst das auffällige Dreieck gemalt und dann habe ich außerhalb die kleinen Strukturen gemalt und geguckt, dick oder dünn, und dann wenn die eine auffällige Biegung hatten, die mit einzubringen. Ich weiß nicht, ob ich es geschafft habe.“ (S7A, b15).

Dabei gelingt es Laura nur bedingt, die beiden anderen von ihr im Vorfeld genannten Regeln einzuhalten. Ferner zeigt sich, dass sie Schwierigkeiten beim zeichnerischen Übertragen der im Mikroskop gesehenen Proportionen hat (Abb. A10.4). Auch retrospektiv finden sich hierfür Belege:

„Mir ist auch aufgefallen, dass ich nach außen hin immer größer gezeichnet habe, dann habe ich versucht, das in der Mitte nochmal etwas anzupassen. Das hat nicht so geklappt. Ich habe nicht immer den Maßstab eingehalten [...]. Ich bin von innen nach außen vorgegangen. [...] Den Maßstab immer beizubehalten und dieses Dick und Dünn. Ich glaube, das habe ich auch nicht so wirklich geschafft. [...] Es war auch schwer, die verschieden darzustellen und zu schauen, wie die zusammenhängen, wie die Enden bzw. Anfänge aufeinandertreffen.“ (S7A, b17).

Auch an anderer Stelle wird die Unsicherheit bei der Darstellung der Strukturen deutlich:

„Was mir aufgefallen ist, es gab kein Zellkern. Ich weiß nicht, ob er nur nicht in der Beschriftung war oder ob ich ihn nicht gesehen habe.“ (S7A, b9).

Laura erkennt abschließend, dass sie ihre Zeichnung zu klein angelegt hat und den zur Verfügung stehenden Platz auf dem Zeichenblatt hätte besser nutzen können:

„Ich habe alles eher so minimalistisch gemalt. Man bekommt ja meist ein ganzes Blatt, um auch ein ganzes Blatt zu nutzen, das habe ich jetzt nicht gemacht. Ich glaube das hätte ich besser machen können.“ (S7A, b20).

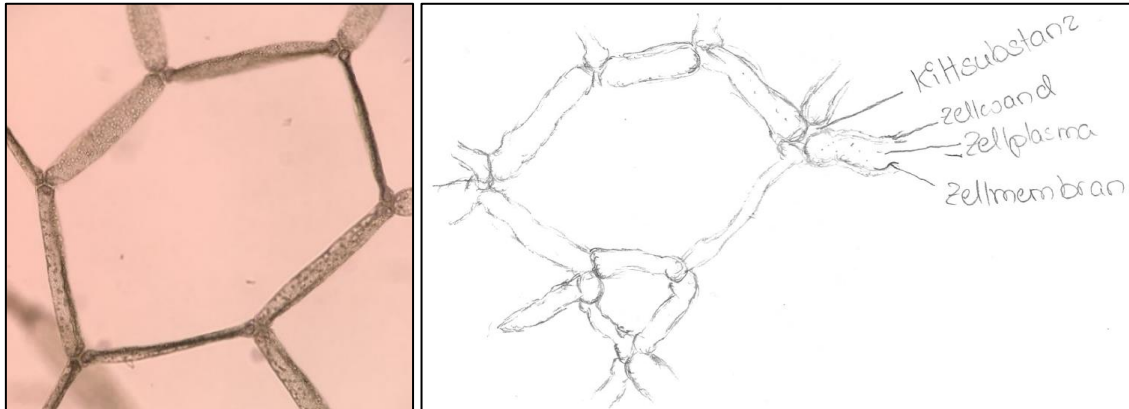


Abbildung A10.4 Ausschnitt des mikroskopischen Präparats und Zeichnung von Laura (S7A) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen*

Anhang 10.2 Isabelle – S7B

Basisinformationen | In Biologie und Kunst hatte Isabelle im letzten Zeugnis jeweils die Note Eins. Beim LGVT erzielt sie hinsichtlich der Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 59 ($M = 50.8$, $SD = 34.6$). Dies entspricht dem oberen Durchschnitt der durchschnittlichen Leistungen (Wertebereich: 51-75) (Schneider et al., 2007). Das gezeigte Leseverständnis ergibt den PR-Wert 38 ($M = 31.2$, $SD = 22.6$) und entspricht dem unteren Durchschnitt der durchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 26-50) (Schneider et al., 2007). Sie zeichnet sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Im Vorfeld kann Isabelle keine relevanten kontextbezogenen Informationen nennen. Ihre Vorerfahrung ist dahingehend als gering einzustufen. Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen macht sie deutlich, dass sie mit Ablaufdiagrammen bzw. Flussdiagrammen bereits in Erdkunde mehrmals konfrontiert wurde:

„Ablaufdiagramme, hm, also Flussdiagramme ja. Das haben wir mal in Erdkunde gemacht. [...] In Erdkunde letztes Jahr haben wir es ganz oft gemacht. In Bio eher weniger. [...] Ich weiß nicht, ob man das auch so nennen kann, aber wir hatten die Entstehung von Lebewesen mit Pfeilen gemacht.“ (S7B, a48, a50).

Tätigkeitsanalyse | Isabelles Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung lässt sich in Form einer Abfolge von 52 Tätigkeiten beschreiben (Abb. A10.5). Dies ist weniger als für die Altersgruppe durchschnittlich festgestellt werden kann ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 73.7$, $SD = 48.4$). Zur Erstellung des Ablaufdiagramms benötigt sie 591 Sekunden ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD}$). Sie ist damit schneller als ihre Altersgruppe durchschnittlich ($M = 972.0$ s, $SD = 611.4$). Sie beschäftigt sich mit dem Text und der Aufgabenstellung im Vergleich zur Altersgruppe im Vorfeld durchschnittlich lange ($T_Liest_vorab_{AD} = 211$ s, $M = 238.7$, $SD = 94.3$). Parallel zur Aufgabebearbeitung benötigt sie etwas mehr als zwei Minuten, um einzelne Textabschnitte und die Aufgabenstellung erneut zu lesen ($T_Liest_während_{AD} = 125$ s, $M = 343.5$, $SD = 480.0$).

Von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts, zeichnet sie in der Summe am kürzesten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 136$ s, $M = 252.5$, $SD = 91.9$). Der Tätigkeit des Zeichnens geht sie 15-mal nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD}$ $M = 23.7$, $SD = 17.2$). Isabelle nimmt sich insgesamt fast eine Minute Zeit, um die eigene Zeichnung still zu überblicken ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 54$ s, $M = 47.5$, $SD = 36.2$). Isabelle nimmt an keiner Stelle Korrekturen an der eigenen Zeichnung vor ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 0$, $M = 1.2$, $SD =$

1.5). Sie lässt sich einmal für kurze Zeit von der Aufgabenstellung ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{AD}} = 3\text{ s}$, $M = 3.2$, $SD = 2.9$). Die Schülerin zeichnet nur an einer einzigen Stelle einen Pfeil ein (Abb. A10.6). Dieser dient jedoch nicht dazu, die Zusammenhänge zwischen den Teilzeichnungen deutlich zu machen ($AH_{Explizite_Relationen_{AD}} = 0$, $M = 3.2$, $SD = 5.5$). Abbildung A10.7 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

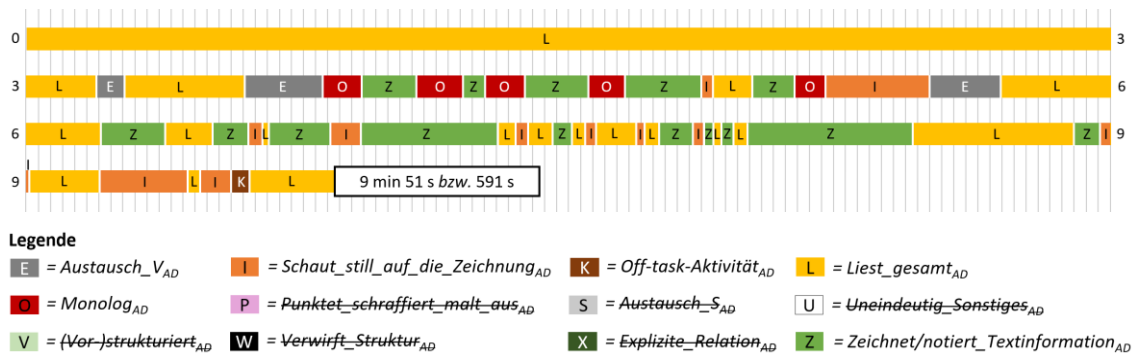


Abbildung A10.5 Abfolge der Tätigkeiten von Isabelle (S7B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Ihr Ablaufdiagramm erreicht bei der kriterialen Beurteilung 9 von 24 Punkten (37.5%, $M = 39.6$, $SD = 11.5$). Bezogen auf den Kontext liegt ihre Leistung knapp unterhalb des Durchschnitts. Isabelle stellt 7 von 15 der im Text genannten Elemente (46.7%, $M = 50.0$, $SD = 25.2$) und 5 von 19 Relationen (26.3%, $M = 36.0$, $SD = 27.2$) dar. In Bezug zur dafür benötigten Zeit stellt Isabelle 1.2 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.0$, $SD = 0.4$) dar bzw. erreicht 0.9 Punkte pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$). Auf Grund der überwiegend depiktional dargestellten Elemente lässt sich ihre Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Im Zuge der nach der Anfertigung des Ablaufdiagramms gestellten Verständnisfragen erinnert sie vier der sieben gezeichneten Textinformationen. Sie kann eine der acht weiteren im Text vorhandenen, aber nicht gezeichneten Textinformationen benennen. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Isabelle an, dass ihr die Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und geholfen hat, den Zusammenhang zu verstehen. Sie war sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen eher bei der Sache.

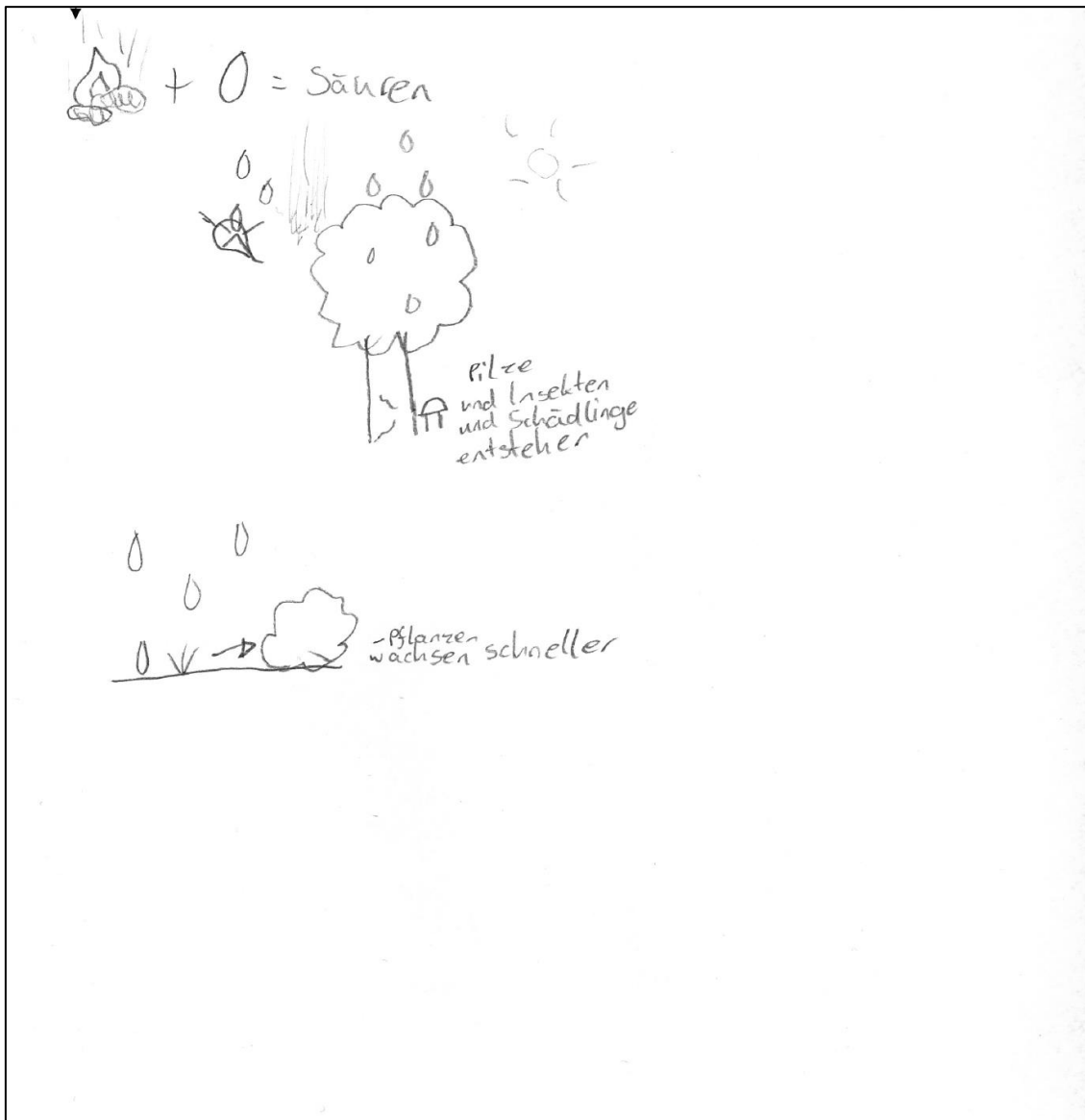


Abbildung A10.6 Zeichnung von Isabelle (S7B) zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Isabelle gibt an, dass ihr die Auswahl der relevanten Informationen aus dem Text schwer fiel. Dies bekräftigt sie auch im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen: „*Es fiel mir schwer, die Informationen herauszusuchen*“ (S7B, a40). Die negative Selbsteinschätzung für die Entnahme der relevanten Begriffe aus dem Text deckt sich mit der oben berichteten geringen Anzahl an dargestellten Elementen und Relationen. Gleichzeitig ist sie mit dem angefertigten Schaubild weitestgehend zufrieden:

„*Ja natürlich. Ich habe von dem Thema vorher noch nichts gehört und hätte ich das schon ein bisschen gekannt, dann wäre mir das natürlich besser gelungen. Aber jetzt so, dafür, dass ich es das erste Mal gemacht habe, ist es denke ich ganz in Ordnung.*“ (S7B, a44).

Was sie beim nächsten Mal anders machen würde, kann sie nicht benennen. Isabelle erkennt die eigenen Fehler bzw. Schwierigkeiten bei der Konstruktion der Zeichnung nur bedingt.

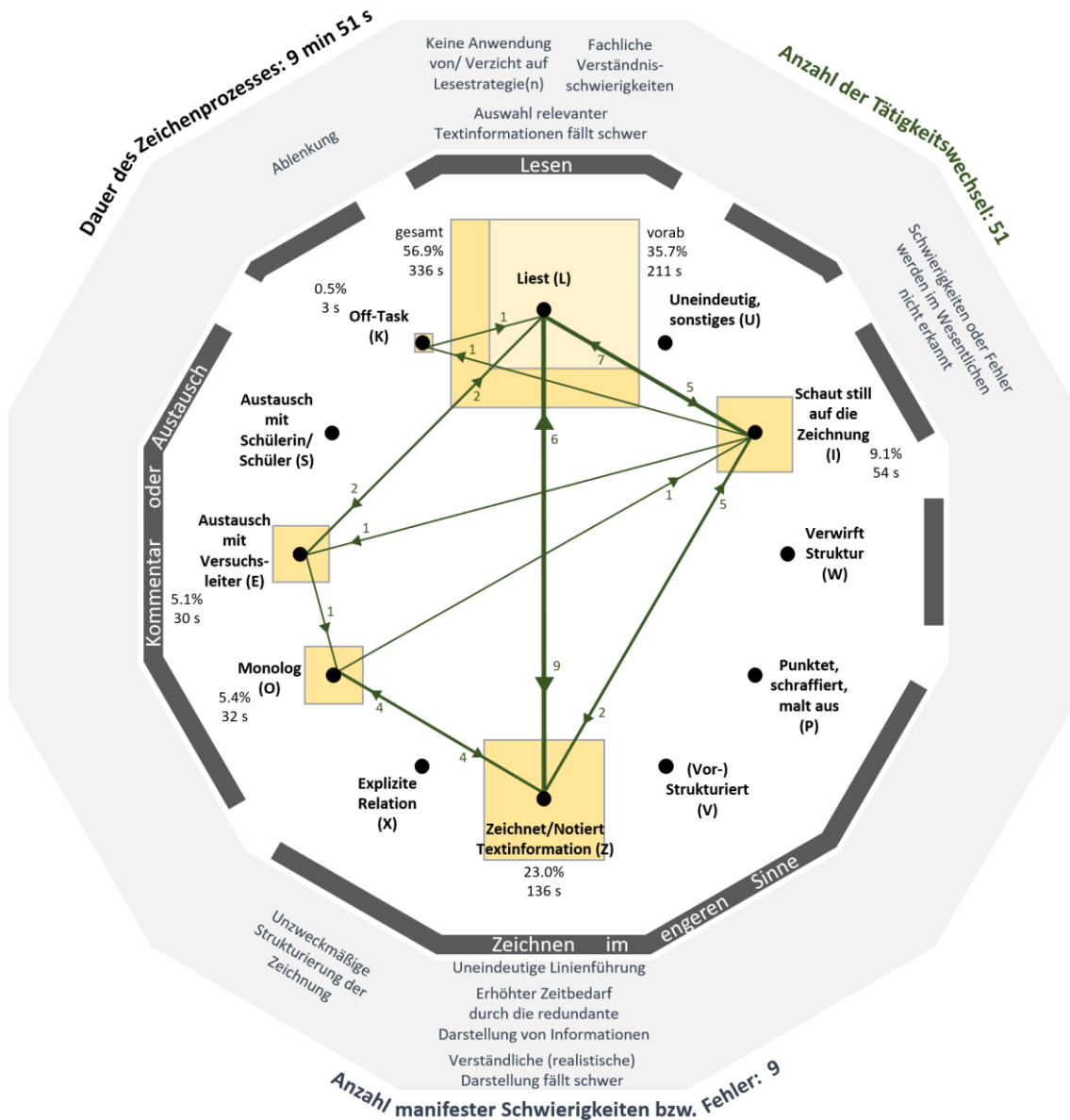


Abbildung A10.7 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Isabelle (S7B)

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Die Schülerin nutzt keine Lesestrategien, um den Text zu bearbeiten. Wie zuvor deutlich wurde, übersieht sie beim Lesen mehr als die Hälfte der für das Schaubild relevanten Begriffe:

„Ich habe es gelesen und mir versucht die Sachen, die da standen, zu merken und zu verstehen. Meistens lese ich dann noch ein zweites Mal drüber, damit ich nochmal schauen kann, ob ich wirklich alles aus dem Text entnommen und verstanden habe.“

[...] *Ich habe versucht, aufzuschreiben und aufzumalen, was ich noch wusste.*“ (S7B, a34, a36).

Die Schülerin kann die im Text beschriebenen Zusammenhänge nur in Ansätzen in eigenen Worten wiedergeben. Sie zeigt fachliche Verständnisschwierigkeiten. Dies wird sowohl im Zuge des lauten Denkens als auch in ihren Antworten auf die Verständnisfragen [Ver_AD_1-3] deutlich, z. B.:

„Der saure Regen schädigt die Blätter und dadurch verdunsten dann die Nadeln, also von den Nadelbäumen. Ich kann nicht erklären irgendwie. [...] Hier ist der saure Regen und wenn im Sommer diese Sonneneinstrahlung ist und wenn da wenig Wasser ist, entstehen da Pilze, Insekten und Schädlinge auf dem Baum.“ (S7B, a21, a24).

Das fehlende Verständnis für die Zusammengehörigkeit der Teilprozesse spiegelt sich in Isabelles Zeichnung wider. Die Beziehung zwischen den einzelnen Teilzeichnungen wird nicht eindeutig dargestellt. Auch lässt sich in diesem Zusammenhang feststellen, dass Isabelle Schwierigkeiten damit hat, die Textinformationen verständlich (realistisch) zu repräsentieren. Einige Aspekte, die sie nach kurzem Zögern nicht realistisch darstellen kann, notiert sie in ihrem Schaubild, z. B. „Pflanzen wachsen schneller“, „Säuren“. Die Entstehung von saurem Regen drückt sie in einer Art Formel aus, wobei die Verbrennung von Kohle realistisch dargestellt ist, das atmosphärische Zusammentreffen der Verbrennungsgase mit Wasserdampf durch ein Plus-Zeichen sowie einen Regentropfen. Die daraus resultierenden Säuren repräsentiert sie durch ein Gleichheitszeichen und den Begriff „Säuren“.

Einige Textinhalte bildet Isabelle sowohl realistisch als auch durch Wörter ab (z. B. Pilze und andere Lebewesen, die Bäume schädigen). Eine redundante Darstellung von Textinformationen ist an einigen Stellen die Folge. Lediglich das Wachstum von Pflanzen visualisiert sie mit Hilfe eines Pfeils.

Insgesamt bleibt die Zeichnung unvollständig und entspricht nicht dem Aufgabenzusatz, nämlich das Schaubild so darzustellen, dass eine andere Person die Zusammenhänge verstehen kann. Bei der inhaltlichen Darstellung beschränkt sie sich im Wesentlichen auf die leicht zu visualisierenden Aspekte der Textgrundlage. Die überwiegend realistische Darstellung der Teilprozesse limitiert die Schülerin bei der Abbildung der Textinformationen. Wie zuvor dargestellt, kann sie einen zusätzlichen Teilprozess aus dem Text benennen, den sie in ihrer Zeichnung nicht dargestellt hat.

Einzelne Strukturen sind in ihrer Zeichnung zudem undeutlich dargestellt (Abb. A10.8) und werden größtenteils additiv aneinandergereiht. Die räumliche Anordnung der Teilzeichnungen auf dem Arbeitsblatt der Schülerin weist weiterhin eine unzuverlässige Strukturierung auf. Die Verbrennung fossiler Brennstoffe erfolgt im Schaubild oberhalb des

gezeichneten Baums, anstatt dass beispielsweise alle Teilprozesse horizontal in eine Landschaft integriert werden, in der oberhalb die Atmosphäre und unterhalb der Erdboden liegt.



Abbildung A10.8 Ausschnitte aus der Zeichnung von Isabelle (S7B) zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder*, links: Darstellung des atmosphärischen Aufstiegs der Gase in Folge der Verbrennung fossiler Brennstoffe und rechts: Andeutung des Sauren Nebels mit Hilfe vieler dünner Linien

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Isabelle gibt an, dass sie noch nie mikroskopisch gezeichnet hat. Regeln für die Anfertigung mikroskopischer Zeichnungen sind ihr keine bekannt. Den Aufbau einer pflanzlichen Zelle kann sie nicht benennen: „*Dazu hatten wir noch nicht so viel gemacht.*“ (S7B, a13). Beim Zeichnen-Test zeichnet Isabelle nur pflanzliche Zellen und keine tierischen Zellen. Die unbeschrifteten pflanzlichen Strukturen erinnern in ihrer Gestalt an Zellkern, Zellwand und Zellmembran. Zwischen den drei pflanzlichen Zellen ergibt sich in ihrer Zeichnung ein Interzellularraum. Die Strukturen sind mit durchgehenden Linien dargestellt. Für ihre Zeichnung erhält sie 17 von 36 Punkten (47.2%, $M = 45.5$, $SD = 11.8$).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen von Isabelle während der Anfertigung der Zeichnung lässt sich im Rahmen der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 90 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 86.2$, $SD = 60.9$) charakterisieren (Abb. A10.9). Für die gesamte Zeichenaufgabe benötigt sie acht Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 477$ s, $M = 499.7$, $SD = 251.1$). Mit dem Einführungstext und der Aufgabenstellung beschäftigt sich die Schülerin 25 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 54.7$, $SD = 37.8$). Die Schülerin blickt 28-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 32.7$, $SD = 25.8$) durch das Mikroskop und mikroskopiert für etwas mehr als zwei Minuten ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 128$ s, $M = 143.7$, $SD = 108.3$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Isabelles Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Neben dem Mikroskopieren beschäftigt sie sich knapp zweieinhalb Minuten mit dem Zeichnen ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 204$ s, $M = 221.7$, $SD = 134.4$). Hiervon entfällt knapp eine

Minute auf die Umrahmung ihrer Zeichnung (Abb. A10.10). Innerhalb des Kontexts nehmen nur sie und ein weiterer Schüler eine Vorstrukturierung vor.

Mehr als zehn Prozent der Bearbeitungszeit entfallen wiederum auf das kleinschrittige Verwerfen bereits dargestellter Strukturen ($T_{Verwirft_Struktur_{MZ}} = 61 \text{ s}$, $M = 30.7$, $SD = 26.7$). Die eigene Zeichnung überblickt sie in 15 Fällen für insgesamt 35 Sekunden ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}} = 35 \text{ s}$, $M = 18.3$, $SD = 12.1$), ohne dabei parallel anderen Tätigkeiten nachzugehen. Gemeinsam mit Laura (S7A) geht sie dieser Tätigkeit mehr als doppelt so lange nach als andere Schülerinnen und Schüler innerhalb des Kontexts. Während des Zeichnens lässt sie sich zudem mehrmals für wenige Sekunden von der Aufgabebearbeitung ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{MZ}} = 6 \text{ s}$, $M = 2.5$, $SD = 2.6$).

Im Zuge der zweiten Aufgabe nimmt Isabelle für viereinhalb Minuten ($T_{Beschriftung_Korrektur_{MZ}} = 271 \text{ s}$, $M = 200.0$, $SD = 93.8$) weitreichende Änderungen an der Zeichnung vor. Abbildung A10.10 zeigt die Zeichnung der Schülerin nach Abschluss der ersten Aufgabe. Nachdem sie zunächst die erste Zeichnung um weitere Strukturen ergänzt und beschriftet hat, fertigt sie unterhalb der Zeichnung eine weitere an (Abb. 10.11), die einen vergrößerten Ausschnitt dieser zeigt. Die Schülerin merkt an:

„Soll ich das einfach nochmal neu zeichnen, weil das erkennt man nicht so gut auf der Zeichnung.“ (S7B, b8).

In der neuen Zeichnung sind die Zellwand und die Zellmembran deutlicher voneinander differenziert. Auch hier nimmt sie eine Beschriftung vor.

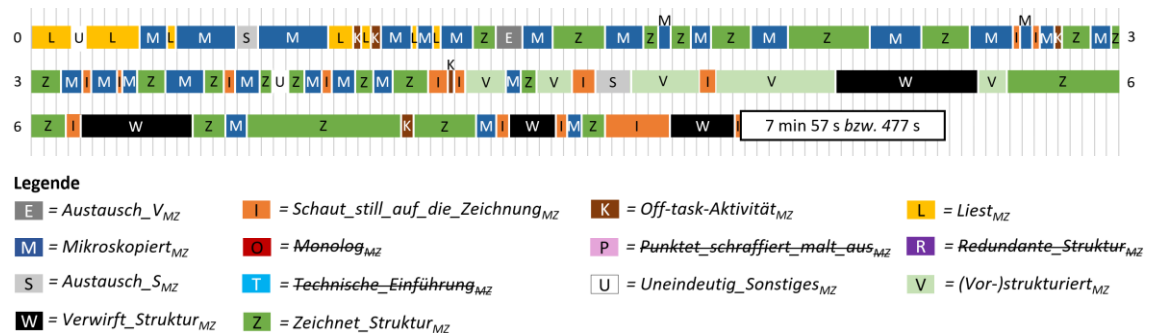


Abbildung A10.9 Abfolge der Tätigkeiten von Isabelle (S7B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7B in Anhang 8 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

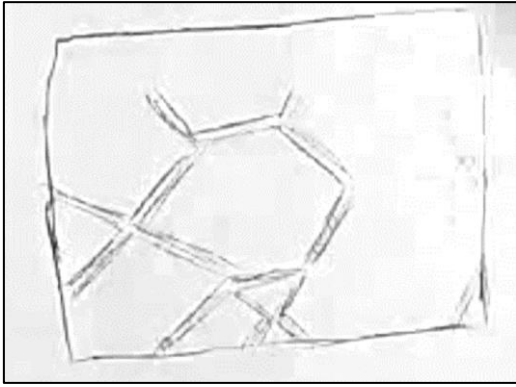


Abbildung A10.10 Mikroskopische Zeichnung von Isabelle (S7B) nach Abschluss der ersten Aufgabe

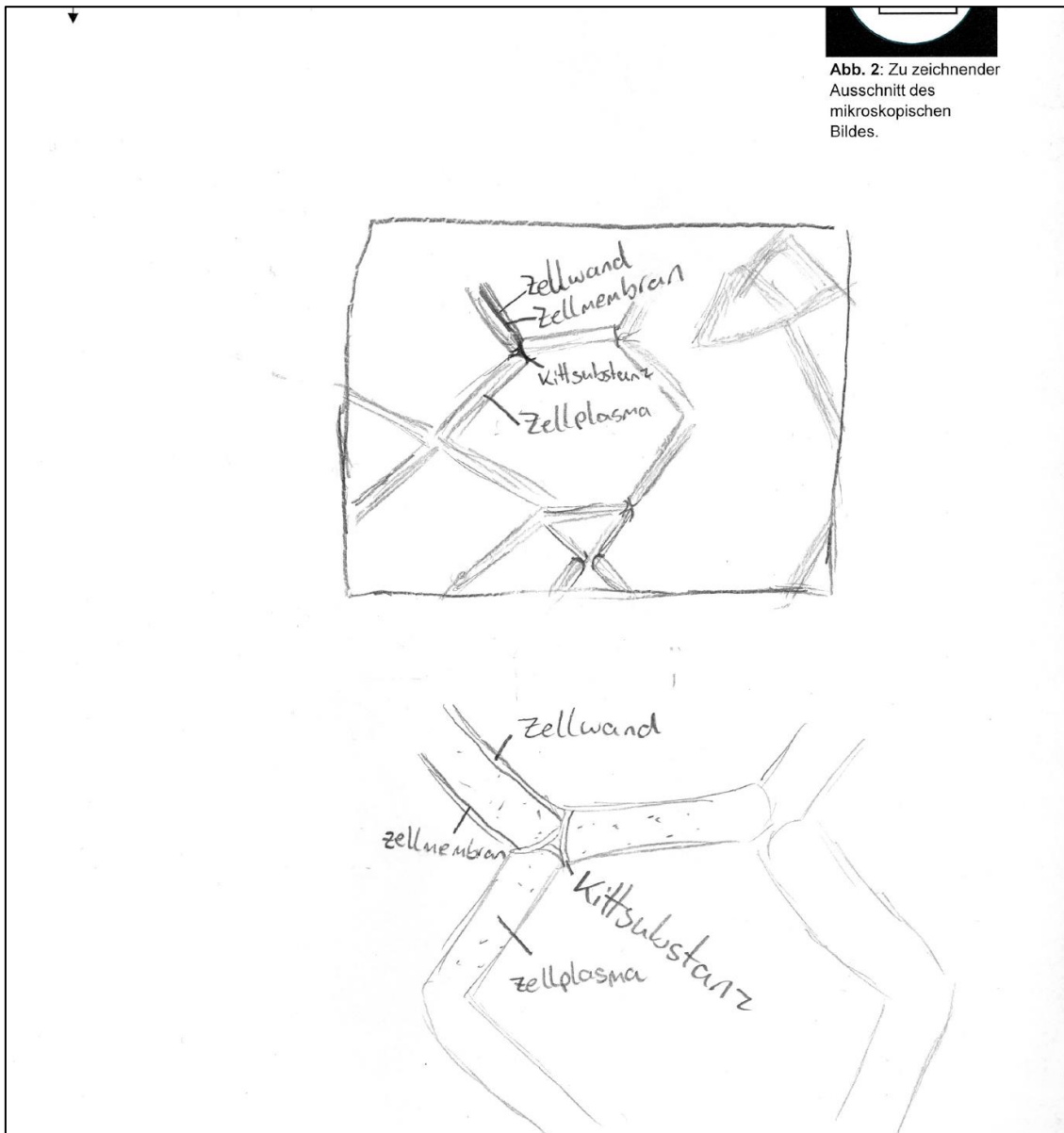


Abbildung A10.11 Zeichnung von Isabelle (S7B) zum Kontext 7: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen

Beurteilung | Isabelles Darstellung erzielt bei der kriterialen Beurteilung 18 von 36 Punkten (50.0%, $M = 58.8$, $SD = 12.8$). Bezogen auf den Kontext ergibt sich mit 2.3 Punkten pro Minute ($M = 3.2$, $SD = 1.7$) eine unterdurchschnittliche Leistung.

Retrospektion | Isabelle gibt im Rahmen der Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr die mikroskopische Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und die Zusammenhänge zu verstehen. Zur Aufmerksamkeit beim Lesen nimmt sie keine Einschätzung vor. Beim Zeichnen war sie laut eigener Einschätzung bei der Sache.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Nach Abschluss der Aufgabenstellung berichtet Isabelle, dass sie sich vor dem Beginn des Zeichnens über die Strukturierung ihrer Darstellung zunächst Gedanken gemacht hat. Dabei verdeutlicht sie rückblickend auch, dass sie während der Bearbeitung der Aufgabenstellung nach etwa vier Minuten die Strategie beim Vorgehen geändert hat: Nachdem bereits einige Strukturen eingezeichnet sind, zeichnet sie über diese Strukturen ein Rechteck ein, das den auf dem Arbeitsblatt dargestellten Bildausschnitt aus dem Sichtfeld repräsentiert. Alle Strukturen, die außerhalb des Rechtecks liegen, entfernt sie mit dem Radiergummi. Im Anschluss fügt sie weitere Strukturen innerhalb des Rechtecks ein:

„Ich habe es mir angeschaut und darüber nachgedacht, wie ich das anfertigen will [...] Ich habe mir das angeschaut und versucht, mir einen Teil zu merken, habe den Teil aufgezeichnet und habe das dann immer wieder gemacht. Danach habe ich einen Ausschnitt eingezeichnet und habe geschaut, was in den Ausschnitt reinkommt. Dann habe ich es noch etwas verfeinert, dass man es erkennt.“ (S7B, b20, b5).

Wie bereits dargestellt, wird beim Zeichnen-Test deutlich, dass Isabelle nur sehr wenige Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen mitbringt und bislang keine Erfahrungen mit dem mikroskopischen Zeichnen gesammelt hat. Die fehlende Vertrautheit mit zeichnerischen Konventionen erschwert die Darstellung der Strukturen zusätzlich. Auf die Frage, ob sie beim nächsten Mal etwas anders machen würde, antwortet sie: *„Ich denke nicht.“* (S7B, b27). Isabelle ist sich unsicher, wie sie die Strukturen angemessen darstellen soll. Sie stellt die Zellen sowohl in der oberen als auch in der später entstandenen unteren Zeichnung nicht geschlossen dar. Im Video wird deutlich, dass die in der oberen Zeichnung im Zellinneren angedeuteten Linien keine Schraffierung des Zellplasmas darstellen, sondern Bestandteile der grob skizzierten Zellwände. Insbesondere in der oberen Zeichnung werden Zellen lediglich durch eine Vielzahl von Linien angedeutet. Außerdem ist insbesondere in der oberen Zeichnung das Maß an Abstraktion zu stark. Darauf geht sie auch im Rahmen der Fragen, was ihr schwergefallen ist und was besser gelingen hätte können, ein:

„Ich habe es nicht ganz so genau gemacht. Ich habe eher so Striche gezeichnet. Ich hätte es genauer zeichnen können, dass man das Zellplasma und die Membran gut erkennt. [...] Dass es etwas genauer ist und weniger abstrakt aussieht.“ (S7B, a22, a25).

Zumindest die obere Zeichnung der Schülerin fällt deutlich zu klein aus, um zwischen einzelnen Strukturen differenzieren zu können. Auch weicht die obere Zeichnung von dem in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitt ab. Die Beschriftungslinie des Begriffs Kittsubstanz grenzt zudem nicht an die zu bezeichnende Struktur und bezeichnet damit die Zellwand fälschlicherweise als Kittsubstanz. Auch punktet die Schülerin in der unteren Zeichnung das Zellplasma. Dies entspricht nicht den Konventionen mikroskopischen Zeichnens. Das Punkten taucht in der Darstellung der Tätigkeiten nicht auf, da sie die Punkte erst im Nachhinein im Zuge der zweiten Aufgabe hinzufügt.

Abbildung A10.12 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

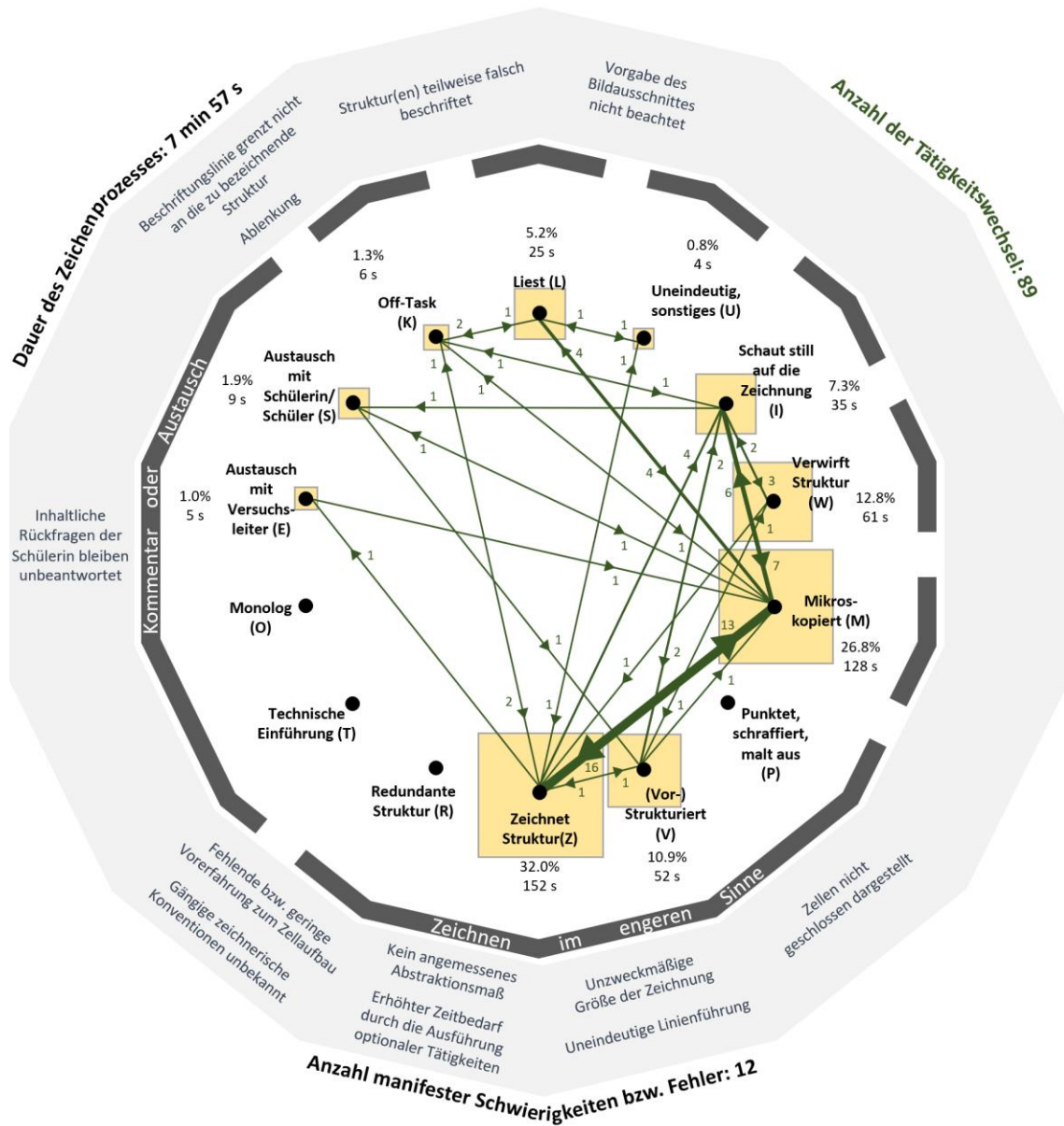


Abbildung A10.12 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Isabelle (S7B)

Anhang 10.3 Nathalie – S7C

Basisinformationen | In Biologie hatte Nathalie zuletzt eine Drei und in Kunst eine Zwei im Zeugnis. Beim LGVT erreicht sie einen PR-Wert von 82 ($M = 50.8, SD = 34.6$). Dies stellt die zweitbeste Leistung der Schülerinnen und Schüler, die Kontext 7 bearbeitet haben, dar und entspricht nach Schneider et al. (2007) einer überdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 76-95). Ihr Leseverständnis ist mit einem PR-Wert von 71 ($M = 31.2, SD = 22.6$) innerhalb des Kontexts am höchsten und lässt sich nach Schneider et al. (2007) im oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) verorten. Die Schülerin gibt an, dass sie sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts nicht gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Im Vorfeld wird deutlich, dass Nathalie keine fachliche Vorerfahrung zum Kontext mitbringt.

Tätigkeitsanalyse | Nathalies Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung lässt sich in Form einer Abfolge von 51 Tätigkeiten beschreiben (Abb. A10.13). Dies ist weniger als für die Altersgruppe durchschnittlich festgestellt werden kann ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 73.7, SD = 48.4$). Zur Fertigstellung der Zeichnung benötigt Nathalie inklusive des Lesens des Texts etwa zehn Minuten und ist damit schneller als die Altersgruppe durchschnittlich ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 599\text{ s}, M = 972.0, SD = 611.4$). Sie beschäftigt sich vor Beginn des Zeichnens knapp drei Minuten mit dem Text und der Aufgabenstellung ($T_Liest_vorab_{AD} = 172\text{ s}, M = 238.7, SD = 94.3$). Parallel zum Zeichnen nimmt sie sich nur etwas mehr als eine Minute Zeit, um Abschnitte des Texts erneut zu lesen ($T_Liest_während_{AD} = 63\text{ s}, M = 343.5, SD = 480.0$). In beiden Fällen liegt sie damit unter dem Altersdurchschnitt. Der Tätigkeit des Zeichnens geht sie etwas weniger als fünf Minuten lang nach ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 281\text{ s}, M = 252.5, SD = 91.9$). Diese Tätigkeit übt sie 14-mal aus ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 23.7, SD = 17.2$). Außerdem überblickt sie die Zeichnung elfmal, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen ($AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 11, M = 10.3, SD = 6.8$). Anhand der dargestellten Tätigkeitsabfolge wird deutlich, dass sich bei Nathalie wenig lange Phasen des Zeichnens mit kurzen Phasen des Lesens und des Überblickens der Zeichnung abwechseln. An zwei Stellen verwirft sie gezeichnete Strukturen und benötigt dafür nur wenige Sekunden ($T_Verwirft_Struktur_{AD} = 12\text{ s}, M = 7.2, SD = 9.5$). Sie lässt sich an keiner Stelle von der Bearbeitung der Aufgabe abbringen ($T_Off-task-Aktivität_{AD} = 0\text{ s}, M = 3.2, SD = 2.9$).

Die in ihrem Schaubild (Abb. A10.14) eingezeichneten Pfeile dienen ausschließlich der Beschriftung von Strukturen und nicht der Visualisierung der Zusammengehörigkeit von

Teilprozessen ($AH_Explizite_Relationen_{AD} = 0, M = 3.2, SD = 5.5$). Abbildung A10.15 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

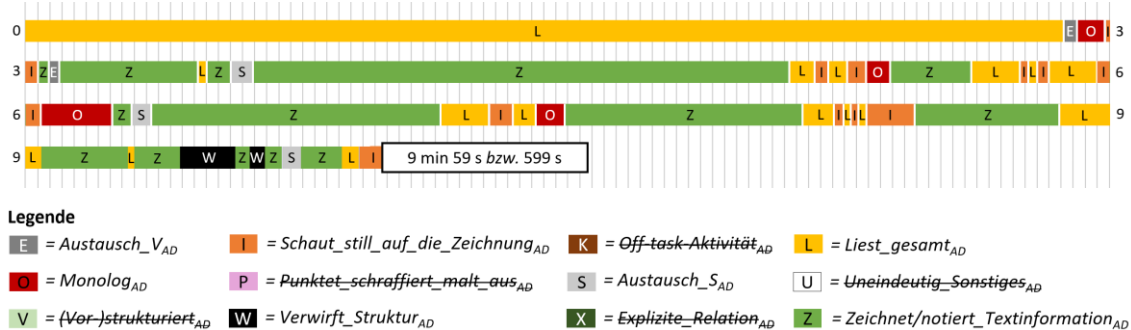


Abbildung A10.13 Abfolge der Tätigkeiten von Nathalie (S7C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Das Ablaufdiagramm von Nathalie erreicht bei der kriterialen Beurteilung 9 von 24 Punkten (37.5%, $M = 39.6, SD = 11.5$). Ihre Leistung liegt innerhalb des Kontexts knapp unterhalb des Durchschnitts. Sie stellt 4 von 15 der im Text genannten Elemente (26.7%, $M = 50.0, SD = 25.2$) und 3 von 19 der Relationen (15.8%, $M = 36.0, SD = 27.2$) dar. Setzt man dies in Relation zur Bearbeitungsdauer der Zeichenaufgabe, erzielt Nathalie 0.7 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.0, SD = 0.4$) bzw. hinsichtlich der Punkte im Zuge der kriterialen Beurteilung 0.9 Punkte pro Minute ($M = 0.7, SD = 0.2$). Auf Grund der überwiegend depiktional dargestellten Elemente lässt sich ihre Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Nach Anfertigung der Zeichnung kann sie alle vier in der Zeichnung dargestellten Textinformationen benennen. Von den elf weiteren in der Zeichnung nicht dargestellten relevanten Textinformationen kann sie auch im Nachhinein keine benennen, obwohl einerseits das im Vorfeld gezeigte Leseverständnis dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen als auch andererseits die Lesegeschwindigkeit einer überdurchschnittlichen Leistung entspricht.

Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Nathalie an, dass ihr die Zeichnung eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und die Zusammenhänge zu verstehen. Sie schätzt ein, dass sie eher nicht aufmerksam gelesen hat, dafür jedoch beim Zeichnen eher aufmerksam war. Die Auswahl der Begriffe fiel ihr laut eigener Einschätzung eher schwer. Die eher negative Selbsteinschätzung hinsichtlich der Aufmerksamkeit beim Lesen und bei der Entnahme der

für das Schaubild relevanten Inhalte aus dem Text deckt sich mit der oben beschriebenen geringen Anzahl dargestellter Elemente und Relationen.

Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen verdeutlicht sie am Ende, dass sie den Text gründlicher hätte lesen sowie „[...] mit dem Textmarker ein paar Textstellen markieren“ (S7C, b28) müssen. Auch die Antworten auf die mündlichen Verständnisfragen (Ver_AD_1) zeigen, dass ihr die Entnahme relevanter Textinformationen schwer fiel. Zwei der vier gestellten Fragen lässt sie unbeantwortet und eine beantwortet sie nur sehr knapp.

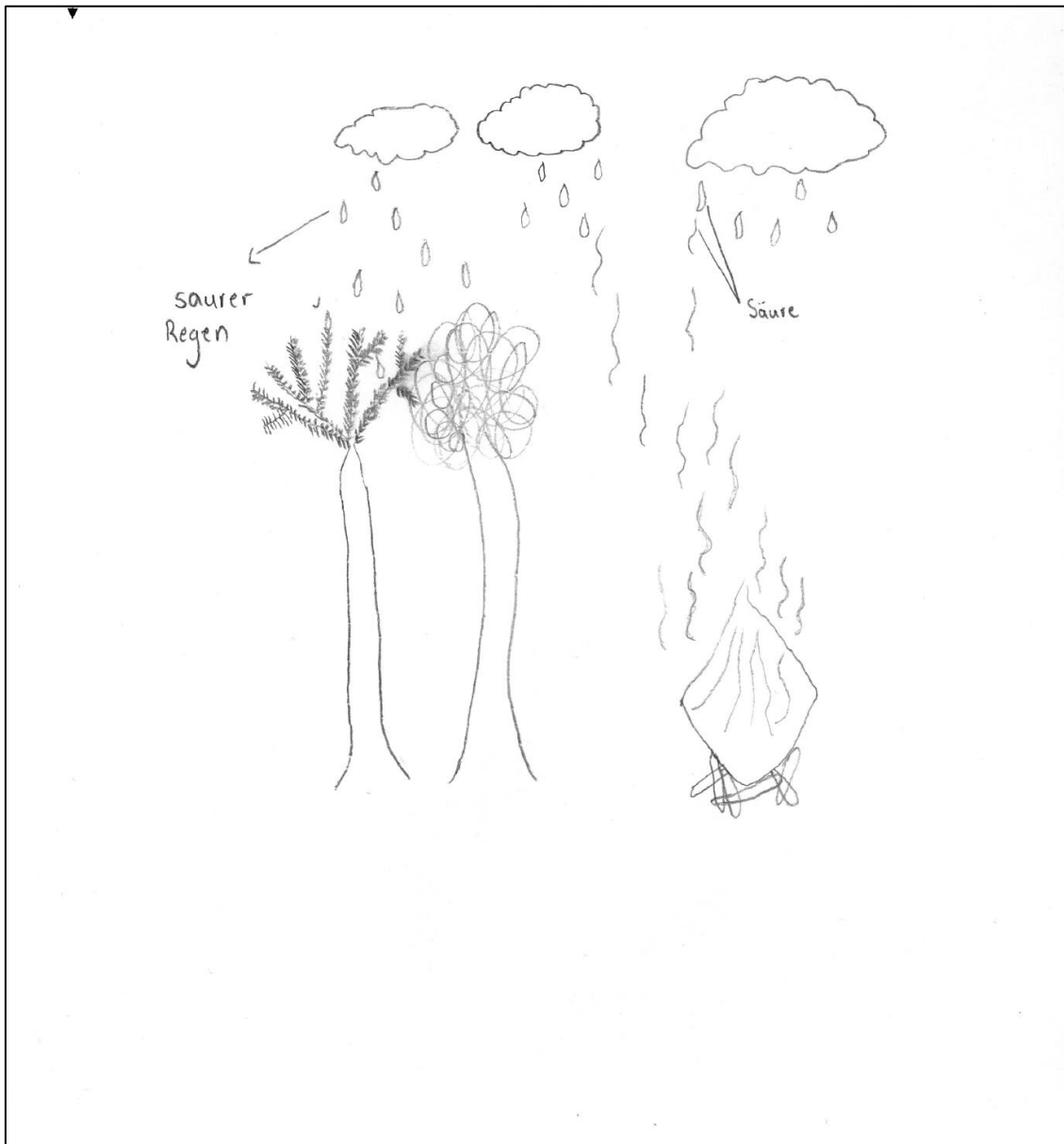


Abbildung A10.14 Zeichnung von Nathalie (S7C) zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

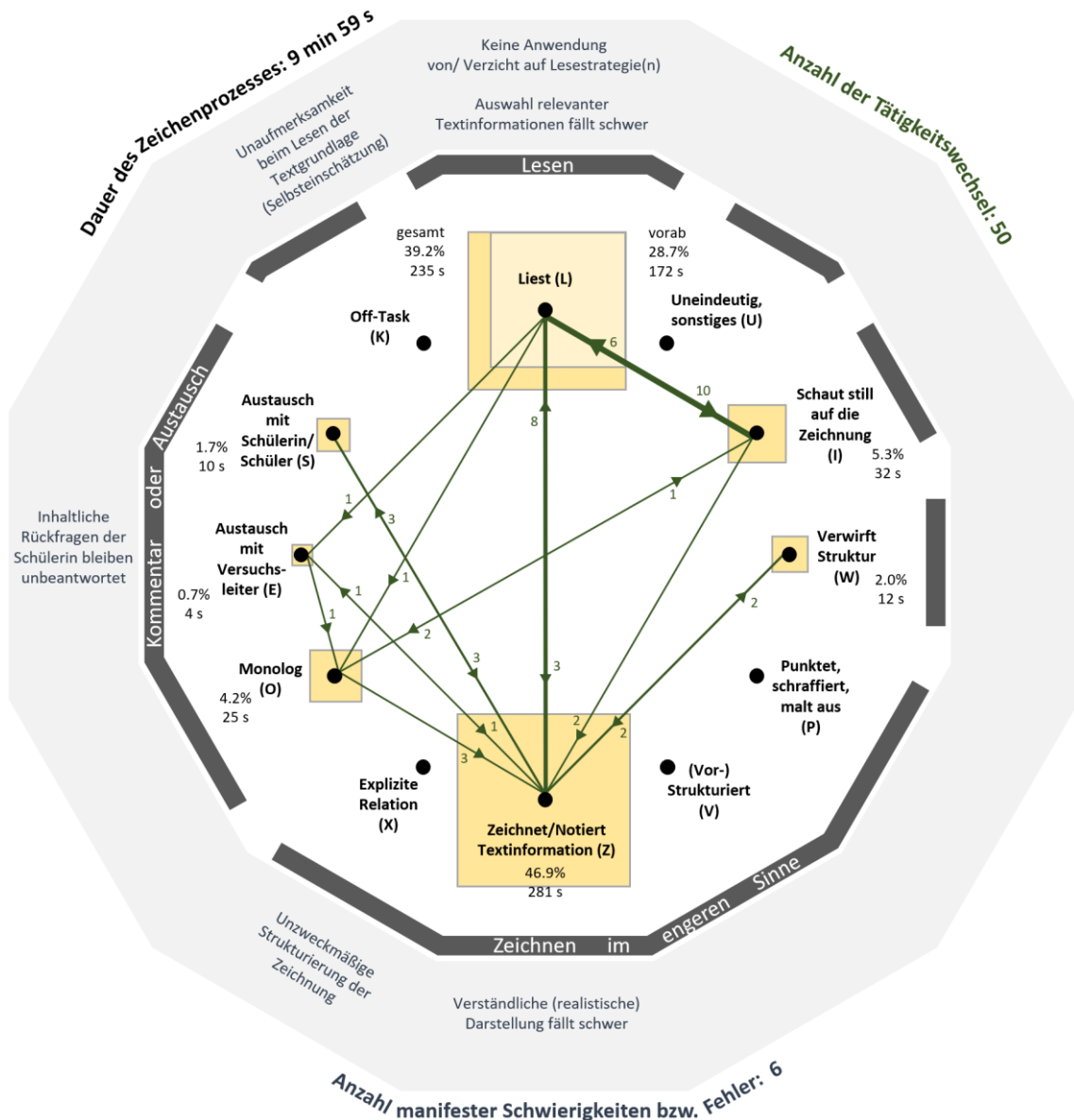


Abbildung A10.15 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Nathalie (S7C)

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Wie zuvor dargestellt, hat Nathalie nur einen geringen Anteil der relevanten Textstellen identifiziert. Fasst man die gezeichneten Elemente und Relationen zusammen, so hat sie nur knapp mehr als 20% der relevanten Textinformationen in das Schaubild eingebracht. Sie setzt beim Lesen des Texts keine Lesestrategien ein:

„Ich habe erstmal den ersten Abschnitt kurz angeschaut und dann einfach von oben nach unten den Text gelesen.“ (S7C, b17).

Auch bei der anschließenden Schilderung ihres zeichnerischen Vorgehens wird deutlich, dass sie nur wenig basale Aspekte des Texts beachtet hat und wiedergeben kann:

„Es ging um Bäume, deswegen habe ich erstmal Bäume gemalt und dann wegen dem Gas habe ich an Feuer gedacht. Wegen dem Wasser [unverständl.] habe ich an Wolken und Regen gedacht. Wenn es regnet, mischt sich das Gas und danach fällt es halt runter.“ (S7C, b19).

Die wenigen Textinformationen stellt sie, abgesehen von den beiden Beschriftungen, ausschließlich realistisch dar. In der Zeichnung der Schülerin repräsentiert ein Lagerfeuer die Verbrennung fossiler Brennstoffe und den Aufstieg der Verbrennungsgase in die Atmosphäre. Die Schülerin hat Schwierigkeiten darin, die Textinformationen verständlich (realistisch) zu repräsentieren sowie zweckmäßig zu strukturieren. Die Aufgabe, die Zeichnung so darzustellen, dass eine andere Person das Schaubild verstehen kann, ohne den Text gelesen zu haben, ist nur bedingt erfüllt.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Nathalie hat nach eigener Einschätzung „mehrere Male“ (S7C, a7) gezeichnet und folgende Präparate unter dem Mikroskop betrachtet: Herzmuskel, Skelettmuskulatur, Amöbe, Würmer, Zwiebelzellen und Mundschleimhautzellen. Das Wassernetz hat sie zuvor noch nie gesehen. Von der Lehrkraft hat sie erfahren, dass man beim mikroskopischen Zeichnen einige Regeln beachten sollte: mit Bleistift zeichnen, genau zeichnen, groß zeichnen und die Zeichnung sollte vom Arbeitsblatt „so eine halbe Seite ungefähr“ (S7C, a11) beanspruchen. Nathalie verdeutlicht, dass Zeichnungen in ihrem eigenen Unterricht bislang nie bewertet wurden. In ihrer Antwort auf die Rückfrage zum Aufbau pflanzlicher Zellen verdeutlicht sie, dass sie einige Vorerfahrungen zum Aufbau dieser mitbringt:

„Die Zelle hat ein Zellkern, Chloroplasten, die Chlorophyll enthalten. Weiter weiß ich nicht.“ (S7C, a18).

Den Unterschied zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen kann sie nicht benennen. Beim Zeichnen-Test stellt sie eine, anstatt, wie gefordert, drei pflanzliche Zellen dar. Das Feld für die Zeichnung tierischer Zellen lässt sie mit folgender Begründung frei:

„Das mache ich nicht. Ich weiß nicht, was ich da machen soll.“ (S7C, a25).

In dem Zeichenfeld für die pflanzlichen Zellen beschriftet sie die Zellmembran, den Zellkern und die Pulsierende Vakuole. Die Darstellung einer Pulsierenden Vakuole in pflanzlichen Zellen ist untypisch. Die Beschriftungslinie der Zellmembran grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur. Für die Zeichnung erreicht die Schülerin 21 von 36 Punkten (58.3%, $M = 45.5$, $SD = 11.8$). Die Schülerin merkt abschließend an, dass sie noch nie eine pflanzliche Zelle dargestellt hat. Nachfolgende Aussage steht damit im Widerspruch zu den im Vorfeld berichteten Erfahrungen (Präparat von Zwiebelzellen gesehen und gezeichnet):

„[...] Ich habe noch nie eine pflanzliche Zelle gezeichnet. [...] Ich weiß nicht, ob das richtig ist.“ (S7C, a25).

Tätigkeitsanalyse | Nathalies Vorgehen bei der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung lässt sich während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 34 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 86.2$, $SD = 60.9$) darstellen (Abb. A10.16). Innerhalb des Kontexts beschäftigt sich Nathalie mit weniger als vier Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 230$ s, $M = 499.7$, $SD = 251.1$) am kürzesten mit der mikroskopischen Zeichenaufgabe. Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.16 dargestellten Bearbeitungsdauer 15 Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen. Dem Einführungstext und der Aufgabenstellung widmet sich Nathalie 27 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 54.7$, $SD = 37.8$). Insgesamt mikroskopiert sie zwölfmal und nimmt sich dafür insgesamt nur 36 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 143.7$, $SD = 108.3$) Zeit. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Nathalies Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Die im Mikroskop gesehenen Strukturen stellt sie in zwei Minuten dar ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 120$ s, $M = 221.7$, $SD = 134.4$). Mehr als die Hälfte dieser Zeit entfällt auf die Darstellung redundanter Strukturen ($T_Redundante_Struktur_{MZ} = 64$ s). Gemeint ist damit die Vielzahl der Punkte und kleinen Kreise innerhalb des Zellplasmas. Innerhalb des Kontexts stellt nur eine weitere Schülerin redundante Strukturen dar, allerdings nur etwa halb so lange. Auf die eigene Zeichnung blickt sie insgesamt nur viermal, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Sie nimmt sich dafür zwölf Sekunden Zeit ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 18.3$, $SD = 12.1$). Während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe lässt sich Nathalie nicht von anderen Aktivitäten ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{MZ} = 0$ s, $M = 2.5$, $SD = 2.6$).

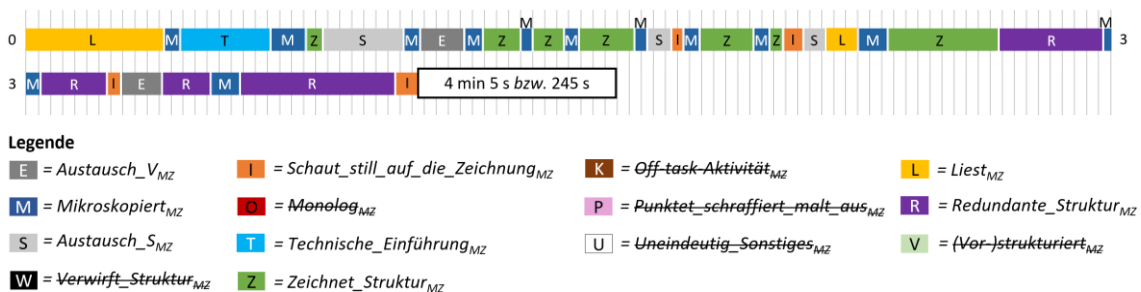


Abbildung A10.16 Abfolge der Tätigkeiten von Nathalie (S7C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Die rechts unterhalb der eigentlichen Zeichnung dargestellte Ansammlung von Punkten und kleinen Kreisen entsteht erst nach Abschluss der ersten und vor Beginn der zweiten Aufgabe (Abb. A10.17). Die Schülerin beschäftigt sich damit 262 Sekunden lange. Nimmt man die während der Bearbeitung der ersten Aufgabe benötigte Zeit für die Darstellung redundanter Strukturen hinzu, so beschäftigt sich die Schülerin etwa fünfminhalb Minuten mit dieser Tätigkeit. Erst danach beginnt sie mit der zweiten Aufgabenstellung, also der Beschriftung der Zeichnung. Sie benötigt dafür weitere 134 Sekunden ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} M = 200.0, SD = 93.8$). Alle Strukturen werden vollständig beschriftet.

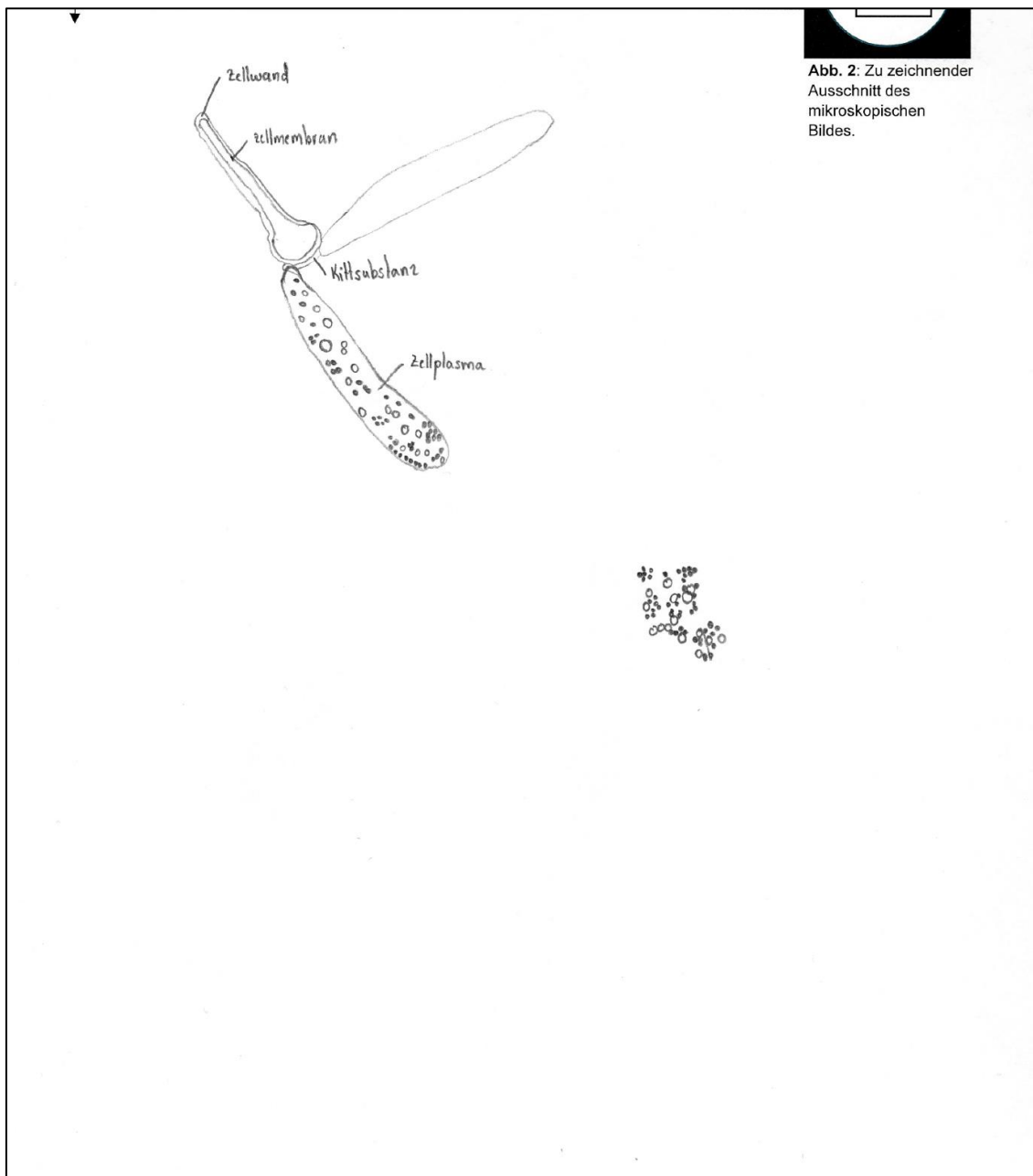


Abbildung A10.17 Zeichnung von Nathalie (S7C) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen*

Beurteilung | Im Zuge der kriterialen Beurteilung erzielt sie 26 von 36 Punkten (72.2%, $M = 58.8$, $SD = 12.8$). Setzt man dieses Ergebnis in Relation zur Bearbeitungsdauer der Zeichenaufgabe, ergibt sich innerhalb des Kontexts mit 6.8 Punkten pro Minute der höchste Wert.

Retrospektion | Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Nathalie an, dass ihr die Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen sowie die Zusammenhänge zu verstehen. Dahingegen schätzt sie ein, dass sie beim Lesen und Zeichnen eher nicht bei der Sache war.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Die Größe der Zeichnung der Schülerin ist grundsätzlich angemessen, da sich die zu sehenden Strukturen voneinander abgrenzen lassen, allerdings fehlt ein Großteil der Zellen, die im Ausschnitt des mikroskopischen Bilds zu sehen sind. Ihre Zeichnung besitzt zudem kein angemessenes Maß an Abstraktion. Trotz mehrfacher Unterstützung durch den Versuchsleiter gelingt es ihr nicht, den Bildausschnitt darzustellen. Die Schülerin zeigt sich überfordert. Unter anderem versucht sie zweimal die Zeichnung in der Bildvorschau (Anhang 2.1) einzuzeichnen, anstatt auf dem Arbeitsblatt unterhalb der Aufgabenstellung. Abschließend gibt sie mit den Worten „*Ich verstehe es nicht.*“ (S7C, a30) sowie kurze Zeit später „*Ist eh falsch.*“ (S7C, a33) auf. Die Schülerin hat Schwierigkeiten beim Verständnis der Aufgabenstellung. Das Protokoll des lauten Denkens lässt erkennen, dass sie während der ersten Aufgabe unsicher ist, welche Strukturen Zellen darstellen und welche innerhalb des Zellplasmas liegen:

„*Soll ich so ein ganzes Ding abmalen oder nur eine kleine Zelle? [E: Den Ausschnitt, den du siehst.] [E: Denke bitte an das laute Denken.] Achso. Ich male da jetzt eine Kugel und so ein Strich dann noch. [...] Da sind so grüne Punkte [gemeint sind Strukturen im Zellplasma] und die mache ich jetzt ein bisschen dunkler und bei den hellen mache ich einfach nur einen Kreis und male sie nicht aus.*“ (S7C, a30).

Die Schülerin berücksichtigt daher auch einen Teil der Aufgabenstellung nicht („Zeichne keine Zellorganellen ein.“). Wie zuvor deutlich wurde, zeichnet sie während der Bearbeitung der ersten Aufgabe eine Vielzahl redundanter Strukturen im Zellplasma. Ihr Vorgehen beschreibt sie dabei wie folgt:

„*Ich habe zuerst eine grobe Struktur [die Zellwand] gemalt, so wie ich es gesehen habe und dann habe ich in die Zelle geschaut, wie es innen drin aussieht mit den Punkten.*“ (S7C, a43).

Erst während der Beschriftung der Zeichnung wird der Schülerin bewusst, dass es sich bei den großen und nicht bei den kleinen Strukturen um Zellen handelt. Insbesondere im

Zeichenprozess zeigt sich, dass fehlendes Wissen zum Zellaufbau sowie die Nichtkenntnis von zeichnerischen Konventionen die fachlich angemessene Darstellung der gesehenen Strukturen erschwert.

Abbildung A10.18 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

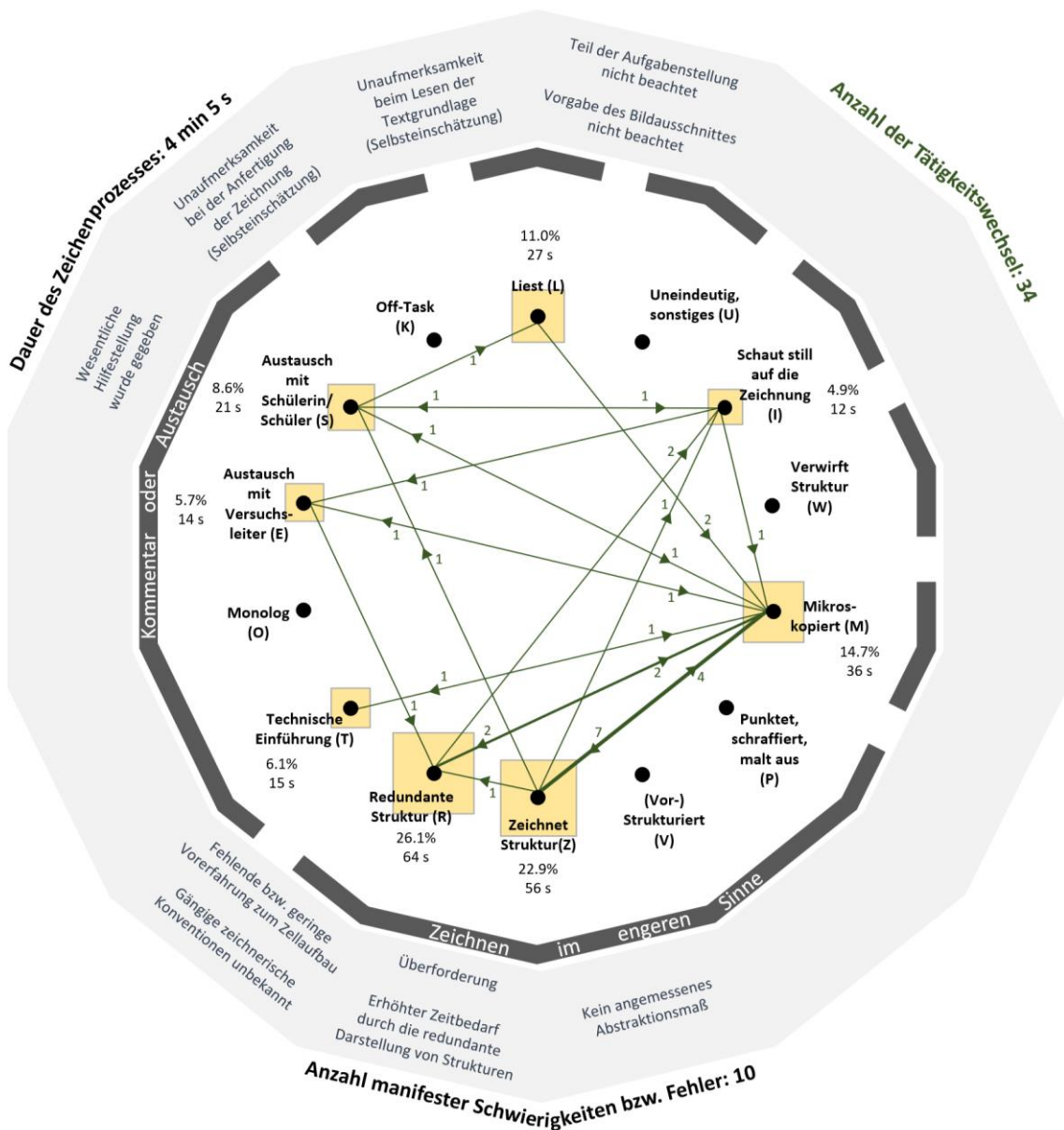


Abbildung A10.18 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Nathalie (S7C)

Anhang 10.4 Jonas – S7D

Basisinformationen | In Biologie hatte Jonas zuletzt die Note Drei und in Kunst die Note Zwei im Zeugnis. Hinsichtlich seiner Lesegeschwindigkeit erreichte er beim LGVT einen PR-Wert von 66 ($M = 50.8, SD = 34.6$) und für das gezeigte Leseverständnis einen PR-Wert von 30 ($M = 31.2, SD = 22.6$). Gemäß der Einteilung nach Schneider et al. (2007) entspricht der Wert für die Lesegeschwindigkeit dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) und der Wert für das Leseverständnis dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50). Jonas zeichnet sowohl im Biologieunterricht als auch außerhalb gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Vor der Anfertigung der Zeichnung konnte Jonas zwei kontextrelevante Informationen benennen ($M = 1.2, SD = 1.1$). Seine Vorerfahrung ist daher als gering einzustufen. Die Frage, ob er bereits eine ähnliche Zeichnung angefertigt hat, bejaht er und verweist auf den Wasserkreislauf. Seine Zeichnung enthält jedoch keine Pfeile, die beim Wasserkreislauf typischerweise den Prozess verdeutlichen.

Tätigkeitsanalyse | Jonas Vorgehen während der Anfertigung der Zeichnung ergibt sich aus der Ausübung von 14 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten (Abb. A10.19). Innerhalb der Altersgruppe stellt diese Tätigkeitsanzahl den geringsten Wert dar ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 73.7, SD = 48.4$). Innerhalb des Kontexts beschäftigt er sich mit dem Text und der Fragestellung einleitend ähnlich lange wie die anderen Schülerinnen und Schüler durchschnittlich ($T_Liest_vorab_{AD} = 217\text{ s}, M = 238.7, SD = 94.3$). Im Gegensatz dazu blickt er parallel zur Anfertigung der Zeichnung nur noch ein einziges Mal für zwei Sekunden auf den Text ($T_Liest_während_{AD} M = 343.5, SD = 480.0$). Für die Anfertigung seines Schaubilds (Abb. A10.20) benötigt er weniger als sieben Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 393\text{ s}, M = 972.0, SD = 611.4$) und beendet damit die Zeichenaufgabe innerhalb der Altersgruppe am schnellsten. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass er im Gegensatz zu den anderen Schülerinnen und Schülern den Text parallel zum Zeichnen nicht abschnittsweise erneut liest, sondern nur noch ein einziges Mal auf den Text blickt ($AH_Liest_während_{AD} M = 19.5, SD = 11.4$). Ähnlich verhält es sich mit dem Überblicken der eigenen Zeichnung. Auch hierfür nimmt er sich nur einmalig zwei Sekunden Zeit ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 2\text{ s}, M = 47.5, SD = 36.2$). Für das Zeichnen benötigt er rund zweieinhalb Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 153\text{ s}, M = 252.5, SD = 91.9$). Insgesamt geht er dieser Tätigkeit nur fünfmal nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 23.7, SD = 17.2$). Außerdem korrigiert Jonas die eigene Zeichnung an

keiner Stelle ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 0, M = 1.2, SD = 1.5$) und verzichtet auf das Einzeichnen von Pfeilen gänzlich ($AH_Explizite_Relationen_{AD} = 0, M = 3.2, SD = 5.5$). Während der Bearbeitung der Aufgabe lässt er sich nicht ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{AD} = 0\text{ s}, M = 3.2, SD = 2.9$). Abbildung A10.21 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

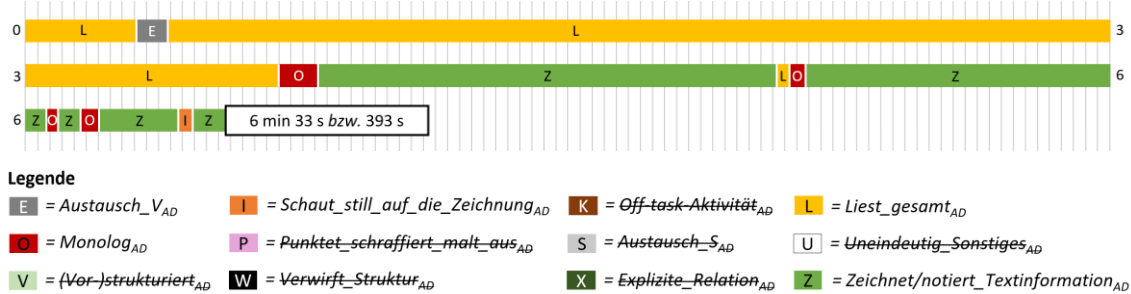


Abbildung A10.19 Abfolge der Tätigkeiten von Jonas (S7D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Das Schaubild von Jonas erzielt im Zuge der kriterialen Beurteilung 6 von 24 Punkten (25.0%, $M = 39.6, SD = 11.5$). Innerhalb der Altersgruppe stellt dies den geringsten Wert dar. Inhaltsbezogen stellt er 4 von 15 Elementen (26.7%, $M = 50.0, SD = 25.2$) und 3 von 19 Relationen (15.8%, $M = 36.0, SD = 27.2$) dar. Bedingt dadurch, dass der Schüler sehr schnell bei der Anfertigung der Zeichnung war, erzielt er trotz geringer Anzahl an Elementen und Relationen relativ hohe Leistungswerte, nämlich 1.1 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.0, SD = 0.4$) und 0.9 Punkte pro Minute ($M = 0.7, SD = 0.2$). Auf Grund der ausschließlich depiktional dargestellten Elemente lässt sich seine Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Bei den Verständnisfragen, die nach Abschluss der Zeichenaufgabe gestellt wurden, kann Jonas alle vier gezeichneten Textinformationen benennen. Von den elf in der Zeichnung nicht dargestellten Textinformationen kann er eine weitere benennen. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt er im Anschluss an, dass ihm die Zeichnung geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und eher dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Laut eigener Einschätzung war er beim Zeichnen bei der Sache und beim Lesen eher bei der Sache. Jonas geht auch davon aus, dass ihm die Auswahl der relevanten Textinformationen eher nicht schwer fiel. Das Vorgehen bei der Anfertigung des Schaubilds beschreibt er nachträglich wie folgt:

„Ich habe mir alles gemerkt, was im Text gestanden hat und wie ich es mir vorgestellt habe, wie es dann passiert mit den Wolken und dem Verdunsten.“ (S7D, b21).

Die Frage, ob ihm etwas schwergefallen ist, verneint er. Er gelangt dahingehend zu keiner realistischen Selbsteinschätzung. Von den im Text genannten und für das Ablaufdiagramm relevanten Elementen und Relationen stellt er in Summe nur etwas mehr als 20% dar.



Abbildung A10.20 Zeichnung von Jonas (S7D) zum Kontext 7: *Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Jonas wendet beim Lesen keine Lesestrategien an. Eine Ausnahme davon stellt nur das wiederholte Lesen einzelner Sätze dar. Wie bereits an-gemerkt, liest Jonas den Text am Anfang einmal durch und greift im Anschluss parallel zur Anfertigung der Zeichnung nur noch ein weiteres Mal für zwei Sekunden darauf zurück. Der

fehlende Abgleich mit dem Text während des Zeichenprozesses führt dazu, dass die dargestellten Zusammenhänge teilweise nur noch sehr oberflächlich dargestellt und umschrieben werden können. Dies zeigt sich nicht nur retrospektiv bei den Verständnisfragen, sondern bereits während des lauten Denkens:

„Hier steigt Rauch hoch zu den Bäumen. Und wenn dann mal zu viel Sonne scheint, hier ist zum Beispiel ein See, verdunstet das Wasser [...] geht noch zu den Bäumen dazu und wenn es dann regnet, kommt der Schaden von den Regentropfen und von der Fabrik hauptsächlich hier auf die Bäume. Das schadet den Bäumen und dadurch können die schneller verrotten und kleinere Bäume oder generell Pflanzen wachsen nicht so schnell, das dauert dann länger.“ (S7D, b3).

Im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen merkt er ergänzend an, dass ihm die Darstellung zweier Strukturen hätte besser gelingen können. Auf die elf fehlenden und nicht dargestellten Textinformationen geht er dabei nicht ein:

„Die Bäume hätte ich vielleicht etwas besser zeichnen können und vielleicht die Chemikalien markieren können.“ (S7D, b28).

Seine Zeichnung nutzt die gesamte Fläche des Arbeitsblatts aus. Die Zeichnung des Schülers besitzt jedoch keine zweckmäßige Strukturierung. Jonas stellt einzelne Strukturen sehr groß dar. Für eine Erweiterung der Zeichnung, um die elf weiteren im Text genannten Inhalte, wäre nicht hinreichend Platz zur Verfügung gestanden.

Die angedeuteten Teilprozesse (z. B. Aufsteigen der Rauchgase, Verdunstung, Niederschlag und saurer Regen) überlagern sich teilweise auf Kosten der Lesbarkeit der Darstellung. Die dünne Linienführung verhindert an manchen Stellen, dass sich die Strukturen klar voneinander abgrenzen lassen.

Durch die realistische Darstellung gelingt es Jonas nur bedingt, die Textinformationen verständlich zu repräsentieren. Infolgedessen ist der Aufgabenzusatz, die Zeichnung so anzufertigen, dass sie von einer anderen Person verstanden werden kann, ohne dass diese den Text gelesen hat, nur in Ansätzen erfüllt. Auch erkennt der Schüler die eigenen Fehler bzw. Schwierigkeiten beim Zeichnen nur eingeschränkt. Das Verbesserungspotential beschränkt er auf die Qualität der realistischen Darstellung in zwei Einzelfällen:

„Die Bäume hätte ich vielleicht etwas besser zeichnen können und vielleicht die Chemikalien markieren können.“ (S7D, b28).

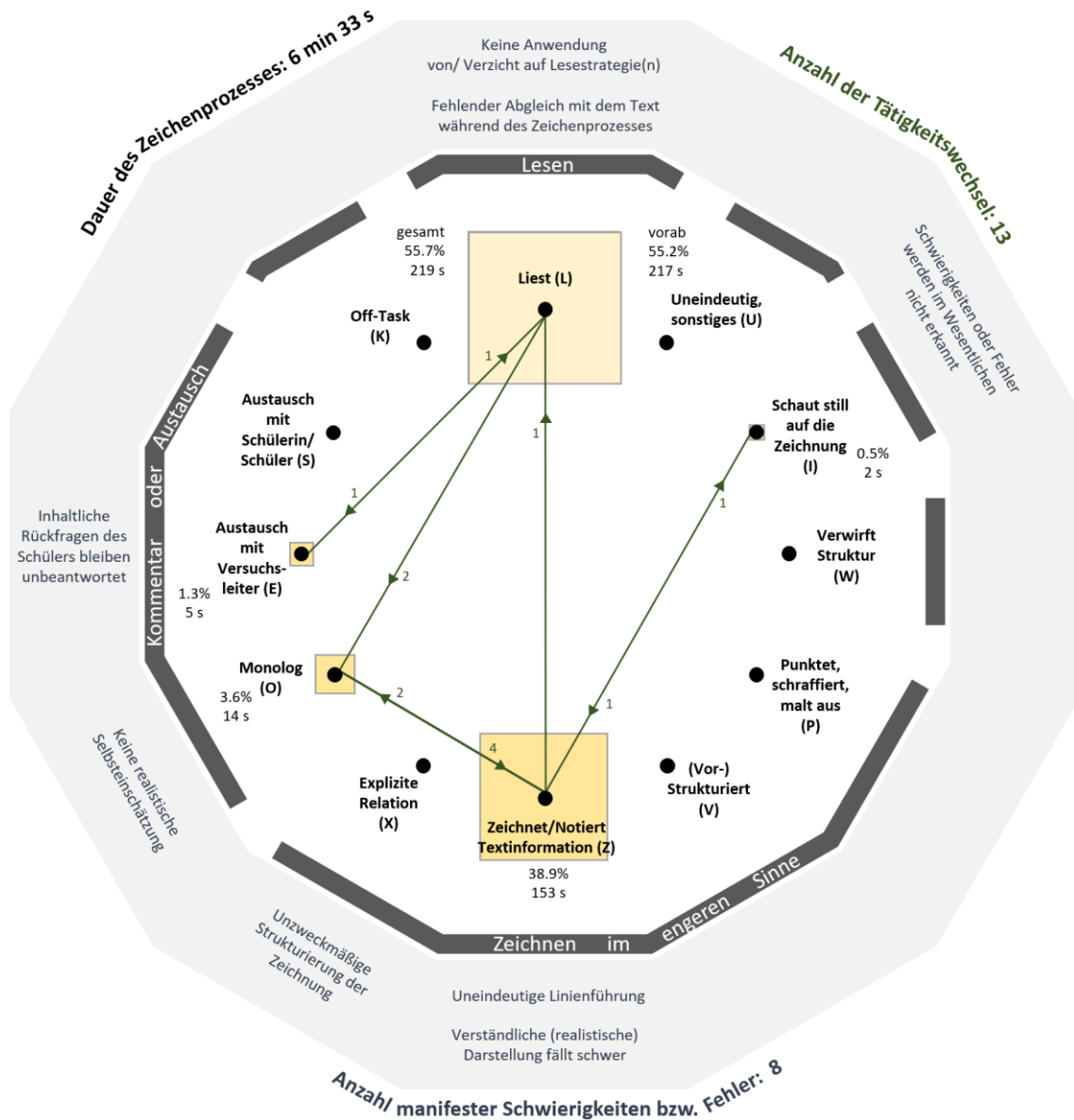


Abbildung A10.21 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Jonas (S7D)

Mikroskopische Zeichnung

Die Fallbeschreibung zur Konstruktion des Ablaufdiagramms befindet sich in Unterkapitel 9.5.6.

Anhang 10.5 Florian – S7E

Basisinformationen | Florian hatte in Kunst zuletzt die Note Zwei im Zeugnis. Er ist sich unsicher, ob er in Biologie zuletzt die Note Eins oder Zwei hatte. Beim LGVT erzielte der Schüler für die gezeigte Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 6 ($M = 50.8$, $SD = 34.6$). Dies entspricht einer schwachen Leistung (Wertebereich: 6-10) (Schneider et al., 2007). Für sein gezeigtes Leseverständnis erzielt er von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts mit 2 ($M = 31.2$, $SD = 22.6$) den geringsten PR-Wert. Dieser Wert stellt nach Schneider et al. (2007) eine sehr schwache Leistung (Wertebereich: 0-5) dar. Florian zeichnet gerne im Biologieunterricht und außerhalb des Biologieunterrichts eher gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Florian kann im Vorfeld nur eine relevante kontextbezogene Information benennen. Seine fachliche Vorerfahrung ist damit als gering einzustufen. Dahingegen konnte er bereits Erfahrungen mit der Visualisierung von Textinformationen sammeln:

„Wir haben sowas schon ein paar Mal gemacht, aber dann haben wir eher auch mal eine Mindmap gemacht und dann haben wir die in der Reihenfolge mit Nummern beschriftet, aber wir haben es auch schon in Tabellen gemacht.“ (S7E, a53).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen von Florian lässt sich anhand von 169 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 73.7$, $SD = 48.4$) visualisieren (Abb. A10.22). Keine Schülerin bzw. kein Schüler wechselt innerhalb des Kontexts ähnlich oft zwischen verschiedenen Tätigkeiten. Um sein Schaubild (Abb. A10.23) anzufertigen, benötigt er ca. 22.5 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 1341$ s, $M = 972.0$, $SD = 611.4$). Zum initialen Lesen des Texts und der Aufgabenstellung vor Beginn der Zeichenaufgabe benötigt er etwas mehr als sechs Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 371$ s, $M = 238.7$, $SD = 94.3$). Parallel zur Anfertigung der Zeichnung liest er den Text abschnittsweise für etwa fünf weitere Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 314$ s, $M = 343.5$, $SD = 480.0$). Insgesamt blickt er dabei 34-mal auf die Textgrundlage ($AH_Liest_während_{AD}$ $M = 19.5$, $SD = 11.4$).

Der Tätigkeit des Zeichnens widmet er sich etwas weniger als sechs Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 347$ s, $M = 252.5$, $SD = 91.9$). Davon entfallen 258 Sekunden auf das Zeichnen bzw. Notieren von Textinformationen, 40 Sekunden auf das Darstellen der Relationen zwischen den Textinformationen mittels Pfeilen und 49 Sekunden auf das Ausmalen und Schraffieren von Strukturen. Tätigkeiten, die dem Zeichnen zugehörig sind, geht er 59-mal nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD}$ $M = 23.7$, $SD = 17.2$). Außerdem überblickt Florian die eigene Zeichnung, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen, mehr als doppelt so oft als

andere Schülerinnen und Schüler innerhalb der Altersgruppe ($AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 23, M = 10.3, SD = 6.8, T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 88\text{ s}, M = 47.5, SD = 36.2$). Er korrigiert die eigene Zeichnung nur an einer einzigen Stelle ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} M = 1.2, SD = 1.5$). Auch lässt er sich nur ein einziges Mal für zwei Sekunden ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{AD} M = 3.2, SD = 2.9$). Die mit 22 Sekunden verhältnismäßig hohe Dauer der Tätigkeit $Uneindeutig_Sonstiges_{AD}$ ergibt sich in Folge der mehrmaligen Suche von bestimmten Stiftfarben in der Federmappe des Schülers. Die zur Verfügung gestellten Bleistifte und Kugelschreiber reichen ihm nicht aus. Während der Bearbeitung der Aufgabenstellung verbalisiert er wesentlich ausführlicher als andere Schülerinnen und Schüler der Klassenstufe seine Gedanken ($T_Monolog_{AD} = 142\text{ s}, M = 44.7, SD = 43.9$), ohne dabei anderen Tätigkeiten nachzugehen. Abbildung A10.24 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

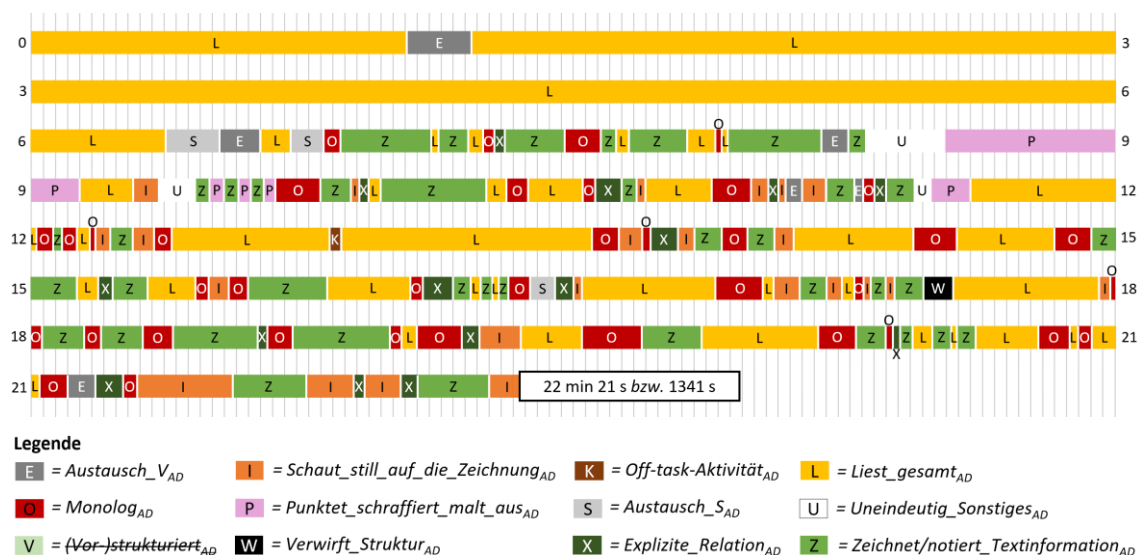


Abbildung A10.22 Abfolge der Tätigkeiten von Florian (S7E) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7E in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Das Schaubild von Florian erreicht bei der kriterialen Beurteilung 15 von 24 Punkten (62.5%, $M = 39.6, SD = 11.5$). Innerhalb der Altersgruppe stellt dies den höchsten Wert dar. Er bindet in sein Schaubild alle 15 der im Text genannten Elemente (100%, $M = 50.0, SD = 25.2$) ein und zeigt 18 von 19 Relationen (94.7%, $M = 36.0, SD = 27.2$) auf. Den zeitlichen Faktor hinzugenommen, ergeben sich 1.5 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.0, SD = 0.4$). Dies stellt die stärkste Leistung innerhalb der Altersgruppe dar. Die Punkte pro Minute fallen mit 0.7 ($M = 0.7, SD = 0.2$) dahingegen nur durchschnittlich aus. Auf Grund

des ähnlichen Verhältnisses depiktional und deskriptional dargestellter Elemente lässt sich Florians Zeichnung dem alternierend abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

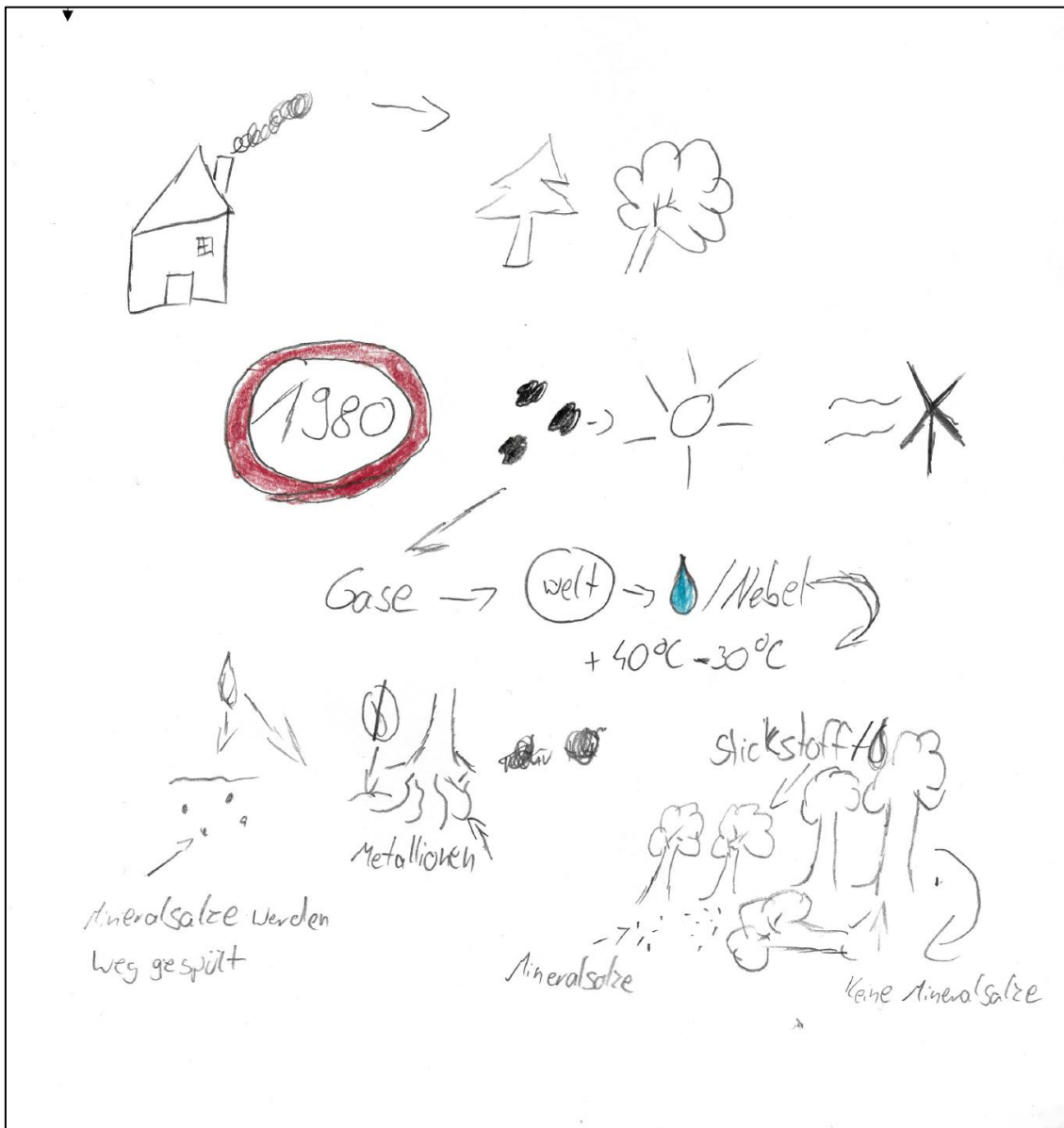


Abbildung A10.23 Zeichnung von Florian (S7E) zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Retrospektion | Florian erinnert bei den nach Abschluss der Zeichnung gestellten Verständnisfragen 14 der 15 gezeichneten Textinformationen. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt er an, dass ihm das Schaubild eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und den Kontext zu verstehen. Dies bekräftigt er auch im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich finde es hat auch ein bisschen für mich persönlich geholfen, da ich es auch für mich nochmal darstellen konnte und dass ich es dann auch verstanden habe.“ (S7E, a44).

Bei der Aufgabenbearbeitung war er laut eigener Einschätzung bei der Sache und beim Lesen eher bei der Sache. Er gibt an, dass ihm die Auswahl der relevanten Begriffe eher schwer fiel. Obwohl ihm die Auswahl schwer fiel, hat er alle relevanten Elemente und fast alle Relationen im Text identifiziert und in die eigene Darstellung integriert, wie im vorherigen Abschnitt deutlich wurde.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Wie bereits erwähnt, hat Florian verhältnismäßig lang gebraucht, um die Zeichnung anzufertigen. Dabei verbringt er in der Summe mehr als eine Minute damit, farbige Stifte im Mäppchen zu suchen, Strukturen bunt auszumalen oder zu schraffieren. Diese optionalen Tätigkeiten tragen, wenn überhaupt, nur unwesentlich zur Steigerung des Aussagegehaltes der Zeichnung bei.

Beim Lesen des Texts nutzt Florian keine Lesestrategien. Er liest den Text initial auf einmal durch. Sein Vorgehen im Rahmen der Studie steht damit im Kontrast zu den von ihm geschilderten Erfahrungen aus dem Unterricht:

„Wir hatten es so gemacht, einmal ganz grob überfliegen, einfach nur mal drüber geguckt und wenn irgendetwas für uns rausgestochen hat, haben wir uns es ein bisschen durchgelesen und dann habe ich es nochmal ganz gelesen und dann hätten wir es bei uns markiert, aber das habe ich jetzt nicht gemacht.“ (S7E, a40).

Wie eingangs beschrieben, blickt er während der Aufgabenbearbeitung 34-mal auf den Text. Auf Grund des Fehlens visueller Ankerpunkte (z. B. Markierungen in der Textgrundlage) durchsucht er diesen mehrmals nach bestimmten Textinformationen. Im Video wird deutlich, dass er sich dabei häufiger im Text orientieren muss. Das wiederholte Orientierungsverhalten im Text schlägt sich, ebenso wie die Ausführung optionaler Tätigkeiten, in einer erhöhten Bearbeitungsdauer nieder. Florian merkt an späterer Stelle an, dass er Markierungen im Text hätte vornehmen sollen:

„Ja vielleicht, dass ich mir den Text ein bisschen besser hätte einprägen können, wenn ich die Stichwörter markiert hätte.“ (S7E, a49).

Die Darstellungsrichtung der im Text beschriebenen Prozesse wechselt in Florians Zeichnung mehrmals zwischen horizontaler und vertikaler Achse. Die Strukturierung der Zeichnung ist unzweckmäßig angelegt. Beispielsweise ist der Aufstieg der Verbrennungsgase in die Atmosphäre in der Mitte des Schaubilds abgebildet, wohingegen die Entstehung der Verbrennungsgase im Schaubild oben dargestellt ist. Ebenso folgt die parallele Anordnung mehrerer Teilprozesse im unteren Abschnitt des Schaubilds keinem klar erkennbaren Muster. Dies gesteht sich Florian im Zuge des lauten Denkens ein („*Sehr unordentlich [...]*“, S7E, a26). Er erkennt auch, dass einige der realistisch dargestellten Inhalte (z. B. die Auswaschung von Mineralsalzen) schwer verständlich sind („*Wie kann ich das verdeutlichen?*“,

S7E, a26). Daraufhin beschriftet er einzelne Aspekte der Zeichnung zusätzlich mit Begriffen (z. B. „*Mineralsalze werden weggespült*“, S7E, a26) und stellt diese dahingehend redundant dar, nämlich einerseits als Begriff und andererseits realistisch. Bei den mündlichen Reflexionsfragen merkt er hinsichtlich der Strukturierung der Zeichnung Verbesserungspotential an:

„Es übersichtlich zu machen. [...] die Zeichnung das nächste Mal ein bisschen ordentlicher machen.“ (S7E, a46).

Wie zuvor beschrieben, hat der Schüler Schwierigkeiten, den Text verständlich darzustellen, wenn er ausschließlich realistisch zeichnet, wie zum Beispiel an der Darstellung der Auswaschung von Mineralsalzen im Boden deutlich wird (Abb. A10.23). Er wechselt wiederholt zwischen der realistischen Darstellung und der Repräsentation von Textinformationen durch die Verwendung von Begriffen. Manchmal zögert er dabei und überlegt zunächst, wie er eine Textinformation abbilden soll:

„Ehm, wie soll ich das zeichnen? Wie kann man eine Atmosphäre zeichnen?“ (S7E, a26).

In diesem Fall entscheidet er sich gegen die realistische Darstellung der Atmosphäre und schreibt alternativ den Begriff „Welt“ auf und kreist ihn ein. Danach wechselt er wieder vorübergehend zurück zur realistischen Darstellungsweise.

In Florians Antworten auf die Verständnisfragen (Ver_AD_1-4) wird deutlich, dass er hinsichtlich einiger Teilprozesse fachliche Verständnisschwierigkeiten hat, die die Qualität seiner Zeichnung beeinflussen. Beispielsweise kann Florian auch bei wiederholter Nachfrage nicht erklären, wie genau die Bäume durch den sauren Regen geschädigt werden:

„Der Regen tut auch irgendein Gas freisetzen, ich weiß aber nicht mehr genau wie das heißt, und das düngt einmal den kompletten Wald und dann wachsen die Bäume schneller, aber dann kann es aber auch sein, dass zu wenig Mineralsalze da sind. Durch das ständige Wachsen und durch das schnelle Wachsen werden die Bäume wiederum anfälliger auf Kälte, Hitze, Stürme und Parasiten.“ (S7E, a29)

Wie im Vorfeld deutlich wurde, verbalisiert Florian von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts die eigenen Gedanken am ausführlichsten in Form von Monologen. Obwohl dieser durch das laute Denken induziert ist, verlängert er die Bearbeitungsdauer. Rund 11% der Bearbeitungsdauer entfallen auf die Tätigkeit des Monologs.

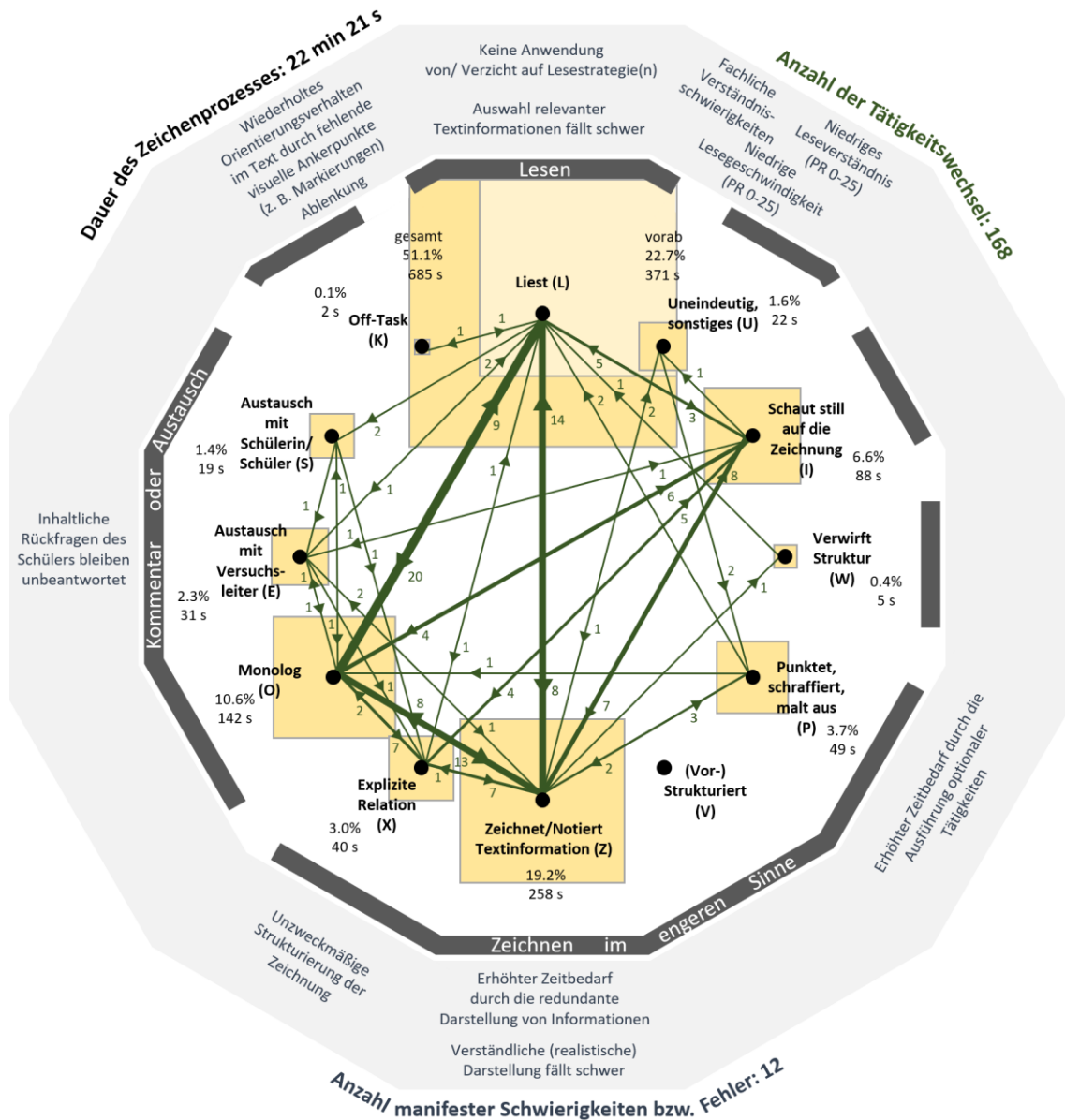


Abbildung A10.24 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Florian (S7E)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Florian gibt an, dass er erst ein- oder zweimal ein mikroskopisches Präparat gezeichnet hat. Auf die Frage, welches Objekt er dabei gezeichnet hat, entgegnet er: „Ein Wurm.“ (S7E, a9). Zu Beginn des lauten Denkens macht er wiederum deutlich, dass er zum mikroskopischen Zeichnen keine Vorerfahrung besitzt: „Wir haben es ja gar nicht richtig gelernt, das mikroskopische Zeichnen.“ (S7E, b3). Er geht davon aus, dass die Lehrkraft Kriterien genannt hat, die es beim Zeichnen zu beachten gilt, doch daran kann er sich nicht mehr erinnern. Er gibt an, dass er beim Zeichnen zuerst skizziert, von innen nach außen vorgeht und zur Hervorhebung abschließend einzelne Strukturen eventuell anfärbt. Den

Aufbau pflanzlicher Zellen kann Florian nicht erklären. Dies kommentiert er mit: „*Nein. Zellen hatten wir noch nicht.*“ (S7E, a16). Beim anschließenden Zeichnen-Test kann der Schüler weder drei aneinandergrenzende pflanzliche noch tierische Zellen darstellen: „*Mir fällt dazu nichts ein.*“ (S7E, a21).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen von Florian bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 32 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 86.2$, $SD = 60.9$) beschreiben (Abb. A10.25). Er benötigt mit etwa viereinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 275$ s, $M = 499.7$, $SD = 251.1$) von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts am wenigsten Zeit, um die mikroskopische Zeichnung anzufertigen. Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.25 dargestellten Bearbeitungsdauer 51 Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen.

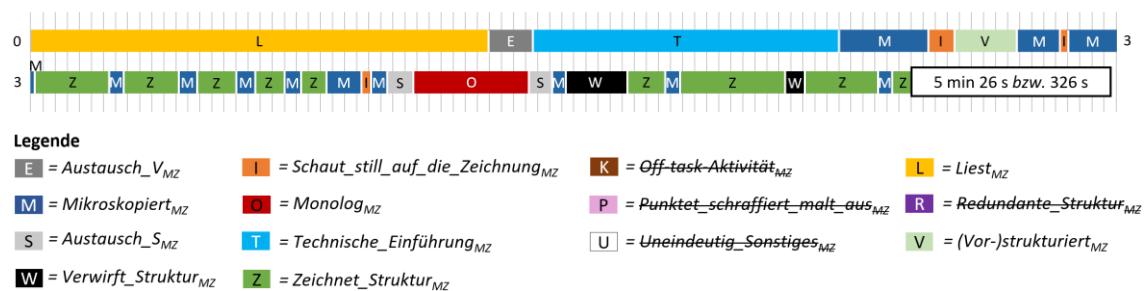


Abbildung A10.25 Abfolge der Tätigkeiten von Florian (S7E) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7E in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Für das Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung benötigt er etwas mehr als eine Minute ($T_Liest_{MZ} = 76$ s, $M = 54.7$, $SD = 37.8$). Er blickt insgesamt 12-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 32.7$, $SD = 25.8$) durch das Mikroskop und geht dieser Tätigkeit knapp eine Minute ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 57$ s, $M = 143.7$, $SD = 108.3$) lang nach. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Florians Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Etwas länger als mit dem Mikroskopieren beschäftigt er sich mit dem Zeichnen. Für die Vorstrukturierung, also das Einzeichnen der rechteckigen Umrandung der Zeichnung, nimmt er sich 10 Sekunden lang Zeit. Neben Isabelle ist er der einzige Schüler, der die Zeichnung vorstrukturiert. Wie in der Aufgabenstellung angegeben, zeigt die Umrandung den Ausschnitt des Sichtfelds an. Für die Darstellung der Strukturen benötigt er 78 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 195.7$, $SD = 150.5$). Er verwirft zweimal Abschnitte der

Zeichnung und benötigt dafür nicht länger als 13 Sekunden ($T_{\text{Verwirft_Struktur}_{MZ}} M = 30.7$, $SD = 26.7$). Insgesamt überblickt er die eigene Zeichnung nur dreimal für sieben Sekunden lang still ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{MZ}} M = 18.3$, $SD = 12.1$). Er lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{MZ}} = 0$ s, $M = 2.5$, $SD = 2.6$). Während der ersten Aufgabe hat Florian die Zellen, wie in Abbildung A10.26 zu sehen, als einfache Linien abgebildet. Erst im Rahmen der zweiten Aufgabenstellung fügt er weitere Linien hinzu, sodass sich die Zellen nun in Zellinneres und Umriss differenzieren lassen (Abb. A10.27). Erst danach nimmt er die Beschriftung vor. Er beschriftet die Zellwand, das Zellplasma und die Kittsubstanz. Die Zellmembran ist in seiner Zeichnung nicht ersichtlich und wird von ihm nicht beschriftet. Die Beschriftung bleibt damit trotz Abgleich mit der Vorlage unvollständig. Für die im Rahmen der zweiten Aufgabenstellung vollzogene Erweiterung und Beschriftung der Zeichnung benötigt er mit rund sechseinhalb Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 378$ s, $M = 200.0$, $SD = 93.8$) mehr Zeit, als er für die erste Version der Zeichnung (Abb. A10.26) benötigt hat.

Beurteilung | Für die fertige Zeichnung erhält Florian 15 von 36 Punkten (41.7%, $M = 58.8$, $SD = 12.8$). In Bezug zur Bearbeitungsdauer der ersten Aufgabenstellung ergeben sich daraus 3.3 Punkte pro Minute ($M = 3.2$, $SD = 1.7$). Unter Berücksichtigung der umfassenden Korrekturen während der zweiten Aufgabenstellung würde dieser Wert deutlich niedriger ausfallen.

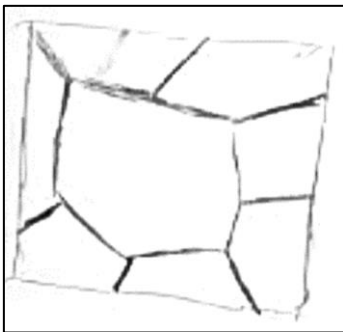


Abbildung A10.26 Mikroskopische Zeichnung von Florian (S7E) nach Abschluss der ersten Aufgabe

Retrospektion | Florian gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihm das Zeichnen eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, jedoch eher nicht geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Er schätzt ein, dass er sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen bei der Sache war.

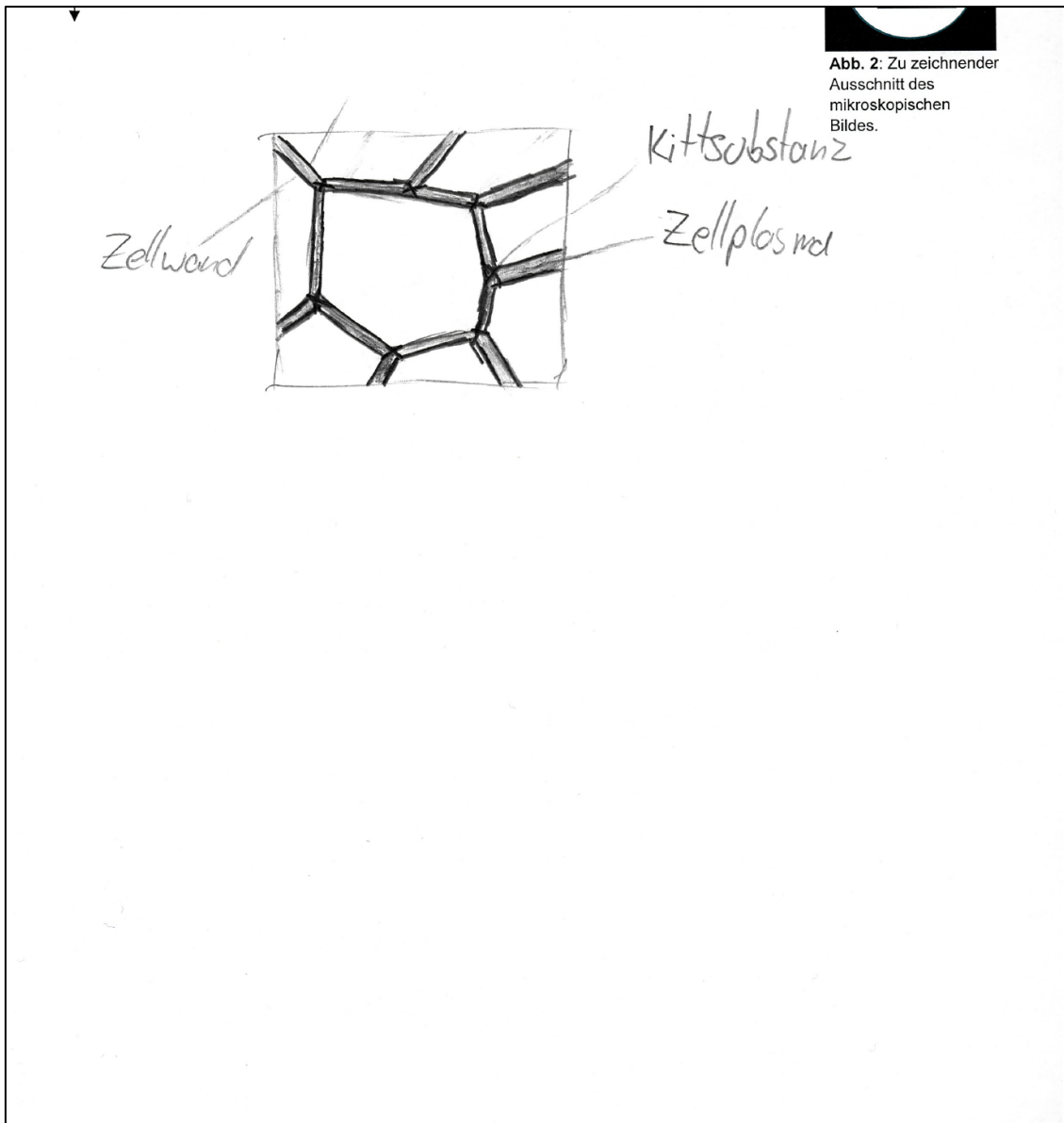


Abbildung A10.27 Zeichnung von Florian (S7E) zum Kontext 7: *Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Zu Beginn des Zeichnens fragt Florian den Versuchsleiter, ob er die Zeichnung in dem Bildausschnitt rechts unterhalb der Aufgabenstellung anfertigen soll. Der Versuchsleiter verdeutlicht ihm, dass er die Zeichnung unterhalb der Aufgabenstellung auf dem Arbeitsblatt beginnen soll. Daraufhin strukturiert Florian die eigene Zeichnung vor, indem er zunächst den vorgegebenen Ausschnitt des Sichtfelds als Rechteck auf das Zeichenblatt überträgt:

„Ich mache mir jetzt erstmal einen Kasten, um mich in der Abbildung zu orientieren.“
(S7E, b3).

Das Einzeichnen des Rechtecks führt dazu, dass die darin liegende Darstellung der Zellen sehr klein ausfällt. Einzelne Strukturen sind so teilweise nur schwer voneinander

abgrenzbar, beispielsweise an den Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen. Auch wäre die von ihm nicht vorgenommene Differenzierung zwischen Zellwand und Zellmembran bei der Größe seiner Zeichnung nur schwer realisierbar. Dies erkennt er bei den mündlichen Reflexionsfragen selbst:

„Vielleicht, wenn ich es größer gemacht hätte, dann hätte man mehr Details reinmachen können, dass man alles beschriften kann und es sehen kann. Ja, ich würde es größer zeichnen, dass man die einzelnen Sachen besser sieht. Das mit den X-en [gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen] zum Beispiel war ja auch nicht so.“ (S7E, b21).

Die fehlende Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher Zellen erschwert die Darstellung des Gesehenen. Trotz der beschrifteten Vorlage im Zuge der zweiten Aufgabenstellung, ist Florian bei der Verwendung der Fachbegriffe unsicher:

„Das [zeigt auf die Zellwände] sind dann die einzelnen Striche, die in die anderen Netze reingehen, weil die sind ja überall verbunden. Das versuche ich nachzuzeichnen, um sie danach zu verbinden.“ (S7E, b3),

„Und an den X-en [gemeint sind die Stellen, an denen die Zellen aufeinandertreffen] kommen immer die einzelnen, wie nennt man das, Zellen zusammen und die sind dadurch auch verbunden und deswegen probiere ich das deutlicher zu machen.“ (S7E, b6).

Die Zellmembran beschriftet er dabei mit nachfolgender Begründung absichtlich nicht:

„Die Zellmembran kann man nicht erkennen.“ (S7E, b6).

Mehrheitlich stellt Florian die gesehenen Strukturen durch viele dünne und einander überlagernde Linien dar. Abschließend zeichnet er diese durch festes Aufdrücken des Bleistifts nach. Während der Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung schraffiert er das Zellplasma mehr als eine halbe Minute lang. Auch wurde bereits bei den Fragen zur Vorerfahrung deutlich, dass Florian gängige zeichnerische Konventionen unbekannt sind. Dies bestätigt sich ebenso im Zeichenprozess, seinen Aussagen und einer Rückfrage:

„Muss ich jede einzelne Zellwand beschriften?“ (S7E, b6).

Im Zuge der ersten und zweiten Aufgabenstellung wendet Florian sehr viel Zeit für die Darstellung der Zellen auf. Seine Zeichnung weist zwar Übereinstimmungen mit dem mikroskopischen Präparat auf, allerdings gelingt es ihm nicht, das Gesehene entsprechend zeichnerischen Konventionen angemessen zu abstrahieren.

Auch wird deutlich, dass für Florian die Übertragung der im Mikroskop gesehenen Proportionen auf die eigene Zeichnung herausfordernd ist (z. B. „Scheiße. [...] Das kommt dahin.“, S7E, b3). Diese Annahme bestätigt sich auch retrospektiv in seiner Antwort auf die Frage, was ihm schwergefallen ist:

„Beim Zeichnen nichts. Es war am Anfang eher so, dass ich erstmal gucken musste, wo was ist.“ (S7E, b18).

Abbildung A10.28 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

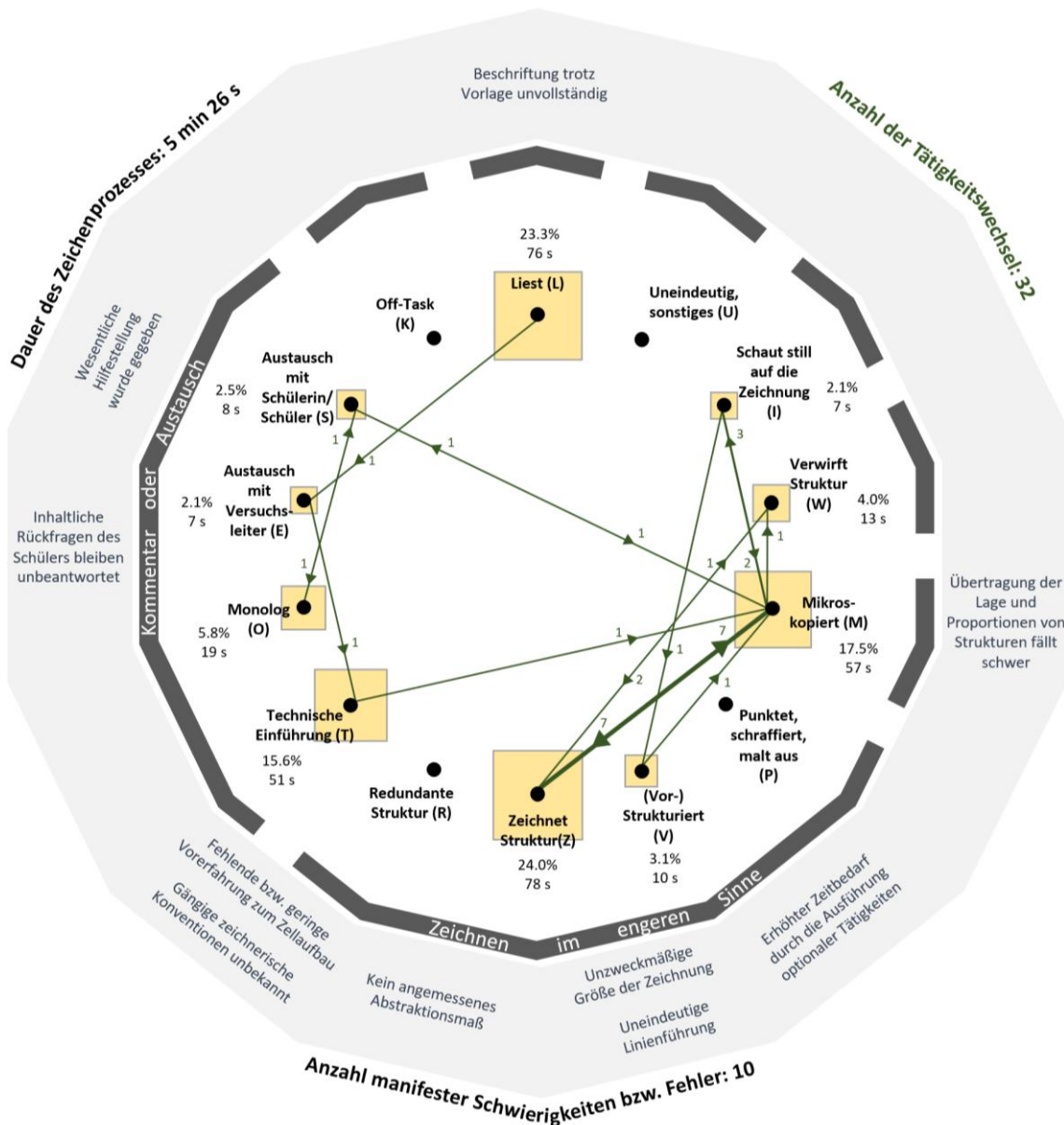


Abbildung A10.28 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Florian (S7E)

Anhang 10.6 Mara – S7F

Basisinformationen | In Biologie und Kunst hatte Mara zuletzt die Note Zwei im Zeugnis. Für die gezeigte Lesegeschwindigkeit erreicht Mara mit einem PR-Wert von 2 ($M = 50.8$, $SD = 34.6$) das niedrigste Ergebnis. Dies stellt eine sehr schwache Leistung (Wertebereich: 0-5) dar (Schneider et al., 2007). Das gezeigte Leseverständnis entspricht einem PR-Wert von 8 ($M = 31.2$, $SD = 22.6$) und stellt nach Schneider et al. (2007) eine schwache Leistung (Wertebereich: 6-10) dar. Mara zeichnet im Biologieunterricht eher nicht gerne und außerhalb des Biologieunterrichts eher gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Mara kann vor der Anfertigung der Zeichnung eine relevante kontextbezogene Information benennen. Ihre fachliche Vorerfahrung ist als gering einzustufen.

Tätigkeitsanalyse | Maras Vorgehen während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe lässt sich in Form von 92 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten beschreiben (Abb. A10.29). Im Vergleich zur Altersgruppe ist dies etwas mehr als der Durchschnitt ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 73.7$, $SD = 48.4$). Sie beschäftigt sich initial mit dem Text und der Aufgabenstellung für knapp sechs Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 353$ s, $M = 238.7$, $SD = 94.3$).

Parallel zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.30) blickt Mara mehr als 23 Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 1395$ s, $M = 343.5$, $SD = 480.0$) auf den Text. Wahrscheinlich wäre dieser Wert noch höher ausgefallen, wenn der Versuchsleiter nicht nach rund 36 Minuten Bearbeitungsdauer abgebrochen hätte ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 2169$ s, $M = 972.0$, $SD = 611.4$). Von allen Schülerinnen und Schülern der siebten Klassenstufe benötigt sie zur Anfertigung der Zeichnung am längsten. Im Gegensatz dazu verbringt sie mit dem Zeichnen unterdurchschnittlich lange, nämlich rund drei Minuten ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD} = 183$ s, $M = 231.8$, $SD = 84.5$). Weiterhin benötigt Mara 20 Sekunden, um die Zusammengehörigkeit von Teilstrukturen durch das Einzeichnen von drei Pfeilen deutlich zu machen. Weitere 15 Sekunden benötigt Mara, um Wassertropfen zu schraffieren. Insgesamt geht sie 26-mal Tätigkeiten nach, die dem Zeichnen zugehörig sind ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 23.7$, $SD = 17.2$). Zwischen dem Lesen und Zeichnen schaut Mara elfmal still auf die Zeichnung. Mit dieser Tätigkeit verbringt sie mit 98 Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} M = 47.5$, $SD = 36.2$) innerhalb der Altersgruppe am meisten Zeit. Zudem verwirft die Schülerin innerhalb der Altersgruppe am häufigsten bereits gezeichnete Strukturen ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 4$, $M = 1.2$, $SD = 1.5$). Hierfür nimmt sie sich etwa eine halbe Minute lang Zeit. Mara lässt sich während der Aufgabenbearbeitung zudem für mehrere Sekunden von der Zeichenaufgabe

ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{AD}} = 7\text{ s}$, $M = 3.2$, $SD = 2.9$). Abbildung A10.31 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

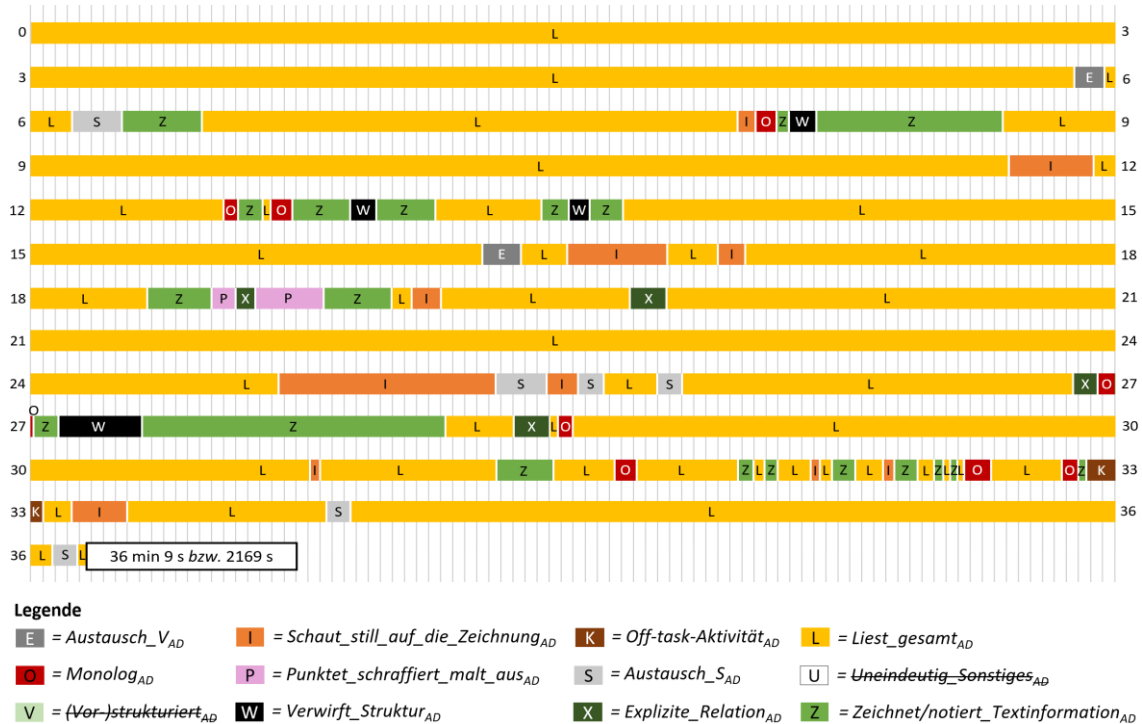


Abbildung A10.29 Abfolge der Tätigkeiten von Mara (S7F) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Ihr Schaubild erreicht bei der kriterialen Beurteilung 8 von 24 Punkten (33.3%, $M = 39.6$, $SD = 11.5$). In ihrem Schaubild stellt Mara 6 von 15 Elementen (40.0%, $M = 50.0$, $SD = 25.2$) sowie 5 von 19 Relationen (26.3%, $M = 36.0$, $SD = 27.2$) dar. Werden diese Ergebnisse in Relation zur Zeit gesetzt, schneidet Mara von allen Schülerinnen und Schülern am schlechtesten ab: 0.3 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.0$, $SD = 0.4$) bzw. 0.2 Punkte pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$). Auf Grund der überwiegend depiktional dargestellten Elemente lässt sich ihre Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Im Verlauf der Verständnisfragen, die nach der Anfertigung des Ablaufdiagramms gestellt wurden, nennt Mara fünf der sechs gezeichneten Textinformationen. Von den neun weiteren im Text vorhandenen, aber nicht gezeichneten Textinformationen, kann sie eine weitere benennen. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Mara an, dass ihr das Schaubild eher nicht dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und die

Zusammenhänge des Kontexts zu verstehen. Diese Einschätzung bestätigt sie auch im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen:

„Mir hätte es gereicht, einfach nur den Text zu lesen und nicht das Schaubild anzufertigen.“ (S7F, b21).

Hinsichtlich des Lesens geht sie davon aus, dass sie eher bei der Sache war, wohingegen sie beim Zeichnen eher nicht aufmerksam war. Die Auswahl der für das Schaubild relevanten Begriffe aus dem Text fiel ihr zudem eher nicht schwer. Vor dem Hintergrund der geringen Anzahl dargestellter Elemente und Relationen gelangt sie zu keiner realistischen Selbsteinschätzung.

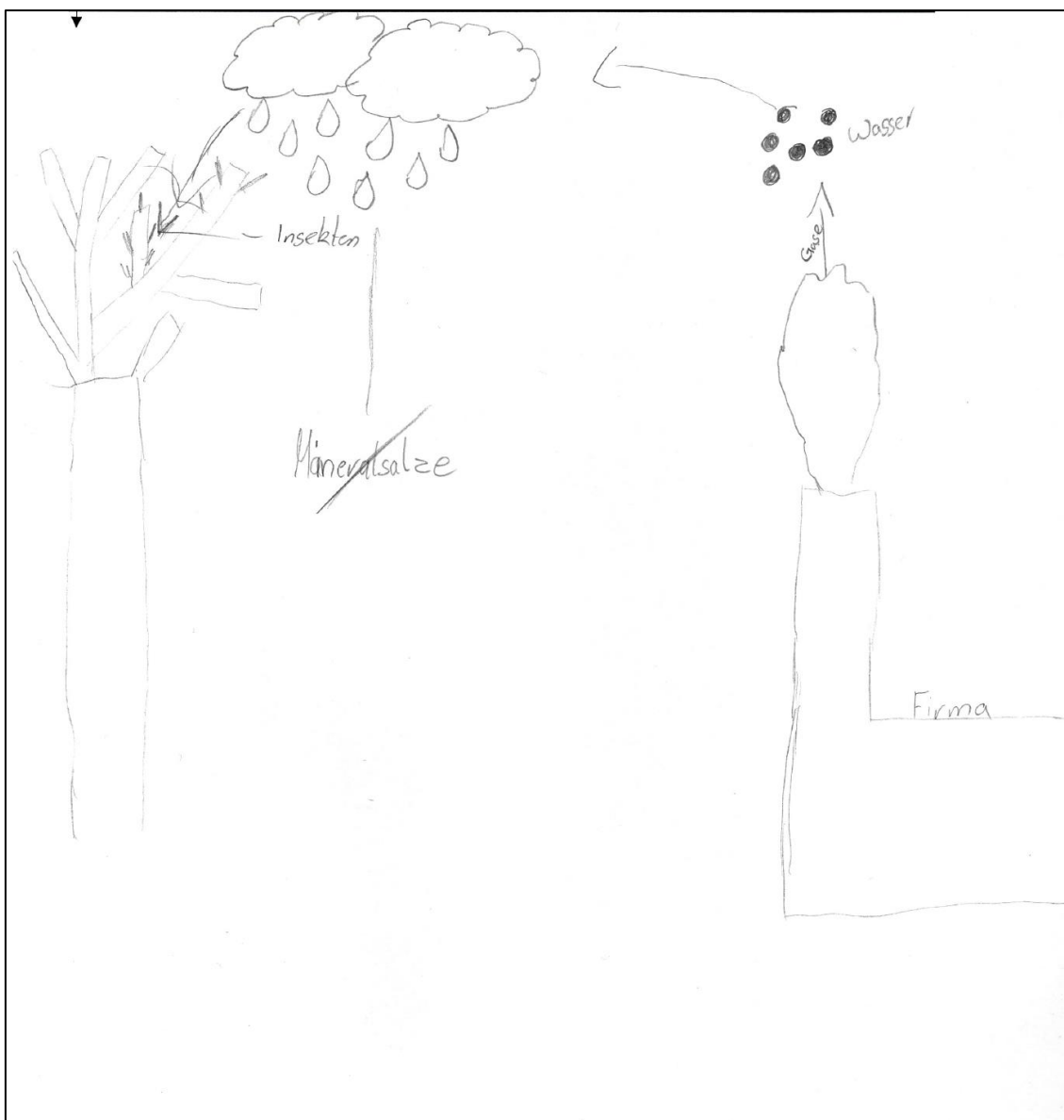


Abbildung A10.30 Zeichnung von Mara (S7F) zum Kontext 7: Auswirkung von Luftschadstoffen auf Wälder

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Mara hat große Schwierigkeiten dabei, die Textinformationen verständlich realistisch zu repräsentieren. Dies bringt sie sowohl während des lauten Denkens an zwei Stellen zum Ausdruck (z. B. „*Ich weiß nicht, wie ich die ganzen Informationen auf eine Skizze bringen kann und wie ich es darstellen soll das alles.*“, S7F, b3) als auch im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen auf die Frage danach, was ihr schwergefallen ist („*Die ganzen Informationen, die im Text standen, in ein Bild zu bekommen. Sonst ging es eigentlich [...].*“, S7F, b23). Einige Textinformationen stellt die Schülerin insoweit redundant dar, als dass sie diese sowohl realistisch als auch durch Wörter repräsentiert (z. B. Firma).

Die Schülerin setzt beim Lesen keine Lesestrategien ein, sondern liest den Text zu Beginn einmal durch, ohne sich Anmerkungen oder Notizen zu machen. Auf Grund des Fehlens visueller Ankerpunkte, benötigt sie wiederholt viel Zeit, um sich im Text zu orientieren. Ihr Vorgehen beschreibt Mara retrospektiv wie folgt:

„*Ich habe mir einmal den Text ganz gut durchgelesen und wenn ich etwas nicht mehr wusste, dann habe ich nochmal die Stelle gesucht und gelesen.*“ (S7F, b17).

Bei der Beobachtung von Maras Vorgehen und vor dem Hintergrund des häufigen Tätigkeitswechsels, dem fast immer längere Phasen des erneuten Lesens von Textabschnitten folgen, wird deutlich, dass es ihr nicht gelingt, ein Konzept für den Aufbau des Ablaufdiagramms zu entwickeln. Auf eine Rückfrage bestätigt sie diese Vermutung:

„*Ich hatte eigentlich gar nicht so ein Vorgehen. Ich habe einfach nur versucht, die Informationen irgendwie auf das Blatt zu bekommen.*“ (S7F, b19).

Gegen Ende der Aufgabenbearbeitung kommt sie trotz aufmunternder Worte des Versuchsleiters nicht weiter. Nach wenigen weiteren Minuten bricht der Versuchsleiter die Aufgabenbearbeitung ab.

Mara beschäftigt sich 29 Minuten mit dem Text ($Liest_gesamt_{AD} = 1748$ s, $M = 582.2$, $SD = 544.7$) und damit um ein Vielfaches länger als die anderen Schülerinnen und Schüler innerhalb des Kontexts. In Relation zur aufgebrauchten Zeit des Lesens hat sie große Schwierigkeiten bei der Entnahme von Textinformationen. Trotz der langen Beschäftigung mit der Textgrundlage entnimmt sie dieser nur 7 von 15 Elementen (6 gezeichnete, 1 zusätzlich genanntes Element). Wie zuvor im Abschnitt Retrospektion geschildert, erkennt sie selbst, dass ihr die Entnahme der Textinformationen schwer fiel.

Trotz der langen Bearbeitungszeit kann sie die im Text dargestellten Teilprozesse nur sehr oberflächlich bei den Verständnisfragen wiedergeben. Diese fachlichen Verständnisschwierigkeiten beeinflussen auch die zeichnerische Darstellung:

„*Der saure Regen entsteht so, dass die Giftstoffe von Erdöl und halt, ja Erdöl, in die Umwelt gepustet werden und dann vermischt sich das mit Wasser und dann wird es zu*

diesem sauren Regen. [...] Die Wachsschicht von den Nadeln geht runter und dann haben es die Insekten und Tiere leichter, den Baum anzugreifen. [...] Wenn wenig Regen fällt, wenig Niederschlag und sowas ist, dann wachsen die Pflanzen schneller und das ist halt nicht gut für die Pflanzen, wenn die so schnell wachsen.“ (S7F, b6, b8, b10).

Die Zeichnung der Schülerin ist dabei nur bedingt zweckmäßig strukturiert. Beispielsweise befinden sich die nicht mehr vorhandenen Mineralsalze nach der Aussagelogik ihrer Zeichnung in der Atmosphäre. Hinzu kommt, dass manche Strukturen nur mit sehr dünnen Linien dargestellt sind, sodass es teilweise erscheint, als seien die Strukturen ausgesetzt.

Mara erkennt die eigenen Schwierigkeiten bzw. Fehler im Wesentlichen nicht. Auf die Frage danach, ob sie beim nächsten Mal etwas anders machen würde, entgegnet sie: *„Ich glaube nicht.“* (S7F, b28). Das eigene Verbesserungspotential beschränkt sie an anderer Stelle auf das Textverständnis:

„Vielleicht den Text besser verstehen, dass ich besser die Informationen herausfinden kann.“ (S7F, b26).

Wie zuvor angemerkt, bricht der Versuchsleiter die Aufgabebearbeitung nach etwa 36 Minuten ab, da die Schülerin trotz wiederholter Ermunterungen inhaltlich nicht weiterkommt. Im Gesamtbild zeigt sich, dass Mara von der Aufgabenstellung überfordert ist.

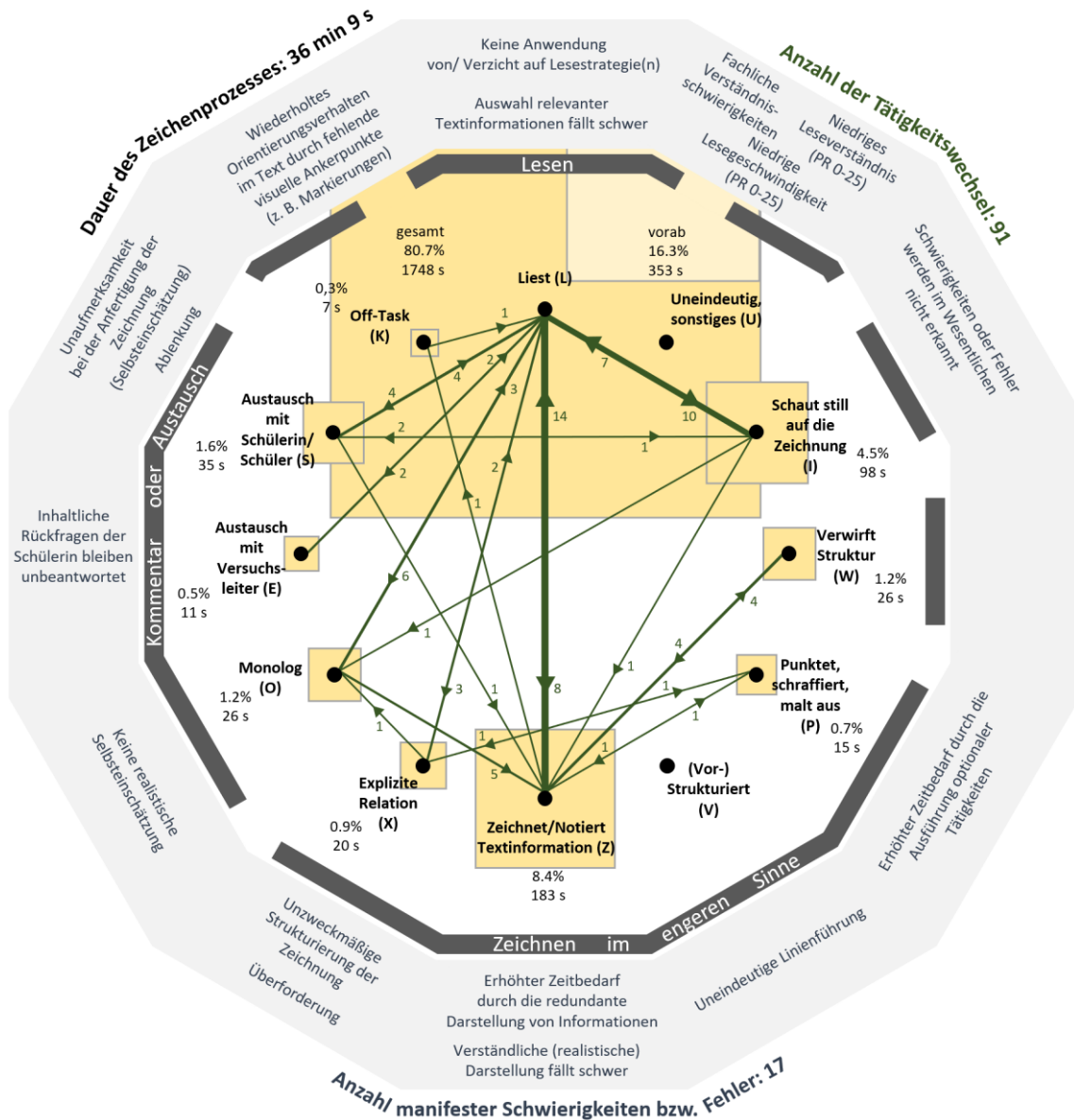


Abbildung A10.31 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Mara (S7F)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Mara schätzt ein, dass sie bislang „ein- oder zweimal vielleicht“ (S7F, a7) gezeichnet hat. Sie erinnert sich daran, dass sie bereits Zwiebelzellen mikroskopiert und skizziert hat. Ebenso verdeutlicht sie, dass zur Darstellung mikroskopischer Strukturen nur ein Bleistift verwendet werden sollte. Sie geht davon aus, dass Zeichnungen in der Vergangenheit von der Lehrkraft bewertet wurden. Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen kann sie nicht benennen. Bei der Benennung des Aufbaus pflanzlicher Zellen ist sie sich unsicher und kann nur einen relevanten Begriff nennen:

„Ich wusste es mal, jetzt weiß ich es nicht mehr so genau. Also innen ist ein Zellkern, dann kommt [unverständl.] es ist halt so ähnlich wie ein Bett aufgebaut. Und dann kommt so eine Zellhaut. Mehr weiß ich nicht mehr.“ (S7F, a19).

Beim Zeichnen-Test stellt sie nur eine pflanzliche Zelle, anstatt der in der Aufgabenstellung geforderten drei Zellen dar. Sie beschriftet die Zelle mit Zellwand und Zellkern, also mit einem Begriff mehr, als ihr im Vorfeld einfiel. Zellmembran und Zellplasma bleiben unbeschriftet. Mit ihrer Zeichnung erreicht sie 21 von 36 Punkten (58.3%, $M = 45.5$, $SD = 11.8$). Das Zeichenfeld für die Darstellung tierischer Zellen lässt sie mit nachfolgender Begründung frei: „Ich habe einfach keine Ahnung mehr.“ (S7F, a26)

Tätigkeitsanalyse | Maras Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich im Zuge der ersten Aufgabenstellung anhand einer Abfolge von 30 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 86.2$, $SD = 60.9$) visualisieren (Abb. A10.32). Innerhalb des Kontexts geht keine Schülerin und kein Schüler in Summe weniger Tätigkeiten nach. Für die Konstruktion ihrer Zeichnung (Abb. A10.33) benötigt Mara etwas weniger als sechs Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 343$ s, $M = 499.7$, $SD = 251.1$). Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.33 dargestellten Bearbeitungsdauer 47 Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen.

Mit dem Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung beschäftigt sich Mara zwei Minuten ($T_Liest_{MZ} = 123$ s, $M = 54.7$, $SD = 37.8$). Dem initialen Lesen geht sie damit mehr als doppelt so lange nach als ihre Altersgruppe durchschnittlich. Auch blickt sie insgesamt nur achtmal ($AH_Mikroskopierte_{MZ}$ $M = 32.7$, $SD = 25.8$) für insgesamt eine Minute ($T_Mikroskopierte_{MZ} = 60$ s, $M = 143.7$, $SD = 108.3$) durch das Mikroskop. Innerhalb des Kontexts blickt keine Schülerin bzw. kein Schüler seltener durch das Mikroskop. Auf Grund des seltenen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Maras Zeichnung dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Zeichnenden Tätigkeiten geht sie wiederum knapp zwei Minuten lang nach ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 117$ s, $M = 221.7$, $SD = 134.4$). Davon entfallen 87 Sekunden auf das Zeichnen von Strukturen ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 195.7$, $SD = 150.5$) und 30 Sekunden auf das Darstellen redundanter Strukturen. Die eigene Zeichnung überblickt sie insgesamt nur dreimal für insgesamt sieben Sekunden still, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 18.3$, $SD = 12.1$). Sie verwirft viermal bereits gezeichnete Strukturen und benötigt dafür 22 Sekunden ($T_Verwirft_Struktur_{MZ}$ $M = 30.7$, $SD = 26.7$). An keiner Stelle lässt sie sich von der Bearbeitung der Zeichenaufgabe ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{MZ} = 0$ s, $M = 2.5$, $SD = 2.6$).

Während der Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung werden von Mara keine Änderungen an der Zeichnung vorgenommen. Für die Beschriftung ihrer Zeichnung benötigt sie

etwas weniger als zweieinhalb Minuten ($T_Beschriftung_Korrektur_{MZ} = 141\text{ s}$, $M = 200.0$, $SD = 93.8$). Die Beschriftung der Schülerin bleibt trotz Vorlage unvollständig. Die Zellmembran beschriftet sie nicht. Im Fall der Zellwand grenzt die Beschriftungslinie nicht an die zu bezeichnende Struktur und ist in Abgrenzung zur Kittsubstanz nicht nachvollziehbar positioniert.

Beurteilung | Maras Zeichnung erreicht bei der kriterialen Beurteilung 17 von 36 Punkten (47.2%, $M = 58.8$, $SD = 12.8$). Nur ein Schüler innerhalb der Altersgruppe erreicht weniger Punkte als sie. Im Zusammenhang mit der Bearbeitungsdauer resultiert mit 3.0 Punkten pro Minute ($M = 3.2$, $SD = 1.7$) ein leicht unterdurchschnittlicher Leistungswert.



Abbildung A10.32 Abfolge der Tätigkeiten von Mara (S7F) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S7F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Retrospektion | Mara gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr die Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen sowie die Zusammenhänge zu verstehen. Auch gibt sie an, dass sie beim Zeichnen eher aufmerksam war. Jedoch gibt Mara zugleich an, dass sie beim Lesen eher nicht bei der Sache war.

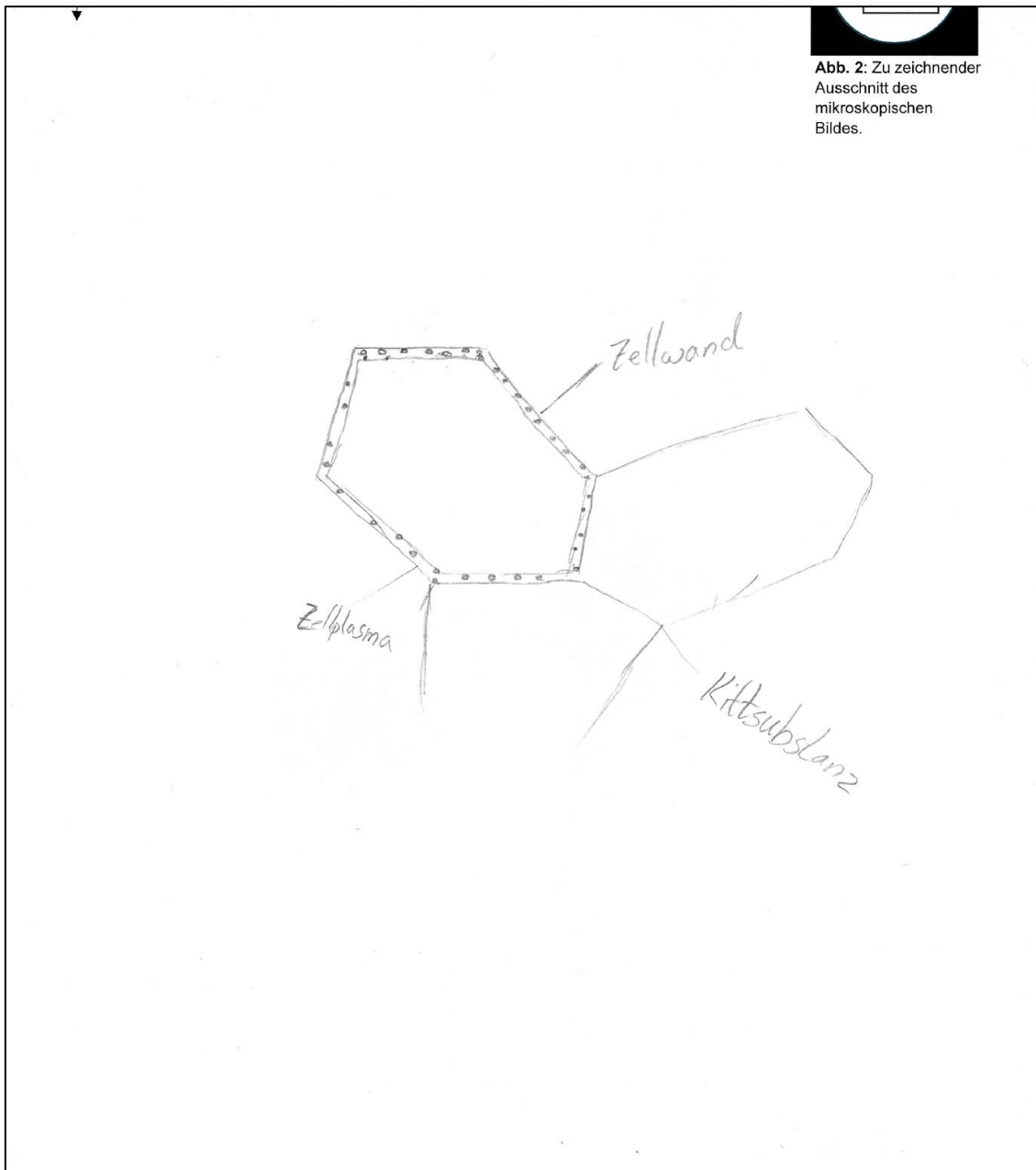


Abb. 2: Zu zeichnender Ausschnitt des mikroskopischen Bildes.

Abbildung A10.33 Zeichnung von Mara (S7F) zum Kontext 7: Das Wassernetz – Ein lebendes Netz aus Zellen

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Mara fragt den Versuchsleiter, ob sie die Zeichnung innerhalb des Bildausschnitts neben der Aufgabenstellung anlegen soll. Der Versuchsleiter erklärt daraufhin, dass sie die Zeichnung unterhalb der Aufgabenstellung auf dem Zeichenblatt anfertigen soll.

Wie eingangs deutlich wurde, bringt Mara wenig Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen mit, obwohl sie bereits Zwiebelzellen mikroskopisch gezeichnet hat. Zusätzlich kommt erschwerend hinzu, dass der Schülerin keine zeichnerischen Konventionen, außer der Verwendung von Bleistift, bekannt sind. In ihrer Zeichnung berücksichtigt sie nur einen Teil der Aufgabenstellung. Sie zeichnet einen Teil der Strukturen, die im Ausschnitt des

Sichtfelds zu erkennen sind, nicht ein, obwohl sie diese im Zuge des lauten Denkens mündlich beschreibt:

„Also das sieht aus wie ein Sechseck. Das Sechseck ist dann mit mehreren Zellen verbunden. Und darin sind dann Zellkerne.“ (S7F, a31).

Der letzte Satz des vorausgehenden Zitats verdeutlicht, dass die Schülerin davon ausgeht, dass es sich bei den Strukturen innerhalb der Zellen um viele Zellkerne handelt. Diese Strukturen bildet sie in ihrer Zeichnung vielfach redundant ab. Sie zeichnet damit Zellorganellen ein, obwohl die Aufgabenstellung dies nicht vorsieht. Insgesamt ist ihre Darstellung stark abstrahiert und zeigt einen anderen als den vorgegebenen Bildausschnitt.

Mara grenzt die Zellen, die das jeweilige Sechseck formen, nicht voneinander ab, sondern zeichnet eine einzige sechseckige Zelle. Die angrenzenden Zellen sind durch gestrichelte dünne Linien angedeutet. Mara stellt die Zellen außerdem nicht durchgehend geschlossen dar. Die Darstellung der Zellen hätte insgesamt größer ausfallen müssen. Eine angemessene Differenzierung zwischen Zellwand, Zellmembran und Zellplasma ist bei der Größe der Darstellung nicht realisierbar.

Abschließend merkt die Schülerin an, dass ihr *„eigentlich nichts“* (S7F, a42) schwergefallen ist und sie beim nächsten Mal an ihrem Vorgehen voraussichtlich nichts ändern würde: *„Ich glaube nicht.“* (S7F, a51). Die eigenen Fehler erkennt sie im Wesentlichen nicht. Dennoch räumt sie ein, dass sie sich besser an die das Zeichnen betreffenden Erfahrungen aus der fünften Klasse hätte erinnern müssen. Auch gibt Mara an, dass es aus ihrer Sicht eventuell geholfen hätte, aufmerksamer zu lesen:

„Besser sich an das, was man in der fünften Klasse gemacht hat, erinnern. Vielleicht genauer durchlesen. [...]“ (S7F, a49).

Abbildung A10.34 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Anhang 10.7 Sara – S8A

Basisinformationen | Sara hatte im letzten Zeugnis in Biologie die Note Zwei und in Kunst die Note Eins. Die gezeigte Lesegeschwindigkeit beim LGVT entspricht einem PR-Wert von 35. Damit liegt sie nahe am durchschnittlichen Wert der Altersgruppe ($M = 38.1, SD = 21.7$). Ihre Leistung ist nach Schneider et al. (2007) dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) zuzuordnen. Hinsichtlich der Lesegeschwindigkeit erreicht sie einen PR-Wert von 20. Auch mit diesem Wert liegt sie nahe am durchschnittlichen Wert innerhalb des Kontexts ($M = 20.3, SD = 17.4$). Dieser entspricht einer unterdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 11-25) (Schneider et al., 2007). Sara gibt an, dass sie sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts eher gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Sara kann vor der Anfertigung ihres Schaubilds eine relevante kontextbezogene Information benennen. Ihr fachliche Vorerfahrung mit dem Kontext ist als gering einzustufen. Sie gibt an, dass sie mit ähnlichen Darstellungsweisen bereits vereinzelt im Unterricht Kontakt hatte:

„Ein- oder zweimal glaube ich. [...] Beim Herz, das andere weiß ich nicht mehr.“
(S8A, b30, b32).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen der Schülerin bei der Konstruktion der Zeichnung lässt sich in einer Abfolge von 92 Tätigkeiten visualisieren (Abb. A10.35). Dieser Wert liegt nahe am durchschnittlichen Wert der Altersgruppe ($AH_{Alle_Tätigkeiten_{AD}} M = 89.3, SD = 26.4$). Für die Zeichenaufgabe benötigt sie fast 12 Minuten ($T_{Alle_Tätigkeiten_{AD}} = 711\text{ s}, M = 840.6, SD = 258.8$). Davon beschäftigt sich Sarah anfangs mehr als vier Minuten mit dem Text sowie der Aufgabenstellung ($T_{Liest_vorab_{AD}} = 250\text{ s}, M = 286.0, SD = 83.6$). Parallel zum Zeichnen liest sie 31-mal einzelne Abschnitte des Texts erneut ($AH_{Liest_während_{AD}} M = 21.3, SD = 9.1$). Sie verweilt dabei unterschiedlich lange mit dem Text und benötigt insgesamt etwas mehr als drei Minuten ($T_{Liest_während_{AD}} = 191\text{ s}, M = 203.9, SD = 71.4$). Dem Zeichnen geht sie mit knapp drei Minuten ähnlich lange nach ($T_{Zeichnet_gesamt_{AD}} = 175\text{ s}, M = 203.0, SD = 116.9$), wobei 133 Sekunden ($M = 171.6, SD = 107.1$) auf das Notieren von Textinformationen und 42 Sekunden ($M = 25.6, SD = 8.5$) auf das Darstellen der Zusammengehörigkeit dieser Informationen mit Hilfe von Pfeilen entfallen. Insgesamt geht sie 32-mal zeichnenden Tätigkeiten nach ($AH_{Zeichnet_gesamt_{AD}} M = 29.0, SD = 9.7$). Von allen Teilnehmenden, die den Kontext der achten Klassenstufe bearbeitet haben, nimmt sie sich am wenigsten Zeit, um die eigene Zeichnung (Abb. A10.36) still zu überblicken ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeich-$

nung_{AD} = 37 s, $M = 62.6$, $SD = 19.7$). Dahingegen verwirft sie bereits gezeichnete Strukturen am häufigsten ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 6$, $M = 1.6$, $SD = 1.9$). In Summe beschäftigt sie sich eine halbe Minute lang mit dem Ausradieren von Teilen ihrer Zeichnung. Während des gesamten Vorgehens lässt sie sich an keiner Stelle von der Zeichenaufgabe ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{AD} = 0$ s). Abbildung A10.37 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

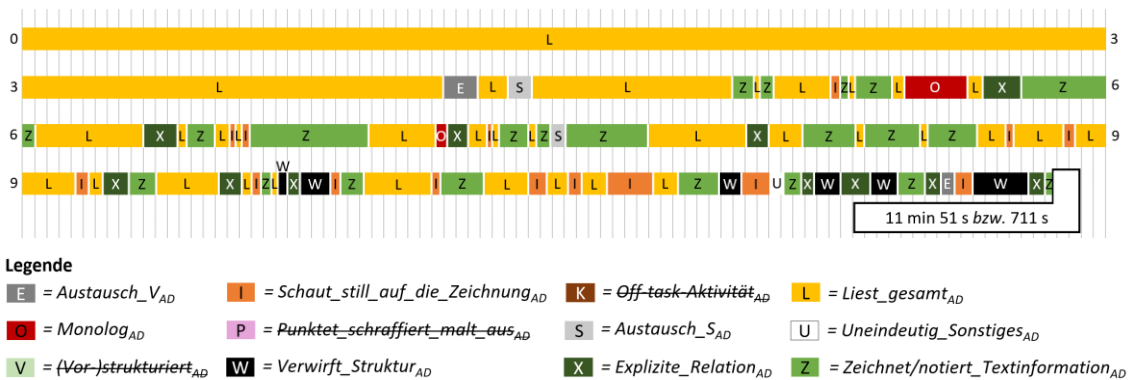


Abbildung A10.35 Abfolge der Tätigkeiten von Sara (S8A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

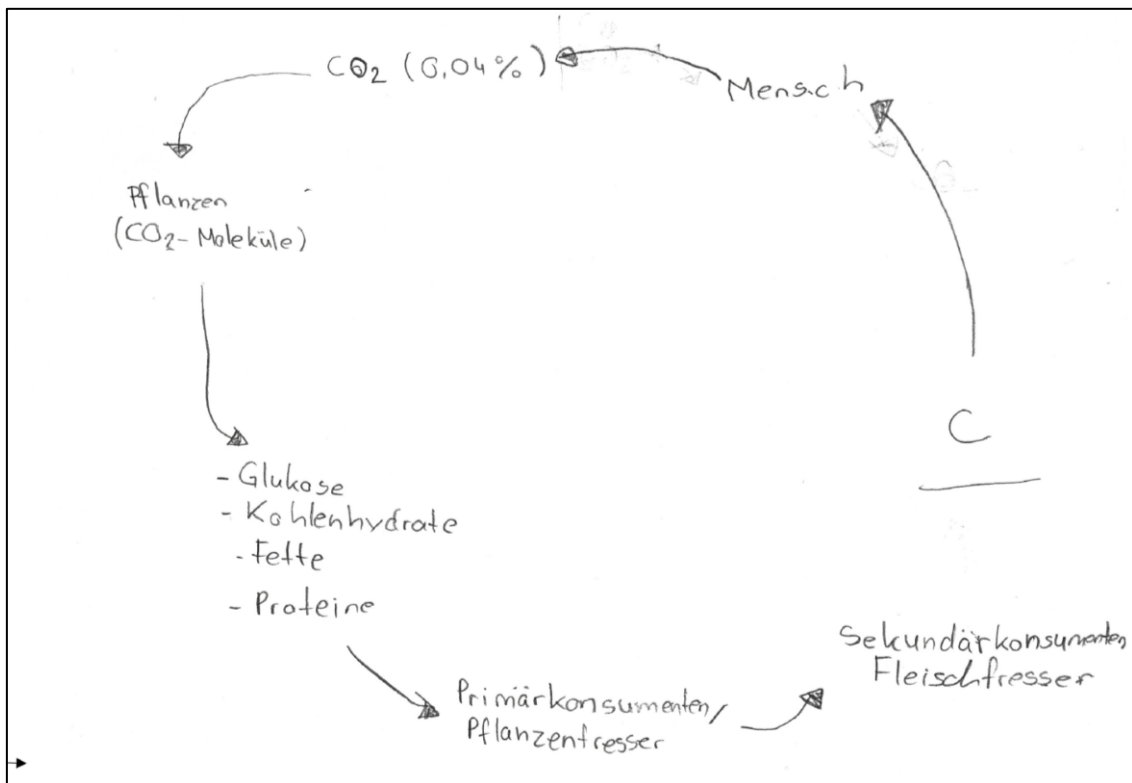


Abbildung A10.36 Zeichnung von Sara (S8A) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf, um 90° nach links gedreht

Beurteilung | Saras Ablaufdiagramm erzielt bei der kriterialen Beurteilung 17 von 24 Punkten (70.8%, $M = 61.3$, $SD = 13.7$). Sie stellt 4 von 8 der relevanten Textinformationen (50%, $M = 60.7$, $SD = 18.2$) sowie 4 von 10 Relationen (40%, $M = 45.7$, $SD = 14.0$) dar. Setzt man die dargestellten Elemente und Relationen sowie das Ergebnis der kriterialen Beurteilung in Bezug zur Zeit, ergibt sich eine Leistung von 0.7 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$) bzw. 1.4 Punkte pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.5$). Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Saras Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Im Rahmen der Verständnisfragen, die nach Abschluss der Zeichenaufgabe gestellt wurden, erinnert Sara alle vier gezeichneten Textinformationen. Darüber hinaus nennt sie keine der vier weiteren relevanten im Text vorhandenen Informationen, die sie in der Zeichnung nicht berücksichtigt hat. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt sie an, dass ihr das Schaubild eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen. Das Schaubild hat ihr ebenso geholfen, den Kontext zu verstehen. Sie verdeutlicht, dass sie beim Lesen bei der Sache war und bei der Aufgabenbearbeitung eher bei der Sache war. Sie gibt jedoch an, dass ihr die Auswahl relevanter Begriffe schwer fiel.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Sara wendet beim Lesen keine Lesestrategie an. Sie liest den Text zunächst einmal durch und danach 31-mal abschnittsweise erneut. Dabei benötigt sie teilweise mehrere Sekunden zur Orientierung, um die richtige Textstelle zu finden. Die Schülerin stößt insbesondere beim Zusammenhang zwischen Primärkonsument, Sekundärkonsument und Endkonsument auf fachliche Verständnisschwierigkeiten. Diese zeigen sich vor allem in ihren mündlichen Äußerungen, aber auch in ihrem Schaubild. Am Ende der Zeichenaufgabe resümiert Sara: „*Das kann ich theoretisch auch noch besser [...].*“ (S8A, b3). Dies führt sie bei den mündlichen Reflexionsfragen differenzierter aus: „*Irgendwie wusste ich nicht ganz, wie ich den Kreislauf schließen soll [...].*“ (S8A, b23). Die Verständnisschwierigkeiten bei der Verfolgung der C-Atome über Organisationsebenen hinweg (vgl. Düsing et al., 2019), die die zeichnerische Darstellung beeinflussen, werden insbesondere bei den Verständnisfragen (Ver_AD_1-3, Anhang 4) zum Kontext deutlich:

„Die Pflanzen brauchen Kohlenstoffdioxid. [...] Die Pflanzenfresser brauchen das ja. Aber die Pflanzenfresser werden dann von den Fleischfressern halt gegessen und die Menschen brauchen auch Kohlenstoff, das essen sie ja bei jeder Mahlzeit. Bei der Zellatmung stellen die Menschen dann wieder Kohlenstoffdioxid her. [...] Wir atmen den Sauerstoff der Luft ein und dadurch produzieren wir Kohlenstoffdioxid und das atmen

wir wieder aus und dann entsteht wieder Kohlenstoffdioxid und das ist dann wieder in der Luft.“ (S8A, b6, b8, b12).

Die Schülerin erkennt auch, dass sie durch den fehlenden Abgleich, zwischen den im Schaubild dargestellten und den im Text genannten Informationen, einige relevante Aspekte übersehen hat. Sie merkt an, dass sie beim nächsten Mal „[...] am Schluss nochmal lesen und vergleichen“ (S8A, b28) müsse. Als verbesserungsfähig an ihrem Vorgehen sieht sie:

„[...] vielleicht den Text sorgfältiger lesen, dass ich mir daraus erschließen kann, wie der [Kreislauf] geschlossen ist.“ (S8A, b26).

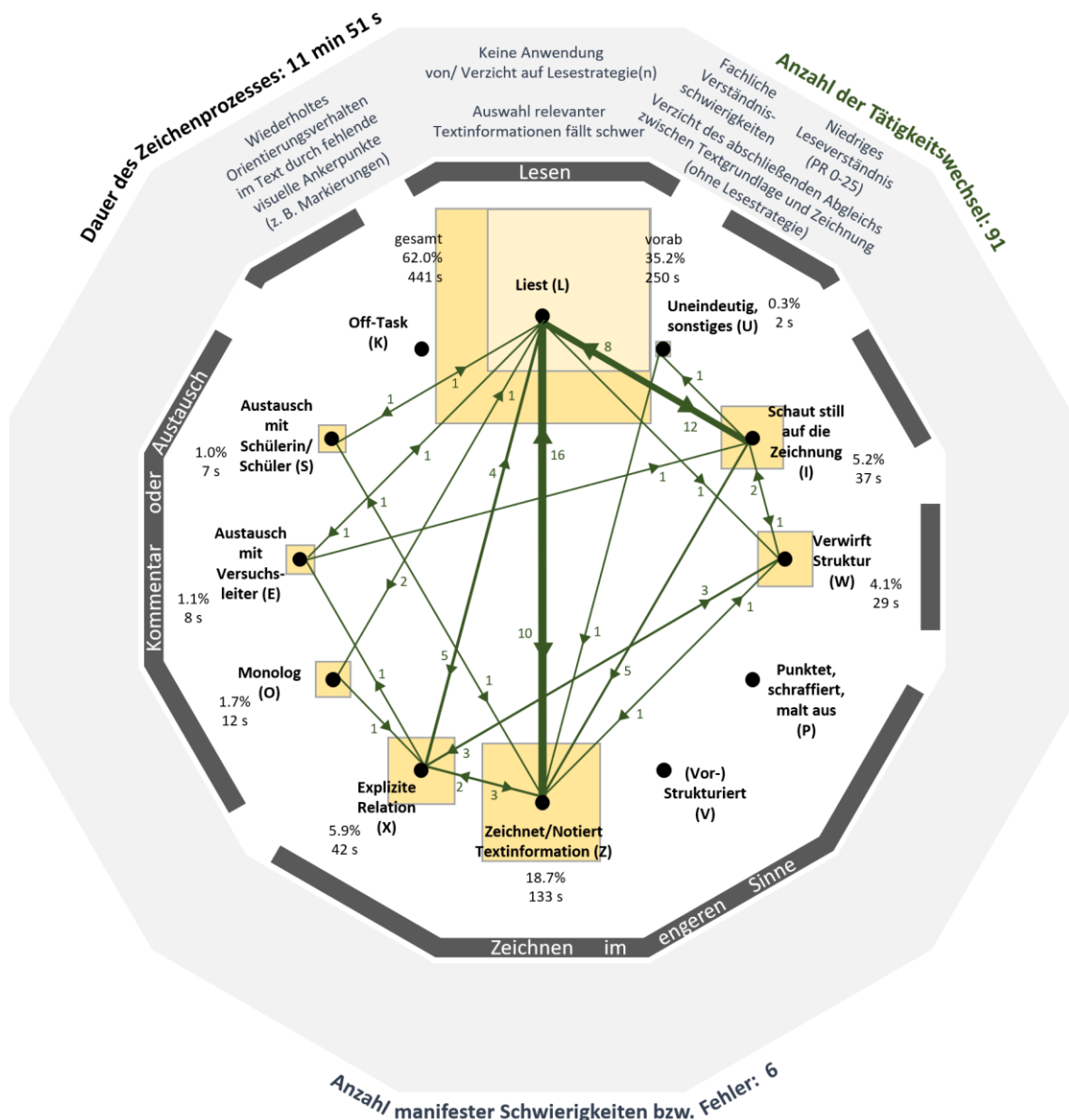


Abbildung A10.37 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Sara (S8A)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Sara gibt an, dass sie bereits zweimal mikroskopisch gezeichnet hat, wobei die Zeichnungen im Anschluss nicht von der Lehrkraft bewertet wurden. An die gezeichneten Objekte kann sie sich nicht mehr erinnern. Dahingegen erinnert sie wenige Regeln, die es beim Zeichnen zu beachten gilt und die von der Lehrkraft genannt wurden:

„Sie hat nur gesagt, dass wir es so abzeichnen sollen, wie wir es halt sehen. [...] Dass man immer den Namen draufschreiben soll und wir sollten, glaube ich, auch ein Viereck außen herum zeichnen.“ (S8A, a11, a13).

Trotz dieser Vorerfahrungen kann sie den Aufbau einer pflanzlichen Zelle sowie die Unterschiede zwischen tierischen und pflanzlichen Zellen nicht benennen. Beim anschließenden Zeichnen-Test zeichnet sie gemäß der Aufgabenstellung jeweils drei aneinandergrenzende Zellen, jedoch ohne genauere Differenzierung der Strukturen. Lediglich der Umriss der Zellen ist durch eine dünne Linie angedeutet. Ob es sich dabei um die Zellwand oder die Zellmembran handelt, ist nicht ersichtlich, da die Beschriftung fehlt. Die fehlende fachliche Vorerfahrung erkennt die Schülerin selbst:

„Ich weiß jetzt nicht mehr so genau, wo der Unterschied zwischen denen ist.“ (S8A, a23).

Im Zuge der kriterialen Beurteilung erreicht ihre Darstellung pflanzlicher Zellen 19 von 36 Punkten (52.8%, $M = 62.5$, $SD = 11.0$) und ihre Darstellung tierischer Zellen 20 von 36 Punkten (55.6%, $M = 57.4$, $SD = 10.9$).

Tätigkeitsanalyse | Ihr Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung setzt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung aus einer Abfolge von 79 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) zusammen (Abb. A10.38). Zur Anfertigung der Zeichnung benötigt sie etwas mehr als sechs Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 374$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.38 dargestellten Bearbeitungsdauer 40 Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen.

Sara benötigt 71 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 69.9$, $SD = 19.0$), um den Einführungstext und die Aufgabenstellung zu lesen. Durch das Mikroskop blickt sie daraufhin 35-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 29.9$, $SD = 18.3$) für insgesamt zweieinhalb Minuten ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 154$ s, $M = 138.1$, $SD = 96.0$). Innerhalb der Altersgruppe geht nur eine Schülerin dieser Tätigkeit länger nach. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Saras Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Dem Zeichnen geht sie mit 30-mal etwas seltener als dem

Mikroskopieren nach und benötigt dafür 105 Sekunden ($T_{\text{Zeichnet_Struktur}_{MZ}}$ $M = 121.4$, $SD = 50.7$). Nur an einer einzigen Stelle verwirft sie für neun Sekunden eine gezeichnete Struktur ($T_{\text{Verwirft_Struktur}_{MZ}}$ $M = 13.6$, $SD = 14.6$). Die eigene Zeichnung (Abb. A10.39) überblickt sie ebenso wie Sophia (S8E) mit acht Sekunden innerhalb der Altersgruppe am kürzesten ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{MZ}}$ $M = 15.7$, $SD = 6.7$). Während der gesamten Aufgabenbearbeitung lässt sich Sara an keiner Stelle von dieser ablenken ($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{MZ}} = 0$ s). Abbildung A10.40 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Für die Bearbeitung der zweiten Aufgabe benötigt die Schülerin etwas mehr als dreieinhalb Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 217$ s, $M = 195.3$, $SD = 24.8$). Damit braucht sie für die zweite Aufgabenstellung innerhalb des Kontexts am zweitlängsten. Die an der Zeichnung vorgenommenen Korrekturen fallen geringfügig aus. Ihre Beschriftung ist vollständig.

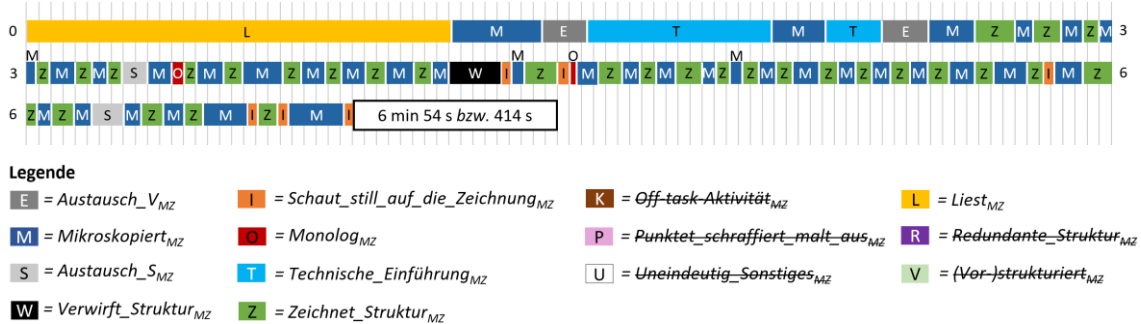


Abbildung A10.38 Abfolge der Tätigkeiten von Sara (S8A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Die mikroskopische Zeichnung von Sara erzielt innerhalb der Altersgruppe mit 30 von 36 Punkten (83.3%, $M = 71.0$, $SD = 15.6$) den höchsten Wert bei der kriterialen Beurteilung. In Relation zur dafür benötigten Zeit zeigt sie mit 4.8 Punkten pro Minute ($M = 4.1$, $SD = 1.2$) eine überdurchschnittliche Leistung.

Retrospektion | Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Sara an, dass ihr das Zeichnen geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und eher dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Sie schätzt auch ein, dass sie beim Lesen und beim Zeichnen bei der Sache war.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Sara geht bei der Anfertigung ihrer Zeichnung sehr kleinschrittig vor und deutet einige Strukturen durch sehr dünne und teilweise unterbrochene Linien an. Dieses Vorgehen steht in enger Verbindung mit den geringen Vorerfahrungen zum Zellaufbau und der ebenso geringen Kenntnis zeichnerischer Konventionen. Ihre Unsicherheit bringt sie beispielsweise mündlich durch die einleitende an den Versuchsleiter gerichtete Frage zum Ausdruck: „Soll ich es mit Lineal machen, sodass ich es abmessen kann?“ (S8A, a28). Eine Unterscheidung zwischen den Nahrungsvakuolen und den die Amöbe überlagernden Einzellern gelingt in ihrer Zeichnung nur bedingt. Die zuvor geschilderten Beobachtungen werden auch anhand ihrer Beschreibungen während des lauten Denkens deutlich:

„Ok. Ich male jetzt erstmal die Form [gemeint ist die Zellmembran]. Hier male ich so einen Strich hin und verbinde das damit [gemeint ist die Zellmembran] jetzt mache ich die kleinen Pünktchen [gemeint sind nachfolgend die kleinen Einzeller, die die Amöbe an manchen Stellen überlagern, außerdem zeichnet sie den Zellkern ein] und da hinten dran sind so kleine [zeichnet nachfolgend gröbere Strukturen im Zellplasma] hier ist auch noch so ein kleines dann ist hier noch eine und hier ist noch so ein Punkt hier ist auch noch so ein Punkt und hier sind so kleine Pünktchen, die sind auch nicht so groß hier sind so ein paar [...].“ (S8A, a28).

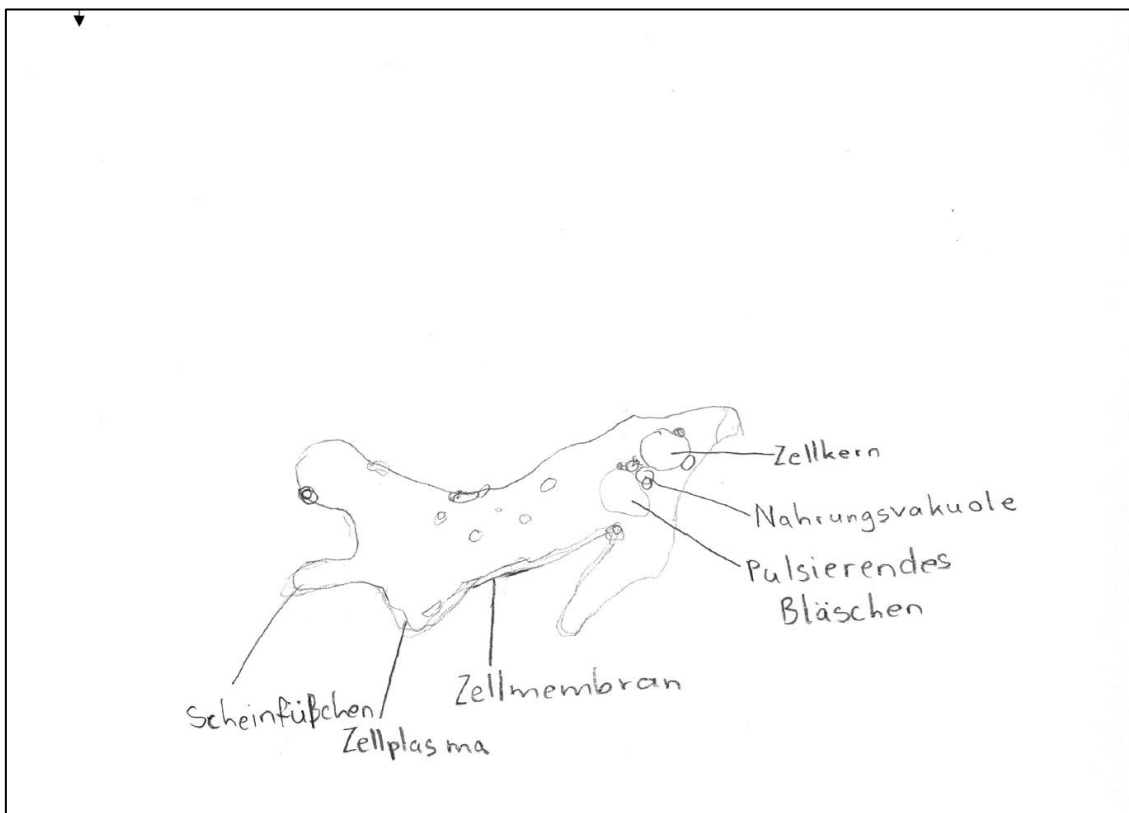


Abbildung A10.39 Zeichnung von Sara (S8A) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

Sie selbst gibt an, dass es ihr schwergefallen ist, die Proportionen der Scheinfüßchen sowie die Lage der Nahrungsvakuolen einzuschätzen:

„Die Scheinfüßchen zu erkennen. [...] Also die Scheinfüßchen musste ich halt erstmal genau gucken. Und die genaue Lage der Nahrungsvakuolen.“ (S8A, a47, a45).

Dies bestätigt sich auch in ihrem Vorgehen, denn sie verwirft das bereits dargestellte Scheinfüßchen und gleicht dessen Proportionen danach erneut mit dem Mikroskop ab. Ebenso fällt Saras Zeichnung klein aus. In dieser Folge lassen sich einige der gezeichneten Strukturen nur schwer voneinander abgrenzen.

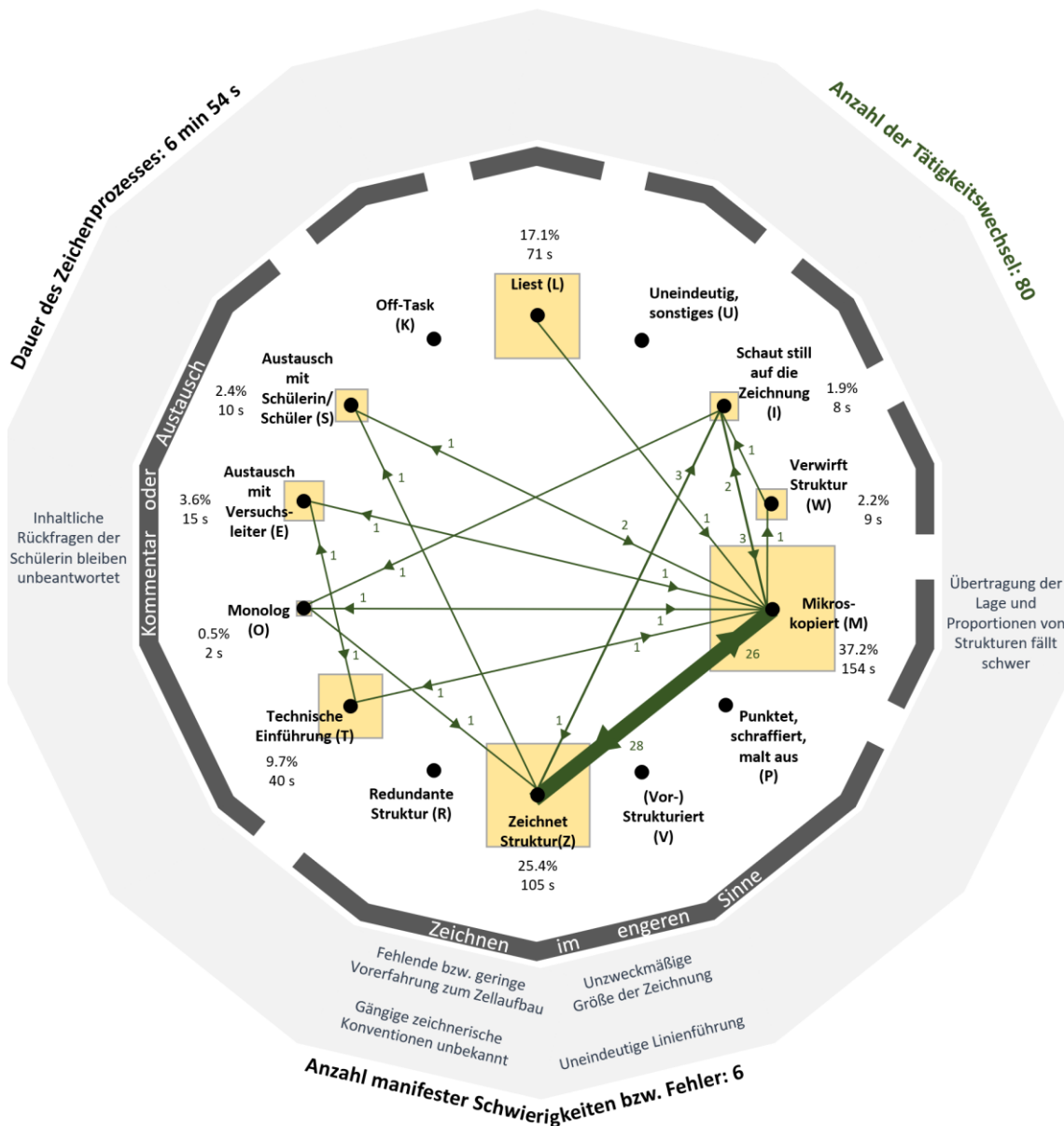


Abbildung A10.40 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Sara (S8A)

Anhang 10.8 Lisa – S8B

Basisinformationen | Lisa hatte in Biologie im letzten Zeugnis die Note Zwei. Für das Fach Kunst ist sie sich nicht mehr sicher, entweder hatte sie darin die Note Eins oder Zwei. Beim LGVT erreicht sie für ihre Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 58. Diese Leistung entspricht nach Schneider et al. (2007) dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) und stellt innerhalb des Kontexts die zweitbeste gezeigte Lesegeschwindigkeit dar ($M = 38.1$, $SD = 21.7$). Das gezeigte Leseverständnis resultiert in einem PR-Wert von 26. Diese Leistung entspricht dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) und liegt nahe am durchschnittlichen Wert der im Rahmen dieser Studie untersuchten Altersgruppe ($M = 20.3$, $SD = 17.4$). Sie zeichnet im Biologieunterricht eher gerne, wohingegen sie außerhalb des Biologieunterrichts eher nicht gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Die Fallbeschreibung zur Konstruktion des Ablaufdiagramms befindet sich in Unterkapitel 9.5.2.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Lisa gibt an, dass sie bereits „zwei-, dreimal“ (S8B, a9) mikroskopisch gezeichnet hat. Die Präparate waren ein Pantoffeltierchen und Zwiebelzellen. Ihrer Einschätzung nach hat die Lehrkraft dabei keine Regeln benannt, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Die Zeichnung wurde nicht bewertet. Sie selbst folgt beim Zeichnen der Regel: „*Ich male das ab, was ich sehe.*“ (S8B, a15). Ihre fachlichen Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen sind umfangreicher als die der anderen Teilnehmenden aus der achten Jahrgangsstufe. Hinsichtlich einiger Strukturen ist sie sich dennoch unsicher:

„Die Zellmembran, die die Flüssigkeiten zusammenhält oder so, dann gibt es den Zellkern. Gibt es den bei pflanzlichen Zellen, ja oder? Ja! Dann gibt es die Chloroplasten, dort findet die Fotosynthese statt. [...] Zellsaftvakuole gibt es auch. Ich weiß nicht, ob das bei den Menschen oder von den Tieren ist.“ (S8B, a21).

Auch kann sie zwei Unterschiede zwischen tierischen und pflanzlichen Zellen benennen:

„Ich weiß, dass die pflanzlichen Zellen Chloroplasten haben, dann haben die die Zellwand und noch irgendetwas Drittes.“ (S8B, a23).

Beim Zeichnen-Test stellt sie bei der pflanzlichen Zelle Zellkern, Zellsaftvakuole, Zellmembran, Zellwand und Chloroplasten dar. Die Zellsaftvakuole liegt in ihrer Zeichnung hinter dem

Zellkern. Diese Darstellungsform ist untypisch. Die beiden Begriffe Zellmembran und Zellwand sind vertauscht. Die Form und Lage der pflanzlichen Zellen zueinander sind ebenfalls untypisch. Für ihre Zeichnung der pflanzlichen Zellen erhält sie 24 von 36 Punkten (66.7%, $M = 62.5$, $SD = 11.0$). Die von ihr gezeichneten tierischen Zellen sind wiederum mit Zellmembran und Zellkern beschriftet. Mit dieser Zeichnung erreicht sie 26 von 36 Punkten (72.2%, $M = 57.4$, $SD = 10.9$).

Ihre beiden Zeichnungen sind klein angelegt und die Linienführung ist insbesondere bei den pflanzlichen Zellen ungleichmäßig. Darüber hinaus kennt Lisa den Begriff Zellorganellen nicht und stellt daher in den pflanzlichen Zellen Chloroplasten dar. Auch in den tierischen Zellen stellt sie Zellorganellen gleicher Struktur dar, lässt jedoch die Beschriftungslinie, die auf eine dieser Strukturen zeigt, unbeschriftet:

„[...] Zellorganellen, ah das muss ich nicht zeichnen. Ich weiß nicht mal, was das ist. Ich bin fertig, aber ich weiß nicht, wie man das nennt [zeigt auf den unbeschrifteten Pfeil].“
(S8B, a26).

Tätigkeitsanalyse | Lisas Vorgehen während der Anfertigung der Zeichnung lässt sich im Zusammenhang mit der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 110 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) visualisieren (Abb. A10.41). Zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.42) benötigt sie etwas weniger als sechs Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 349$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.42 dargestellten Bearbeitungsdauer sechs Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen.

Mit dem Lesen der Aufgabenstellung und der Textgrundlage beschäftigt sie sich 46 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 69.9$, $SD = 19.0$) lang. Innerhalb des Kontexts beschäftigt sich nur Johanna (S8D) kürzer mit der Aufgabenstellung und der Textgrundlage. Im weiteren Verlauf blickt Lisa 34-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 29.9$, $SD = 18.3$) durch das Mikroskop. Mit dieser Tätigkeit ist sie in Summe 106 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 138.1$, $SD = 96.0$) lang beschäftigt. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Lisas Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Zeichnenden Tätigkeiten widmet sie sich mehr als zwei Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 139$ s, $M = 148.4$, $SD = 71.2$). Davon entfällt der größte Teil, nämlich 114 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 121.4$, $SD = 50.7$), auf die Darstellung von Strukturen und 25 Sekunden auf das Schraffieren dieser. Dazwischen verwirft sie dreimal für insgesamt 15 Sekunden ($T_Verwirft_Struktur_{MZ}$ $M = 13.6$, $SD = 14.6$) bereits gezeichnete Strukturen. Innerhalb des Kontexts blickt sie mit 18-mal ($AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 10.6$, $SD = 5.2$) am häufigsten still auf die eigene Zeichnung, ohne dabei einer

anderen Tätigkeit nachzugehen. An keiner Stelle lässt sie sich von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{MZ}} = 0$ s). Abbildung A10.43 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Für die Bearbeitung der zweiten Aufgabe benötigt Lisa weniger als drei Minuten ($T_{Beschriftung_Korrektur_{MZ}} = 173$ s, $M = 195.3$, $SD = 24.8$). Sie schraffiert das Zellplasma der Amöbe nachträglich durchgehend. Dies ist in der eingescannten Zeichnung nur schwer zu erkennen. Die Beschriftung ihrer Zeichnung ist vollständig.

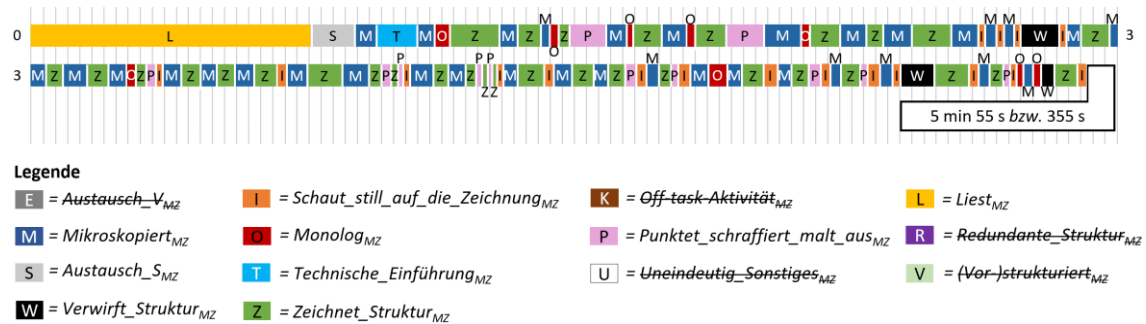


Abbildung A10.41 Abfolge der Tätigkeiten von Lisa (S8B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Mit ihrer Zeichnung erreicht sie bei der kriterialen Beurteilung 28 von 36 Punkten (77.8%, $M = 71.0$, $SD = 15.6$). Nur eine Schülerin innerhalb der Altersgruppe erreicht einen höheren Wert. Setzt man dieses Ergebnis in Relation zu der zur Anfertigung der Zeichnung benötigten Zeit, liegt bezogen auf den Kontext mit 4.8 Punkten pro Minute ($M = 4.1$, $SD = 1.2$) eine überdurchschnittliche Leistung vor.

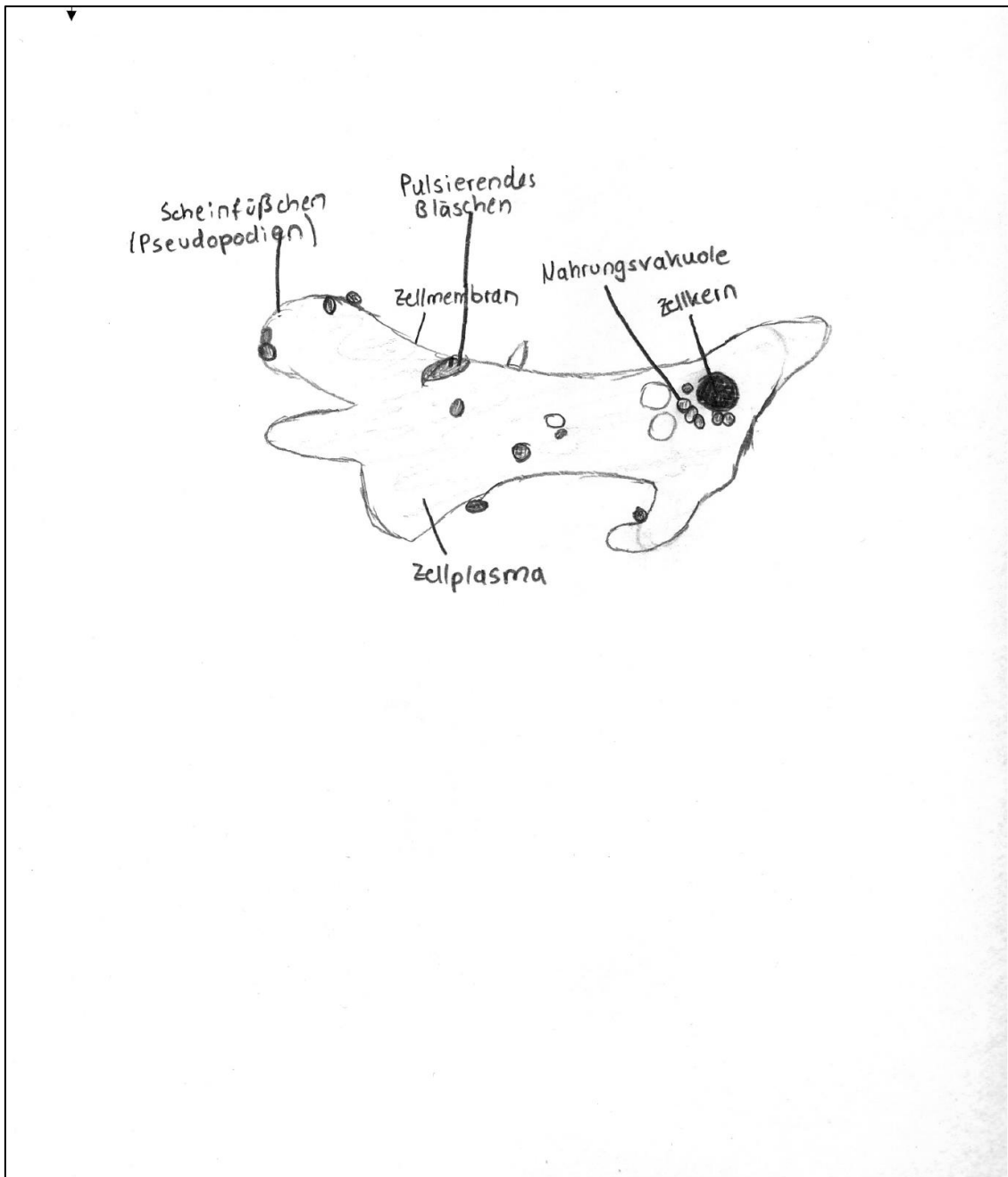


Abbildung A10.42 Zeichnung von Lisa (S8B) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

Retrospektion | Im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen verdeutlicht Lisa, dass ihr das Zeichnen eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und die Zusammenhänge zu verstehen. Sie gibt an, dass sie beim Lesen bei der Sache und beim Zeichnen eher bei der Sache war.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Lisa beginnt zunächst damit, den Umriss der Amöbe mit Hilfe vieler dünner Linien darzustellen, anstatt durchgehende Linien einzuzichnen. Dahingegen hat sie beim Zeichnen-Test weitestgehend durchgehende Linien

verwendet, um die Zellularstruktur darzustellen. Wie zuvor berichtet, ist sie mit Regeln des mikroskopischen Zeichnens nicht vertraut. Die fehlende Kenntnis von zeichnerischen Konventionen erschwert die zweckmäßige Darstellung von Strukturen. Sie orientiert sich an der von ihr im Vorfeld benannten Regel:

„Ich male das ab, was ich sehe. [E: Je genauer, desto besser?] Ja.“ (S8B, a15-17).

Unsicherheiten beim Erkennen und Darstellen mikroskopischer Strukturen werden im Zuge des lauten Denkens deutlich:

„Hier ist ein dunkler Rand, ein lilafarbener Punkt oder so [zeichnet den Zellkern]. Da sind außen herum auch wieder so kleine Dinger. Oh, die sind alle aneinandergereiht. Die sind auch so ein bisschen dunkler [gemeint sind gröbere Strukturen zwischen Zellkern und Pulsierenden Bläschen]. Da sind nochmal so zwei größere hellere Strukturen [gemeint sind die beiden Pulsierenden Bläschen]. Ok. Sieht irgendwie aus wie eine Katze. Sieht aus, wie ein Bein von irgendeinem Tier. [unverst.] Ok, da ist wieder so ein lilafarbenes Kreisdingbums [gemeint ist der die Amöbe überlagernde Einzeller rechts unten]. [...] Ok, hier vorne sind auch wieder so komische kreisartige Dinger.“ (S8B, a31).

Zusätzlich zum Zeichnen der mikroskopischen Strukturen schraffiert Lisa diese. Während der ersten Aufgabenstellung schraffiert sie die Nahrungsvakuolen, den Zellkern und die die Amöbe überlagernden Einzeller. Das Zellplasma schraffiert sie während der zweiten Aufgabenstellung. Für alle Schraffierungen benötigt sie mehr als eine Minute Zeit.

Bei der Darstellung der Scheinfüßchen hat sie Schwierigkeiten damit, die im Mikroskop gesehenen Proportionen angemessen in ihrer Zeichnung wiederzugeben. Für diese Beobachtung liefert auch das laute Denken Indizien:

„Ok, ich glaube so ungefähr. Ach nein, ich muss es noch höher machen. [Die Schülerin korrigiert das rechte obere Ende der Amöbe.] Ok, ich glaube, ich habe es.“ (S8B, a31).

Abschließend nimmt Lisa zwar eine vollständige Beschriftung der gezeichneten Strukturen vor, allerdings beschriftet sie einen Einzeller mit dem Begriff des Pulsierenden Bläschens. Auf die Rückfrage, was ihr schwer fiel, räumt sie ein: *„Zu beschriften, was wie heißt.“ (S8B, a46.)* Sie verdeutlicht, dass ihr lediglich die Darstellung der tierischen und pflanzlichen Zellen im Zuge des Zeichnen-Tests besser hätte gelingen können. Ihrer Einschätzung nach würde sie beim nächsten Mal aber nichts anders machen.

Anhang 10.9 Nora – S8C

Basisinformationen | In Biologie hatte Nora zuletzt die Note Zwei im Zeugnis und in Kunst die Note Eins. Beim LGVT erzielt sie hinsichtlich ihrer Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 10 ($M = 38.1, SD = 21.7$) und hinsichtlich ihres Leseverständnisses einen PR-Wert von 7 ($M = 20.3, SD = 17.4$). Beide Werte entsprechen nach Schneider et al. (2007) einer schwachen Leistung (Wertebereich: 6-10). Nora gibt an, sowohl im Biologieunterricht als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne zu zeichnen.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Vor Beginn der Zeichenaufgabe kann Nora eine relevante kontextbezogene Information ($M = 2.3, SD = 2.4$) benennen. Ihre Vorerfahrung zum Kontext ist als gering einzustufen. Mit ähnlichen Repräsentationsformen hatte sie bislang wenig Berührungspunkte.

Tätigkeitsanalyse | Noras Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung lässt sich in Form von 118 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten beschreiben (Abb. A10.44). Bezogen auf die Altersgruppe liegt dieser Wert über der durchschnittlichen Anzahl ausgeführter Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 89.3, SD = 26.4$). Zur Bearbeitung der Zeichenaufgabe benötigt sie innerhalb des Kontexts von allen Schülerinnen und Schülern am längsten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 1278$ s, $M = 840.6, SD = 258.8$). Mit dem Text und der Aufgabenstellung beschäftigt sie sich initial etwas mehr als vier Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 259$ s, $M = 286.0, SD = 83.6$). Während sie die Zeichnung (Abb. A10.45) anfertigt, schaut sie weitere 17-mal ($AH_Liest_während_{AD} M = 21.3, SD = 9.1$) auf den Text und benötigt zum Lesen einzelner Absätze etwas mehr als fünf Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 315$ s, $M = 203.9, SD = 71.4$). Das Zeichnen betreffende Tätigkeiten führt sie etwa acht Minuten lang aus ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 467$ s, $M = 203.0, SD = 116.9$). Davon entfallen 413 Sekunden ($M = 171.6, SD = 107.1$) auf das Darstellen von Textinformationen, 17 Sekunden auf das Darstellen von Pfeilen zwischen diesen und 37 Sekunden auf das Ausmalen und Schraffieren von Strukturen. Innerhalb des Kontexts ist Nora die einzige Schülerin, die den beiden letztgenannten optionalen Tätigkeiten nachgeht. Insgesamt geht sie bei der Anfertigung der Zeichnung kleinschrittig vor. Der Tätigkeit des Zeichnens geht sie mit 45 Ausübungen am häufigsten nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 29.0, SD = 9.7$). Die eigene Zeichnung überblickt sie dabei verhältnismäßig kurz ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 47$ s, $M = 62.6, SD = 19.7$). Nora verwirft an zwei Stellen bereits gezeichnete Strukturen ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} M = 1.6, SD = 1.9$). An keiner Stelle lässt sich die Schülerin von anderen Aktivitäten ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{AD} =$

0 s). Im Gegensatz zu den anderen Schülerinnen und Schülern der Altersgruppe verbalisiert Nora häufig ihre Gedanken (*Monolog_{AD}* = 130 s, *M* = 54.1, *SD* = 42.7), ohne dabei anderen Tätigkeiten nachzugehen. Abbildung A10.46 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

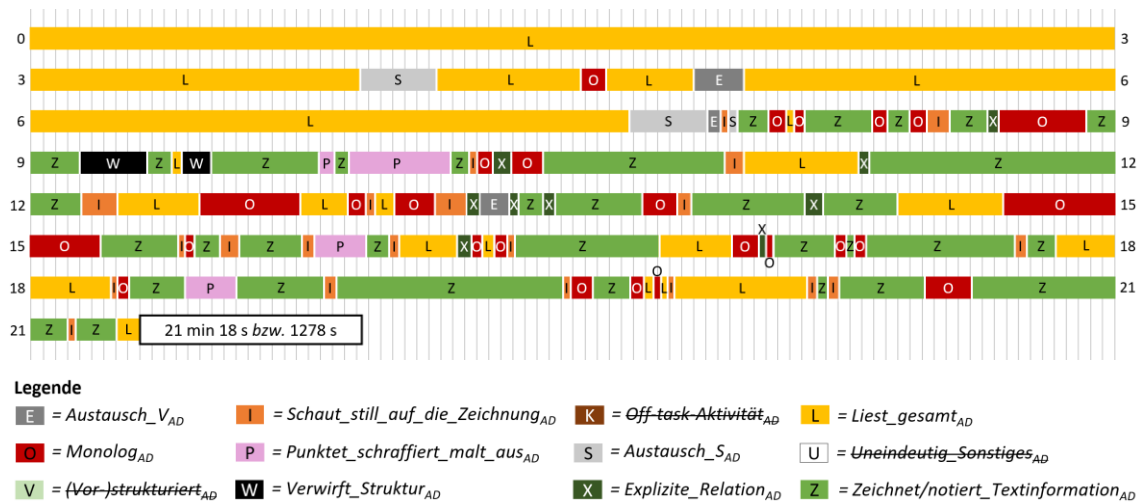


Abbildung A10.44 Abfolge der Tätigkeiten von Nora (S8C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Nora erzielt bei der kriterialen Beurteilung 12 von 24 Punkten (50%, *M* = 61.3, *SD* = 13.7). In ihrer Zeichnung stellt sie alle acht Elemente (100%, *M* = 60.7, *SD* = 18.2) und 7 von 10 Relationen (70%, *M* = 45.7, *SD* = 14.0) des Texts dar. In Verbindung mit der zur Anfertigung der Zeichnung benötigten Zeit resultieren daraus 0.7 Elemente/Relationen pro Minute (*M* = 0.7, *SD* = 0.2) bzw. 0.6 Punkte pro Minute (*M* = 1.2, *SD* = 0.5). Auf Grund der überwiegend depiktional dargestellten Elemente lässt sich Noras Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Im Zuge der Verständnisfragen kann sich Nora an alle acht gezeichneten Elemente erinnern und benennt diese. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt sie an, dass ihr das Schaubild eher dabei geholfenen hat, einen Überblick zu erlangen und den Kontext zu verstehen. Dies bestätigt sie auch im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich finde, wenn man dann noch ein bisschen zeichnet, ist es halt meistens etwas einfacher zu verstehen und es zeigt auch selbst, dass du es mehr verstanden hast.“
(S8C, a45).

Nora schätzt außerdem ein, dass sie beim Lesen und bei der Aufgabenbearbeitung eher nicht bei der Sache war. Auch fiel ihr die Auswahl der relevanten Textinformationen eher schwer. Trotz dieser Einschätzung ist es ihr gelungen, dem Text alle Elemente und die Mehrheit der Relationen zu entnehmen.



Abbildung A10.45 Zeichnung von Nora (S8C) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Nora verzichtet weitestgehend auf die Anwendung von Lesestrategien. Sie liest den Text lediglich abschnittsweise erneut. Die von ihr nachfolgend beschriebene Zusammenfassung einzelner Textabschnitte lässt sich während der Bearbeitung der Aufgabenstellung nicht beobachten:

„Manche Texte, wenn ich sie nicht so ganz verstehe, lese ich sie halt nochmal und nochmal und nochmal, bis ich sie halt verstehe und ich versuche dann immer nach jedem Abschnitt so ein bisschen das zusammenzufassen, was in dem Text stand.“ (S8C, a41).

In Noras Schaubild werden die Teilprozesse des Kohlenstoffkreislaufs lediglich additiv aneinandergereiht. Rückblickend merkt sie an, dass ihr die zweckmäßige Strukturierung der Textinformationen nur bedingt gelungen ist:

„Mir fiel es etwas schwer, was im Text alles stand, zuzuordnen oder nacheinander reinzusetzen. [...] Ich habe immer so geguckt nach der Reihenfolge, die im Text stand, wie ich das anfertigen soll. Ich habe mich an der Reihenfolge im Text orientiert.“ (S8C, a47, a43).

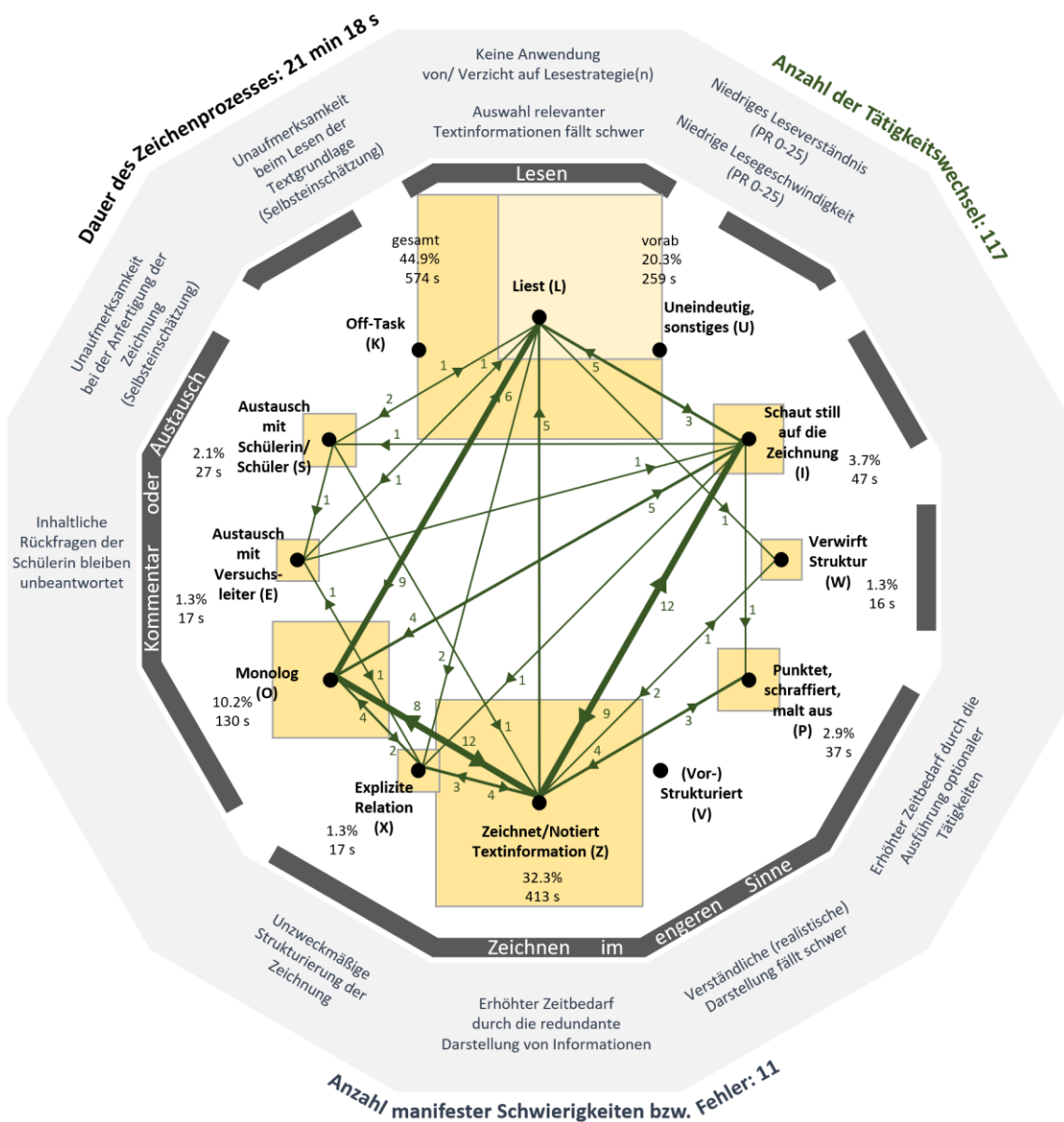


Abbildung A10.46 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Nora (S8C)

Weiterhin hat Nora Schwierigkeiten damit, einzelne Textinformationen verständlich realistisch zu repräsentieren. In einer Rückfrage der Schülerin bestätigt sich diese Annahme:

„Wenn die Produzenten sterben, dann werden die durch Destruenten zersetzt. Soll ich jetzt eine sterbende Eule malen?“ (S8C, a29).

Sie versucht alle Textinhalte zunächst realistisch abzubilden und beschriftet nur in wenigen Fällen einzelne Strukturen. Auch stellt sie einige Aspekte des Texts redundant dar, das heißt sie bildet diese realistisch ab und notiert zugleich einen Begriff, der den Aspekt ebenso repräsentiert (z. B. Maus, Atmosphäre).

Wie zuvor bereits verdeutlicht, verbalisiert die Schülerin innerhalb des Kontexts von allen Teilnehmenden am ausführlichsten ihre eigenen Gedanken in Form von Monologen, ohne dabei parallel anderen Tätigkeiten nachzugehen. Rund 10% der Bearbeitungsdauer entfallen auf das Monologisieren.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Nora gibt an, dass sie im Biologieunterricht bereits fünfmal gezeichnet hat. Sie zeichnete Zwiebelzellen und andere Zellen. An die anderen Präparate kann sie sich nicht mehr erinnern. Ihre Lehrkraft hat in der Vergangenheit keine Regel benannt, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Nora führt dahingegen zwei eigene Regeln an, die gängigen zeichnerischen Konventionen widersprechen, nämlich die Verwendung von dünnen nicht durchgezogenen Linien sowie das Schraffieren gezeichneter Strukturen:

„Ich mach es immer so, dass ich halt nicht so fest draufdrücke, wenn ich mir nicht so sicher bin. Ich mache nie ganz durchgezogene Linien, sondern eher so gestrichelte und sonst halt, [...] wenn man Schatten hat, dass man halt schraffiert. Ich bin nicht so gut im Schraffieren.“ (S8C, a15).

Trotz einer gezielten Rückfrage bleibt es unklar, ob die Schülerin in der Vergangenheit bereits eine Amöbe gezeichnet oder ob es sich dabei um die Schemazeichnung eines Bakteriums gehandelt hat:

„Doch, das ist halt so eine Bakterie oder sowas. Wir haben halt verschiedene Bakterien einmal durchgenommen. Wir hatten so ein Arbeitsblatt, da haben wir verschiedene Sachen, auch Zellen und so auch draufgehabt, da mussten wir die dann auch abzeichnen. Amöbe ist so ein ovales Ding glaube ich.“ (S8C, a22).

Nora kann weder den Aufbau einer pflanzlichen Zelle noch den Unterschied zwischen tierischen und pflanzlichen Zellen erklären. Dennoch zeichnet sie beim Zeichnen-Test pflanzliche und tierische Zellen und beschriftet einige Begriffe. Sie stellt insgesamt vier, anstatt den in der Aufgabenstellung geforderten drei, Zellen dar. Die Beschriftung der Begriffe Zellkern,

Zellwand und Zellplasma erfolgt jeweils korrekt, wohingegen die Beschriftung des Begriffs Chlorophyll nicht der Aufgabenstellung entspricht. Gemäß dieser hätte sie in beiden Zeichnungen keine Zellorganellen darstellen müssen. Mit ihrer Zeichnung pflanzlicher Zellen erreicht Nora 23 von 36 Punkten (63.9%, $M = 62.5$, $SD = 11.0$). Auch bei den tierischen Zellen zeichnet sie vier anstatt drei Zellen. Die tierischen Zellen versieht sie mit einer Zellwand. Für die Zeichnung tierischer Zellen erhält sie 17 von 36 Punkten (47.2%, $M = 57.4$, $SD = 10.9$).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen der Schülerin bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung im Zuge der ersten Aufgabenstellung lässt sich anhand einer Abfolge von 191 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) visualisieren (Abb. A10.47). Für die Anfertigung ihrer Zeichnung (Abb. A10.48) benötigt sie mit 14.5 Minuten mehr als doppelt so lange als andere Schülerinnen und Schüler innerhalb des Kontexts ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 876$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.47 dargestellten Bearbeitungsdauer 36 Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen.

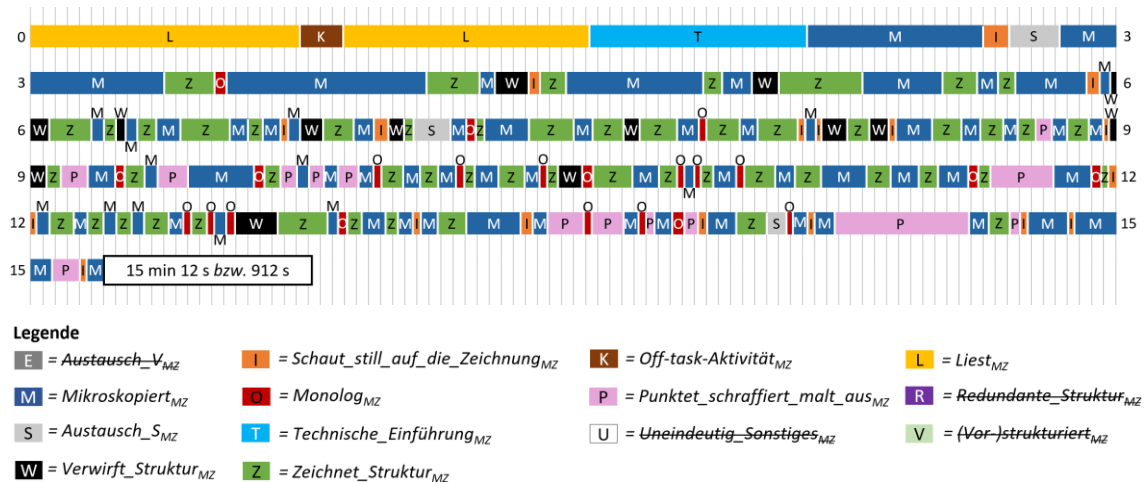


Abbildung A10.47 Abfolge der Tätigkeiten von Nora (S8C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Für das Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung benötigt Nora 86 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 69.9$, $SD = 19.0$). Mit dem Mikroskopieren beschäftigt sie sich sechs Minuten ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 360$ s, $M = 138.1$, $SD = 96.0$) lange und mit 67-mal mehr als doppelt so häufig wie die meisten anderen Teilnehmenden innerhalb der Altersgruppe. Auf Grund des extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Noras Zeichnung

dem undifferenziert detailliert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Zeichnen den Tätigkeiten geht sie insgesamt fünf Minuten ($T_{\text{Zeichnet_gesamt}_{MZ}} = 303 \text{ s}$, $M = 148.4$, $SD = 71.2$) lang nach. Davon entfallen etwas weniger als vier Minuten ($T_{\text{Zeichnet_Struktur}_{MZ}} = 226 \text{ s}$, $M = 121.4$, $SD = 50.7$) auf das Darstellen von Strukturen und mehr als eine Minute ($T_{\text{Punktet_schraffiert_malt_aus}_{MZ}} = 77 \text{ s}$) auf das Schraffieren und Punkten der gezeichneten Strukturen. Innerhalb des Kontexts verwirft sie am häufigsten ($AH_{\text{Verwirft_Struktur}_{MZ}} = 12$, $M = 3.4$, $SD = 3.9$) und am längsten ($T_{\text{Verwirft_Struktur}_{MZ}} = 46 \text{ s}$, $M = 13.6$, $SD = 14.6$) bereits gezeichnete Strukturen. Auch betrachtet Nora mit 27 Sekunden ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{MZ}} M = 15.7$, $SD = 6.7$) die eigene Zeichnung von allen Teilnehmenden am längsten, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Im Vergleich zur Altersgruppe lässt sie sich als einzige Schülerin für sieben Sekunden von der Aufgabenstellung ablenken. Im konkreten Fall unterbricht sie das Lesen des Einführungstexts, um dem Versuchsleiter bei der Einstellung des Präparats vorübergehend zuzuschauen. Abbildung A10.49 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Nora benötigt etwa dreieinhalb Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 212 \text{ s}$, $M = 195.3$, $SD = 24.8$), um ihre Zeichnung im Verlauf der zweiten Aufgabenstellung mit einer Beschriftung zu versehen. Eine Korrektur der Zeichnung nimmt sie in dieser Zeit nicht vor. Die von ihr vorgenommene Beschriftung bleibt trotz Vorlage unvollständig. Das Zellplasma ist nicht beschriftet. Ebenso verweist die Beschriftungslinie des Pulsierenden Bläschens auf die falsche Struktur. Bei der Beschriftung des Zellkerns ist sie sich unsicher: „*Ich weiß nicht, vielleicht ist das der Zellkern.*“ (S8C, b6).

Beurteilung | Bei der kriterialen Beurteilung erzielt Noras Zeichnung 27 von 36 Punkten (75.0%, $M = 71.0$, $SD = 15.6$). In Beziehung zur sehr umfangreichen Bearbeitungsdauer ergibt sich innerhalb des Kontexts mit 1.8 Punkten pro Minute der niedrigste Leistungswert ($M = 4.1$, $SD = 1.2$).

Retrospektion | Bei den Selbsteinschätzungsaussagen macht Nora deutlich, dass ihr die Zeichnung dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und eher dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Sie gibt an, dass sie beim Lesen bei der Sache und beim Zeichnen eher bei der Sache war.

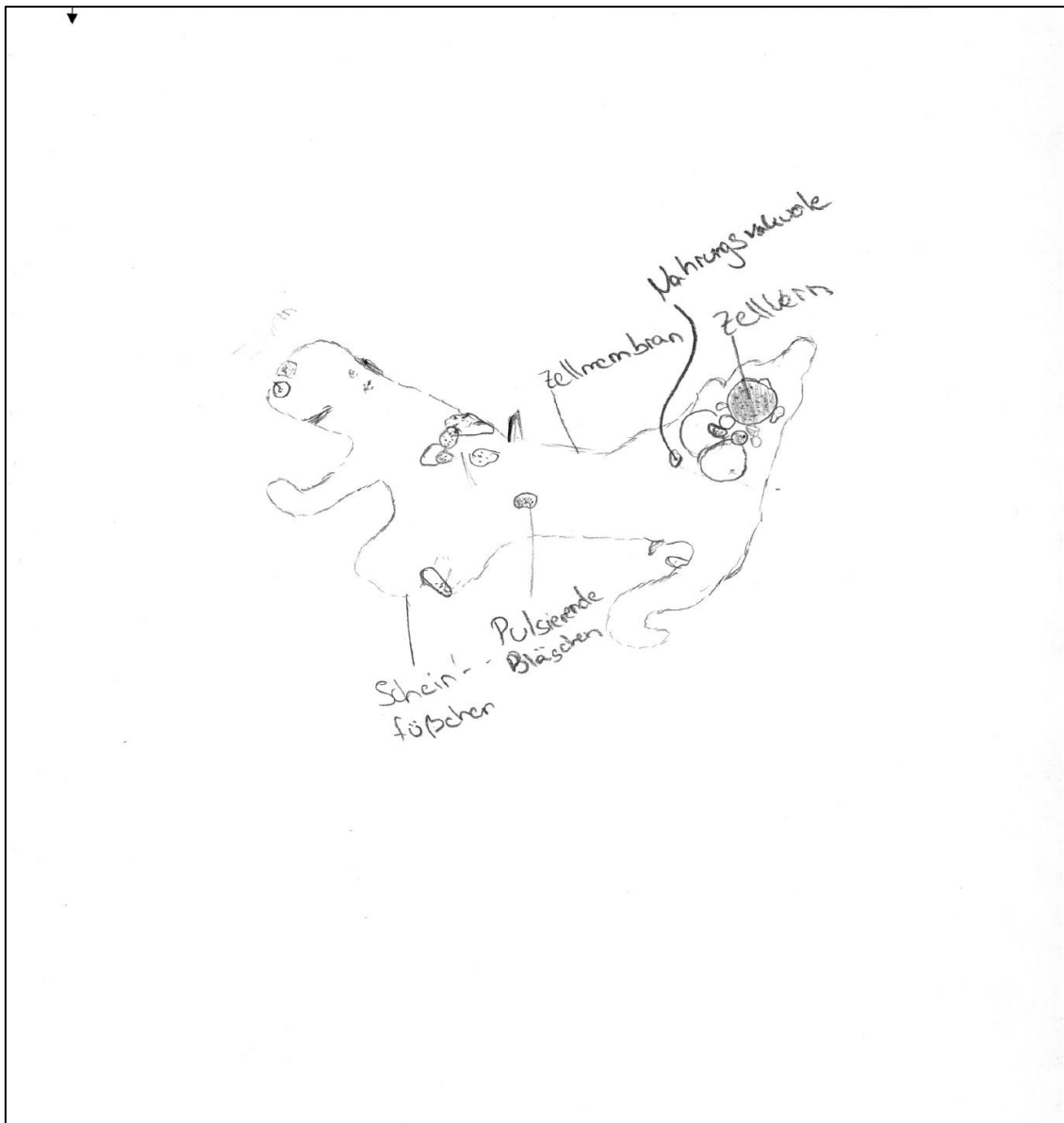


Abbildung A10.48 Zeichnung von Nora (S8C) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Im Vorfeld wurde deutlich, dass Nora mit gängigen zeichnerischen Konventionen nicht vertraut ist. Die beiden von ihr genannten Regeln widersprechen diesen sogar. Vor diesem Hintergrund stellt Nora das Gesehene durch eine Vielzahl dünner und teilweise gestrichelter Linien dar. Die Beschriftungslinie der Zellmembran grenzt auf Grund der uneindeutigen Linienführung nur bedingt an die zu bezeichnende Struktur:

„Ich mach es immer so, dass ich halt nicht so fest draufdrücke, wenn ich mir nicht so sicher bin. Ich mache nie ganz durchgezogene Linien, sondern eher so gestrichelte [...].“ (S8C, a15).

Das kleinschrittige Vorgehen bedarf viel Zeit und zeigt sich im Zuge des lauten Denkens:

„Da muss es jetzt hier so hoch gehen [...] Da ist irgendwie so ein Hubbel, dann ist da noch so ein Hubbel, dann geht es hier runter und noch so ein bisschen runter. Ich glaube, es muss noch ein bisschen kleiner, dann geht es so länglicher wieder zum Kopf [...] Dann hat die hier so ein inneres Ding und hier noch und hier noch [gemeint sind die gepunkteten Strukturen im Zellplasma] dann hat die hier so einen Fleck [...] dann so etwas Hohes dann hat die da drin so ein Rundes und noch eins und noch eines.“ (S8C, b3).

Nora fällt zudem die Übertragung der gesehenen Proportionen sowie die Verortung der Zellorganellen innerhalb der Amöbe schwer. Dies wird nicht nur bei der Beobachtung ihres Vorgehens deutlich, sondern auch durch die zahlreichen Korrekturen in Folge des zwölfmaligen Verwerfens zuvor skizzierter Strukturen. Im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen beschreibt sie diese Unsicherheit:

„Schwer fiel mir nichts, aber das Erkennen und ähnlich Zeichnen manchmal. Ich empfand es schon gut, aber manche Sachen waren etwas ungeschickt, man hat es nicht so gut gesehen und dann konnte man es nicht so ganz abzeichnen.“ (S8C, b21).

Auf die Frage, was ihr hätte besser gelingen können, merkt sie außerdem an:

„Vielleicht das Erkennen mit dem Mikroskop und auf die ganz kleinen Sachen zu achten.“ (S8C, b23).

Wie zuvor deutlich wurde, schraffiert und punktet die Schülerin ergänzend mehr als eine Minute lang Strukturen. Mehr als 30% der Zeichentätigkeit bzw. rund 9% der Bearbeitungsdauer entfallen darauf.

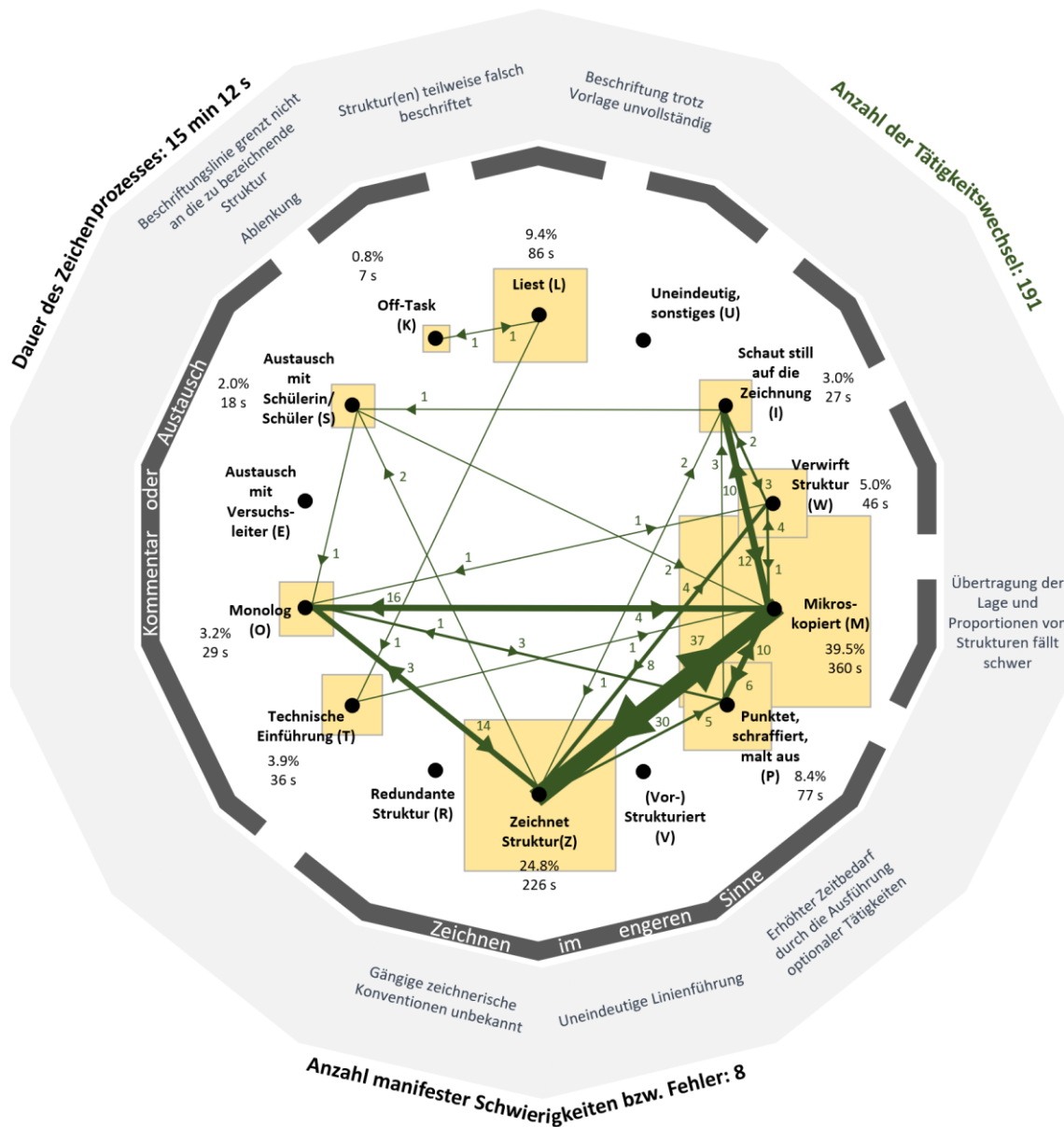


Abbildung A10.49 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Nora (S8C)

Anhang 10.10 Johanna – S8D

Basisinformationen | Johanna hatte in Biologie zuletzt die Note Drei und in Kunst die Note Zwei im Zeugnis. Ihre gezeigte Lesegeschwindigkeit ergibt einen PR-Wert von 73 ($M = 38.1$, $SD = 21.7$). Hinsichtlich ihres Leseverständnisses erzielt sie beim LGVT einen PR-Wert von 58 ($M = 20.3$, $SD = 17.4$). Beide Werte entsprechen nach Schneider et al. (2007) dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75). Johanna schneidet im Vergleich zu den anderen Schülerinnen und Schülern, die denselben Kontext bearbeitet haben, sowohl hinsichtlich der Lesegeschwindigkeit als auch hinsichtlich des Leseverständnisses am besten ab. Im Biologieunterricht zeichnet sie eher gerne und außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Johanna nennt vor der Anfertigung der Zeichnung zwei Informationen ($M = 2.3$, $SD = 2.4$), die für das eigene Schaubild eine inhaltliche Relevanz besitzen. Ihre Vorerfahrung ist sowohl inhaltsbezogen als auch repräsentationsspezifisch als gering einzustufen. Mit Ablaufdiagrammen hatte sie bislang weder in Biologie noch in anderen Fächern Berührungspunkte: „*In Biologie nicht. [...] In anderen Fächern auch nicht.*“ (S8D, a61).

Tätigkeitsanalyse | Johannas Vorgehen bei der Anfertigung des Ablaufdiagramms lässt sich in Form einer Abfolge von 68 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 89.3$, $SD = 26.4$) darstellen (Abb. A10.50). Für die Bearbeitung der Zeichenaufgabe benötigt sie insgesamt etwas mehr als neun Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 545$ s, $M = 840.6$, $SD = 258.8$). Innerhalb des Kontexts beschäftigt sie sich von allen Schülerinnen und Schülern am kürzesten mit dem Text. Mit dem Lesen verbringt sie viereinhalb Minuten ($T_Liest_gesamt_{AD} = 270$ s, $M = 489.9$, $SD = 138.8$), wovon 185 Sekunden ($T_Liest_vorab_{AD}$ $M = 286.0$, $SD = 83.6$) auf das initiale Lesen vor dem Zeichnen entfallen und 85 Sekunden ($T_Liest_während_{AD}$ $M = 203.9$, $SD = 71.4$) auf das abschnittsweise Lesen parallel zur Konstruktion der Zeichnung (Abb. A10.51). Zum Notieren der Textinformationen im Schaubild benötigt Johanna wiederum knapp drei Minuten ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD} = 173$ s, $M = 171.6$, $SD = 107.1$) und eine weitere halbe Minute ($T_Explizite_Relation_{AD} = 27$ s, $M = 25.6$, $SD = 8.5$) zum Einzeichnen der Pfeile zwischen diesen. Insgesamt geht sie 27-mal zeichnenden Tätigkeiten nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD}$ $M = 29.0$, $SD = 9.7$). Zum Überblicken der eigenen Zeichnung nimmt sie sich weniger als eine Minute lang Zeit ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 42$ s, $M = 62.6$, $SD = 19.7$). Johanna verwirft nur an einer einzigen Stelle bereits gezeichnete Strukturen ($AH_Verwirft_Struktur_{AD}$ $M = 1.6$, $SD = 1.9$). Sie lässt sich an keiner Stelle von der

Zeichenaufgabe ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{AD}} = 0$ s). Abbildung A10.52 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

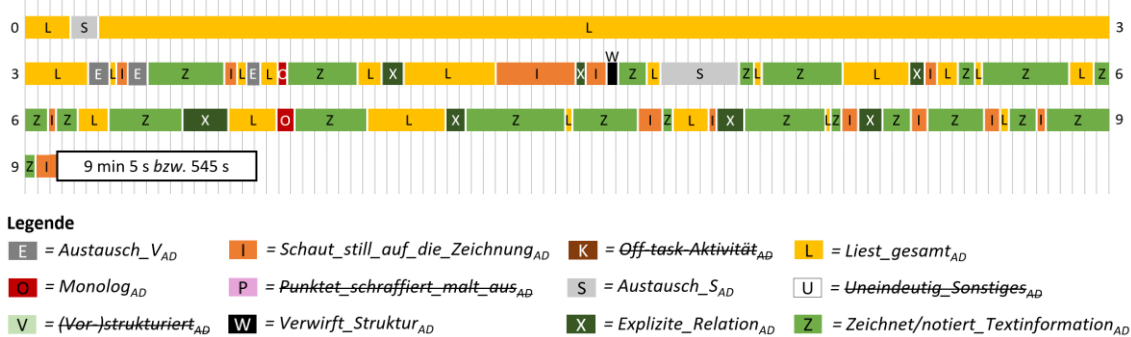


Abbildung A10.50 Abfolge der Tätigkeiten von Johanna (S8D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

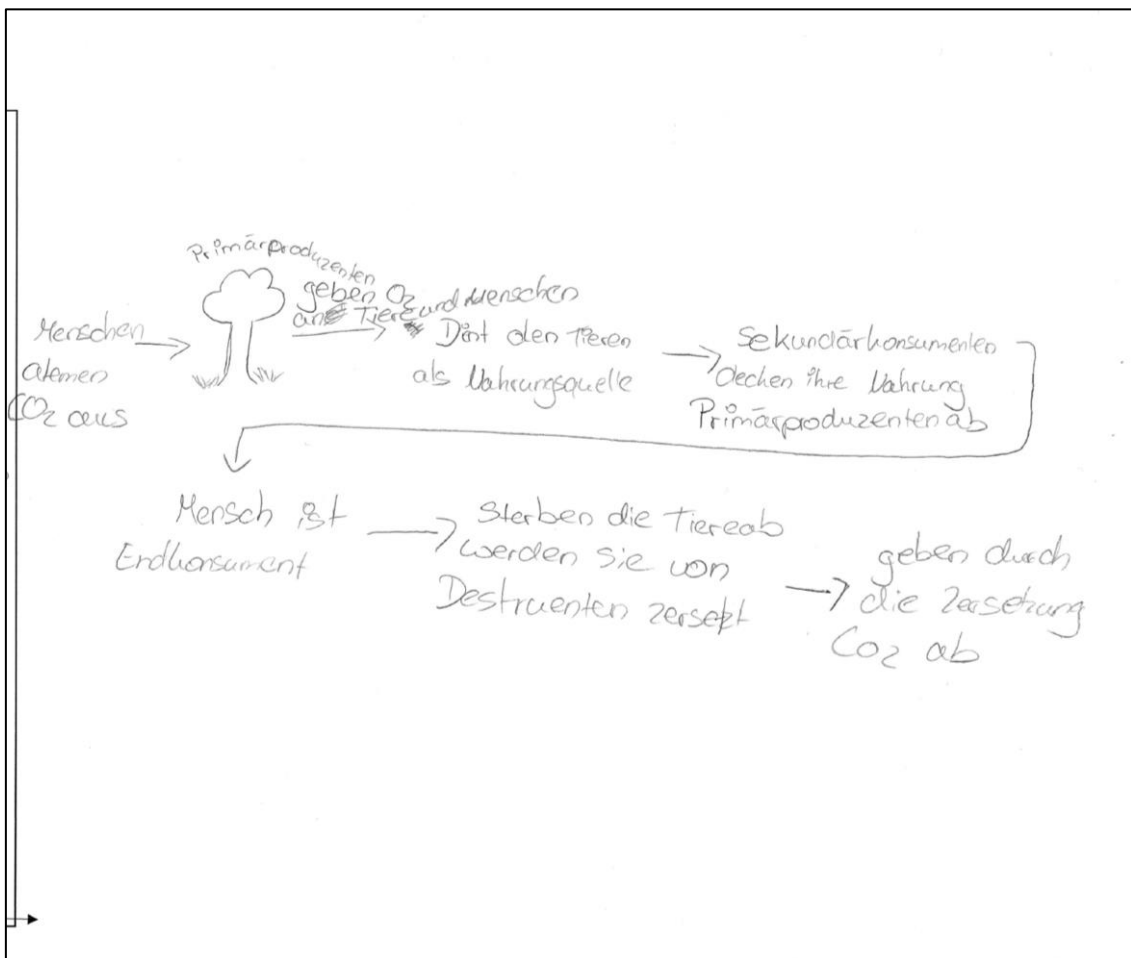


Abbildung A10.51 Zeichnung von Johanna (S8D) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf, um 90 Grad nach links gedreht

Beurteilung | Johanna erzielt bei der kriterialen Beurteilung 17 von 24 Punkten (70.8%, $M = 61.3$, $SD = 13.7$). Ihr Ablaufdiagramm zeigt 5 von 8 Elementen (62.5%, $M = 60.7$, $SD = 18.2$) des Texts sowie 5 von 10 Relationen (50%, $M = 45.7$, $SD = 14.0$). Unter Berücksichtigung der zeitlichen Dauer der Aufgabenbearbeitung erzielt sie mit 1.1 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$) die beste Leistung innerhalb des Kontexts. Ein ebenso positives Bild ergibt sich für den Zusammenhang zwischen der Bearbeitungsdauer und dem Ergebnis der kriterialen Beurteilung. Hier erlangt Johanna mit 1.9 Punkten pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.5$) ebenfalls den höchsten Wert innerhalb der Altersgruppe. Auf Grund der überwiegend deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Johannas Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Bei den im Anschluss an das Zeichnen gestellten Verständnisfragen gibt Johanna alle fünf gezeichneten Elemente wieder. Sie erinnert sich außerdem an zwei der drei weiteren relevanten Textinformationen, die sie nicht im Schaubild dargestellt hat. Sie gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr das Schaubild eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen. Auch hat ihr das Schaubild dabei geholfen, den Kontext zu verstehen. Sowohl beim Lesen als auch bei der Aufgabenbearbeitung war sie laut eigener Einschätzung eher bei der Sache.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Obwohl sich Johanna eingangs danach erkundigt, ob sie dem Text Notizen hinzufügen darf, nimmt sie insgesamt nur zwei Markierungen vor. Sie unterstreicht einerseits „Erde als geschlossenes System“ und zeichnet links am Rand des Texts, der die Zersetzung durch Destruenten schildert, einen vertikalen Pfeil ein. Sie verwendet daher weitestgehend keine Lesestrategien bei der Bearbeitung des Texts. Wie zuvor berichtet, geht Johanna davon aus, dass ihr die Auswahl der relevanten Begriffe im Text eher nicht schwer fiel. Diese Annahme deckt sich mit den Befunden: Von den acht im Text enthaltenen relevanten Elementen übernimmt sie fünf in ihr Schaubild und ist nach Abschluss des Zeichnens in der Lage, zwei weitere Elemente zu erinnern, die sie nicht im Schaubild dargestellt hat. Ein Element übersieht sie dabei. Nur die Hälfte der Relationen repräsentiert sie mit Hilfe von Pfeilen. Ihr Vorgehen beim Lesen des Texts zur Entnahme der relevanten Informationen beschreibt sie wie folgt:

„Ich habe mir wichtige Sachen gemerkt, zum Beispiel das mit den ganzen Tieren und wie die auch heißen und wer von wem gegessen wird. Dann habe ich mir gemerkt, dass die Destruenten auch CO₂ in die Luft abgeben und dass wir Menschen auch zum Teil daran schuld sind, wegen den ganzen Ölsachen und so.“ (S8D, a48).

Durch den fehlenden Abgleich am Ende der Aufgabenbearbeitung zwischen Schaubild und Text, vergisst Johanna drei relevante Textinformationen in das Schaubild zu übernehmen, von denen sie zwei, wie zuvor berichtet, bei den Verständnisfragen mündlich benennen kann. Dahingehend kommentiert sie abschließend:

„Ich hätte es wahrscheinlich ordentlicher machen können oder auch ausführlicher.“
(S8D, a57).

Innerhalb des Kontexts ist Johanna die einzige Schülerin, die fast gänzlich auf realistische Darstellungen verzichtet und alternativ dazu Textbausteine und Pfeile verwendet. Dadurch ergeben sich für sie keine Schwierigkeiten, die Textinformationen verständlich realistisch darzustellen. Nur an einer Stelle stellt sie einen Aspekt des Texts redundant dar. Sie zeichnet einen Baum und notiert gleichzeitig „Primärkonsument“.

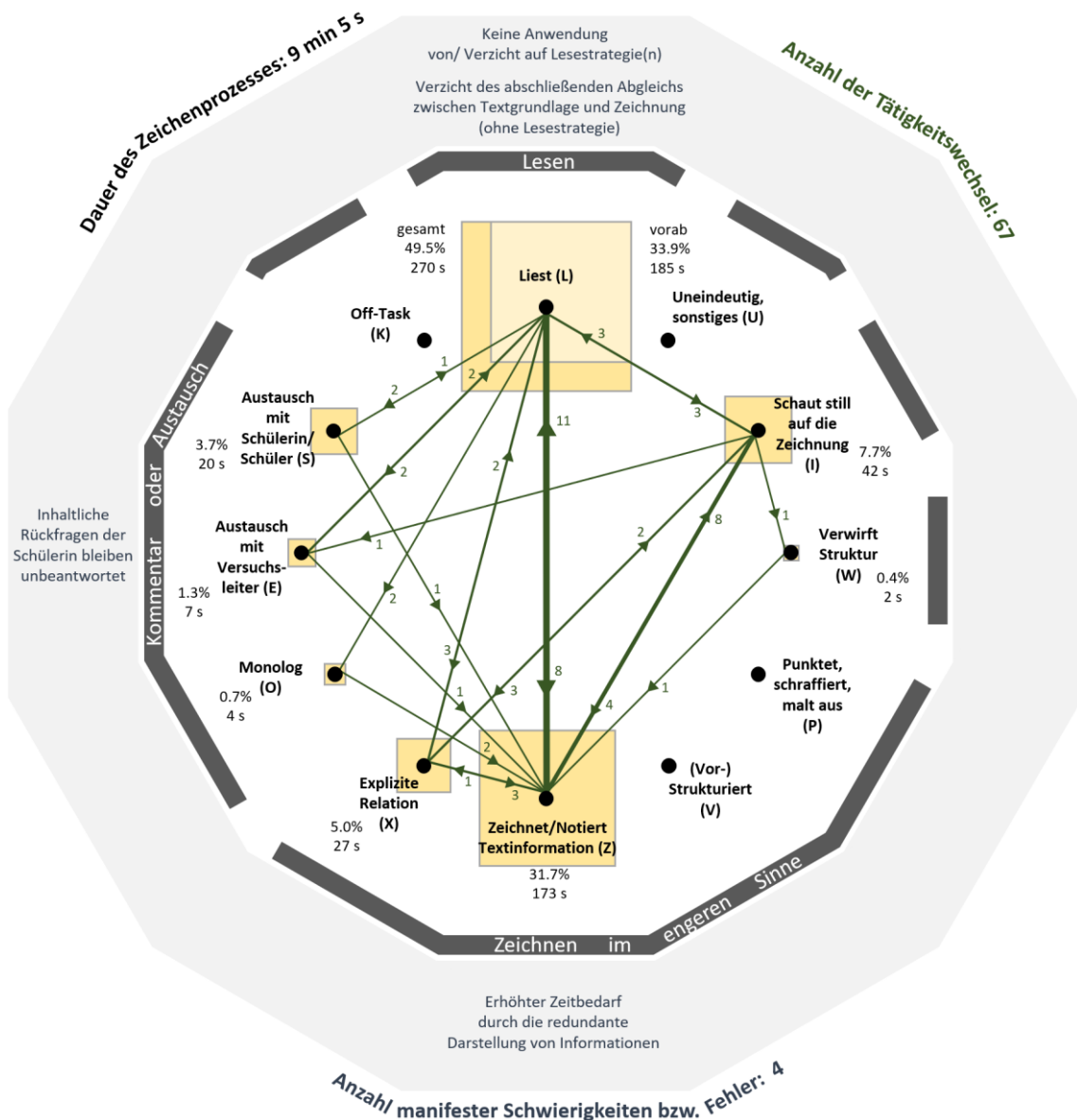


Abbildung A10.52 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Johanna (S8D)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Johanna berichtet, dass sie am Tag der Studiendurchführung im Biologieunterricht mikroskopisch gezeichnet hat und zuvor „zwei- oder dreimal“ (S8D, a11). Sie gibt auch an, dass sie eine Amöbe bereits gesehen, aber noch nicht gezeichnet hat. Bislang hat sie das Präparat einer Zwiebelschale und der Mundschleimhaut sowie Dauerpräparate des Skelettmuskels und der Herzmuskulatur gezeichnet. Die Zeichnungen wurden in der Vergangenheit bewertet. Die Lehrkraft gab für das Zeichnen nur eine Regel vor:

„Sie hatte gesagt, dass sie darauf achtet, dass wir sauber zeichnen, aber mehr hat sie auch nicht gesagt.“ (S8D, a23).

Die von ihr beim Zeichnen außerdem befolgten Kriterien fasst sie wie folgt zusammen:

„Ich achte sehr darauf, dass das Bild fast wirklich dem, was ich sehe, entspricht, aber die Lehrerin hat uns nicht wirklich etwas dazu gesagt. [E: Also nach dem Prinzip „Je genauer, desto besser?“] Ja.“ (S8D, a17-19).

Johanna erinnert trotz dieser Vorerfahrungen nur sehr wenig zum Aufbau pflanzlicher Zellen sowie zum Unterschied zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen. Beim Zeichnen-Test beschriftet sie in ihren beiden Zeichnungen die Zellmembran. Zellkerne inklusive der zugehörigen Beschriftung fügt sie nur in der Zeichnung der tierischen Zellen ein. Die Zeichnung pflanzlicher Zellen beschriftet sie ergänzend mit dem Begriff Außenhaut. Insbesondere die Zeichnung tierischer Zellen fällt sehr klein aus. Für die Zeichnung pflanzlicher Zellen erlangt sie 28 von 36 Punkten (77.8%, $M = 62.5$, $SD = 11.0$), wohingegen sie für ihre Zeichnung tierischer Zellen 21 von 36 Punkten (58.3%, $M = 57.4$, $SD = 10.9$) erhält.

Tätigkeitsanalyse | Johannas Vorgehen während der Erstellung der mikroskopischen Zeichnung setzt sich im Verlauf der ersten Aufgabenstellung aus einer Abfolge von 57 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) zusammen (Abb. A10.53). Bis zum Abschluss der ersten Aufgabenstellung benötigt sie fünfeinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 325$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Sie liest den Einführungstext und die Aufgabenstellung mit 38 Sekunden im Vergleich zu anderen Teilnehmenden, die den Kontext bearbeitet haben, am schnellsten. Sie blickt 19-mal ($AH_Mikroskopierte_{MZ}$ $M = 29.9$, $SD = 18.3$) durch das Mikroskop, um das Präparat 96 Sekunden ($T_Mikroskopierte_{MZ}$ $M = 138.1$, $SD = 96.0$) lang zu betrachten. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Johannas Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Mit dem Darstellen der mikroskopischen Strukturen beschäftigt sie sich etwas weniger als drei Minuten ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ} = 162$ s, $M = 121.4$, $SD = 50.7$). Der Tätigkeit des Zeichnens geht sie dabei 21-mal nach. Sie

verwirft an keiner Stelle bereits gezeichnete Strukturen. Johanna nimmt sich außerdem 17 Sekunden lang Zeit, um die eigene Zeichnung (Abb. A10.54) zu überblicken, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{MZ}} M = 15.7, SD = 6.7$). Sie lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{MZ}} = 0$ s). Abbildung A10.55 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

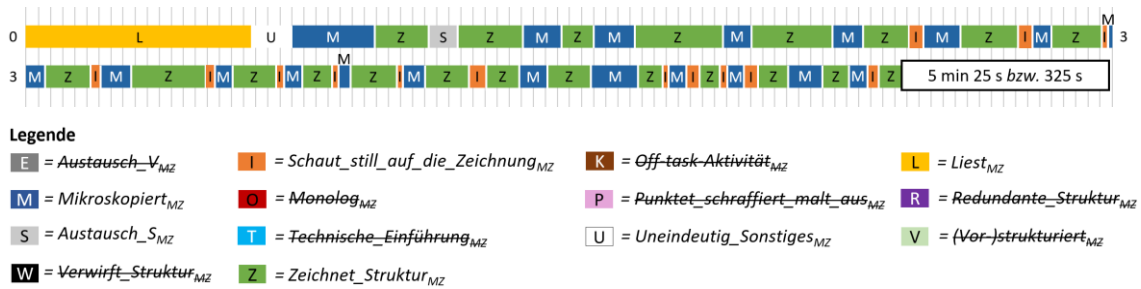


Abbildung A10.53 Abfolge der Tätigkeiten von Johanna (S8D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Während der Bearbeitung der zweiten Aufgabe nimmt Johanna eine Beschriftung der Zeichnung vor, ohne inhaltlich etwas an der Zeichnung zu ändern. Sie benötigt dafür zweieinhalb Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 150$ s, $M = 195.3, SD = 24.8$). Innerhalb des Kontexts schließt sie damit die Bearbeitung der zweiten Aufgabenstellung am schnellsten ab. Die von ihr vorgenommene Beschriftung ist trotz Vorlage unvollständig, da sie das Pulsierende Bläschen nicht beschriftet. Auch beschriftet sie eine der beiden Pulsierenden Bläschen mit dem Begriff Nahrungsvakuole.

Beurteilung | Mit ihrer Zeichnung erzielt Johanna bei der kriterialen Bewertung 28 von 36 Punkten (77.8%, $M = 71.0, SD = 15.6$). Im Zusammenhang mit der zur Anfertigung der Zeichnung benötigten Zeit ergibt sich eine Leistung von 5.2 Punkten pro Minute ($M = 4.1, SD = 1.2$). Gemeinsam mit Ben (S8G) erzielt sie damit innerhalb des Kontexts den höchsten Wert.

Retrospektion | Die Schülerin gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr die Zeichnung sowohl dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen als auch die Zusammenhänge zu verstehen. Ihrer Einschätzung nach war sie beim Zeichnen bei der Sache und beim Lesen eher bei der Sache.

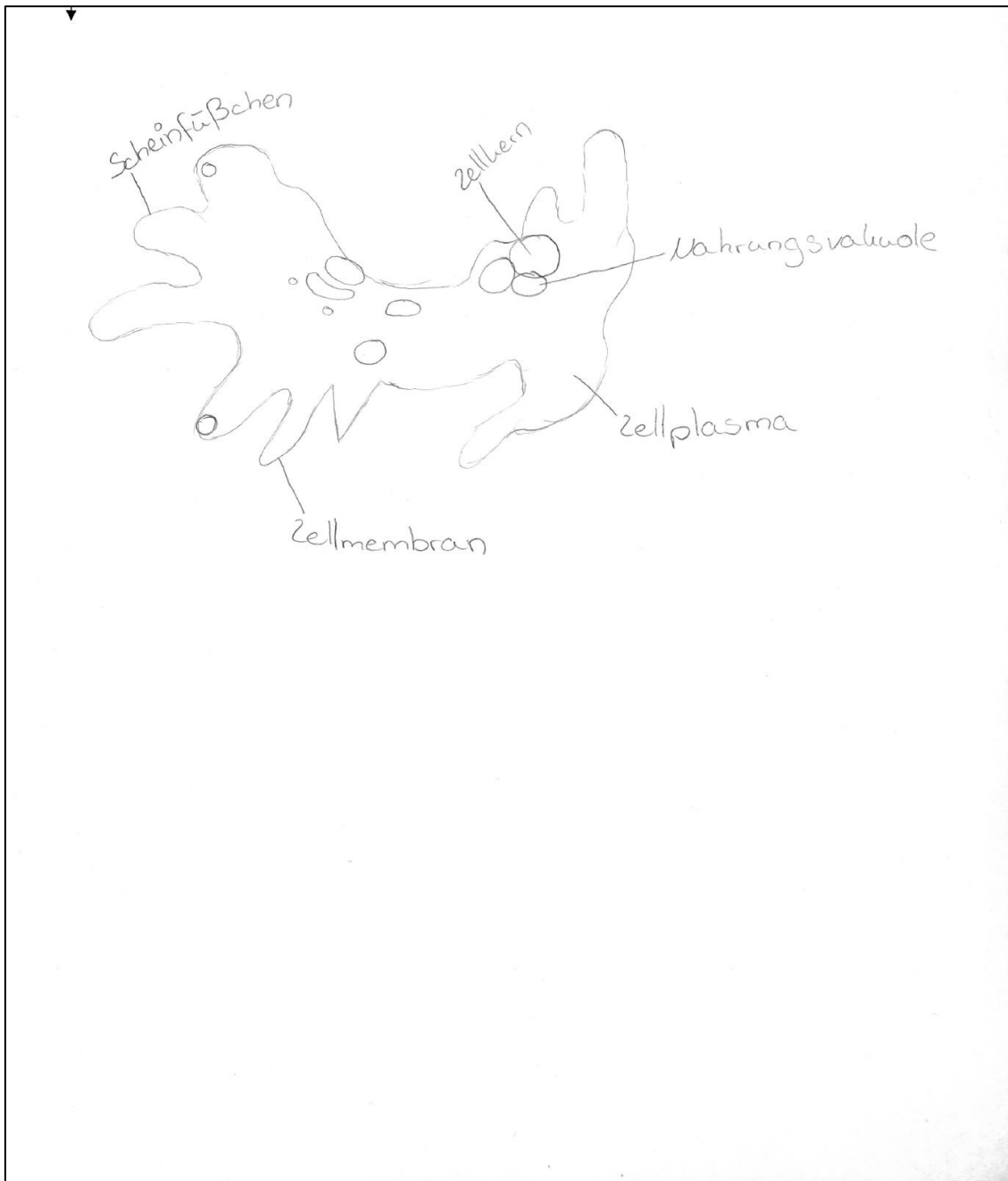


Abbildung A10.54 Zeichnung von Johanna (S8D) zum Kontext 8: *Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Wie zuvor deutlich wurde, beschreibt die Schülerin zwar einige Erfahrungen mit dem mikroskopischen Zeichnen, besitzt aber ein geringes Wissen zum Zellaufbau und ist mit den meisten zeichnerischen Konventionen nicht vertraut. Dies prägt ihre Zeichnung wesentlich: An einigen Stellen zeichnet Johanna durchgehende Linien und an anderen Stellen formen viele dünne Linien den Umriss der Amöbe. An einigen Stellen ist die Zellmembran der Amöbe ausgesetzt. Es gelingt der Schülerin nicht, eine angemessene Abstraktion durchgehend zu gewährleisten. Auch wurde bereits deutlich, dass Johannas Beschriftung unvollständig ist und eine Struktur falsch bezeichnet wird.

Die Übertragung der Lage der im Mikroskop gesehenen Zellorganellen fällt der Schülerin zudem schwer. Dies wird einerseits im Prozess deutlich und andererseits geht Johanna darauf im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen ein:

„Mir fiel schwer, die ganzen kleinen Punkte zu zeichnen und dann auch noch an der richtigen Stelle. Also entweder die Nahrungsvakuole oder den Zellkern. [...] An einer Stelle von der Zeichnung hätte mir ein Scheinfüßchen besser gelingen können.“ (S8D, b18).

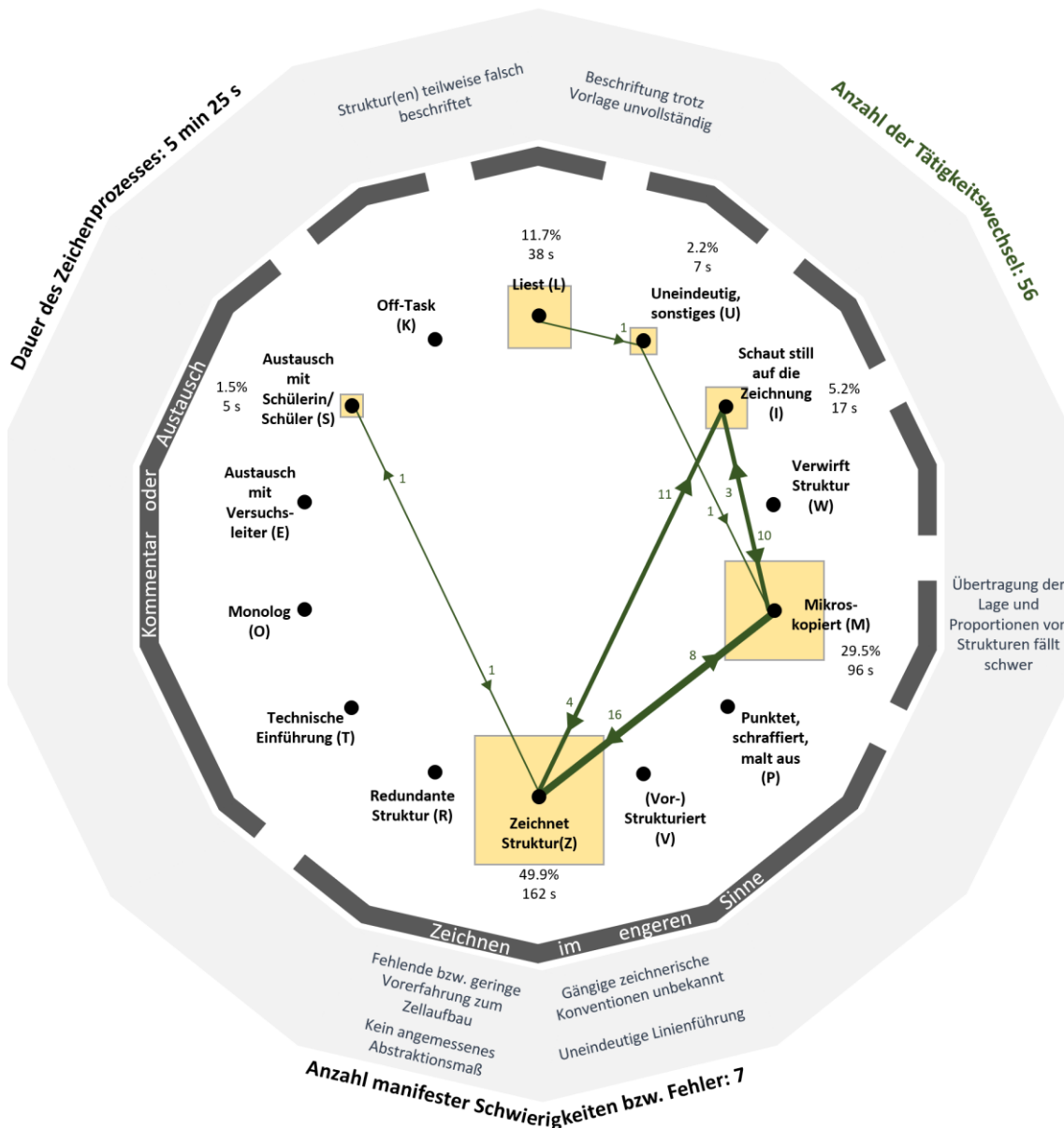


Abbildung A10.55 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Johanna (S8D)

Anhang 10.11 Sophia – S8E

Basisinformationen | Im letzten Zeugnis hatte Sophia in Biologie die Note Zwei und in Kunst die Note Eins. Beim LGVT erreichte sie für die gezeigte Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 52 ($M = 38.1$, $SD = 21.7$). Nach Schneider et al. (2007) entspricht dies dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75). Ihr Leseverständnis entspricht einem PR-Wert von 10 ($M = 20.3$, $SD = 17.4$), der lediglich einer schwachen Leistung (Wertebereich: 6-10) entspricht (Schneider et al., 2007). Sophia zeichnet im Biologieunterricht eher gerne und außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Sophia bringt innerhalb der Altersgruppe überdurchschnittlich viel Vorerfahrung zum Kontext mit. Sie nennt vor dem Beginn der Zeichenaufgabe sechs relevante kontextbezogene Informationen ($M = 2.3$, $SD = 2.4$). Nach Abschluss der Zeichenaufgabe verdeutlicht sie, dass im Unterricht zwar der Zusammenhang zwischen Produzenten und Konsumenten thematisiert wurde, sie über den Kohlenstoffkreislauf jedoch bislang nichts erfahren hat:

„Ich glaube, das, was ich eben gezeichnet habe, also nicht der Kohlenstoffkreislauf, aber der Zusammenhang zwischen Primärproduzenten und Konsumenten.“
(S8E, a60).

Tätigkeitsanalyse | Ihr Vorgehen bei der Anfertigung der Zeichnung lässt sich mit einer Abfolge von 85 Tätigkeiten beschreiben (Abb. A10.56). Dieser Wert liegt innerhalb der Altersgruppe nahe am Durchschnitt ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 89.3$, $SD = 26.4$). Für die Bearbeitung der Zeichenaufgabe benötigt sie etwas weniger als elf Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 645$ s, $M = 840.6$, $SD = 258.8$). Damit stellt sie innerhalb der Altersstufe ihre Zeichnung (Abb. A10.57) am zweitschnellsten fertig. Sophia liest den Text im Vorfeld für dreieinhalb Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 210$ s, $M = 286.0$, $SD = 83.6$) und parallel zum Zeichnen für etwa drei weitere Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 167$ s, $M = 203.9$, $SD = 71.4$) abschnittsweise erneut. Insgesamt widmet sie sich dem Text parallel zum Zeichnen 16-mal ($AH_Liest_während_{AD} M = 21.3$, $SD = 9.1$). Sophia beschäftigt sich etwas mehr als zwei Minuten mit Tätigkeiten des Zeichnens ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 126$ s, $M = 203.0$, $SD = 116.9$). Davon entfallen 95 Sekunden ($M = 171.6$, $SD = 107.1$) auf das Zeichnen bzw. Notieren von Textinformationen und 31 Sekunden ($M = 25.6$, $SD = 8.5$) auf die Verbindung dieser mittels Pfeilen. Insgesamt geht sie 29-mal zeichnenden Tätigkeiten nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 29.0$, $SD = 9.7$). Zwischen der Ausführung anderer Aktivitäten überblickt sie die eigene Zeichnung in

Summe mehr als eine Minute still ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{AD}} = 69 \text{ s}$, $M = 62.6$, $SD = 19.7$). Sophia verwirft an einer Stelle einen Aspekt innerhalb ihrer Darstellung ($AH_{\text{Verwirft_Struktur}_{AD}} M = 1.6$, $SD = 1.9$). Sie lässt sich von der Zeichenaufgabe an keiner Stelle durch andere Aktivitäten ablenken ($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{AD}} = 0 \text{ s}$). Abbildung A10.58 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

Beurteilung | Die kriteriale Beurteilung der Zeichnung von Sophia ergibt innerhalb der Altersgruppe mit 20 von 24 Punkten (83.3%, $M = 61.3$, $SD = 13.7$) den höchsten Wert. In ihrem Schaubild stellt sie 5 von 8 Elementen (62.5 %, $M = 60.7$, $SD = 18.2$) und 6 von 10 Relationen (60%, $M = 45.7$, $SD = 14.0$) dar. Setzt man ihre Ergebnisse in Bezug zur dafür benötigten Zeit, erreicht sie mit 1.0 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$) die zweitbeste Leistung innerhalb des Kontexts. Auch im Hinblick auf die kriteriale Beurteilung ist die gezeigte Leistung überdurchschnittlich. Mit 1.9 Punkten pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.5$) erzielt sie den höchsten Wert innerhalb des Kontexts. Auf Grund des ähnlichen Verhältnisses depiktional und deskriptional dargestellter Elemente lässt sich Sophias Zeichnung dem alternierend abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

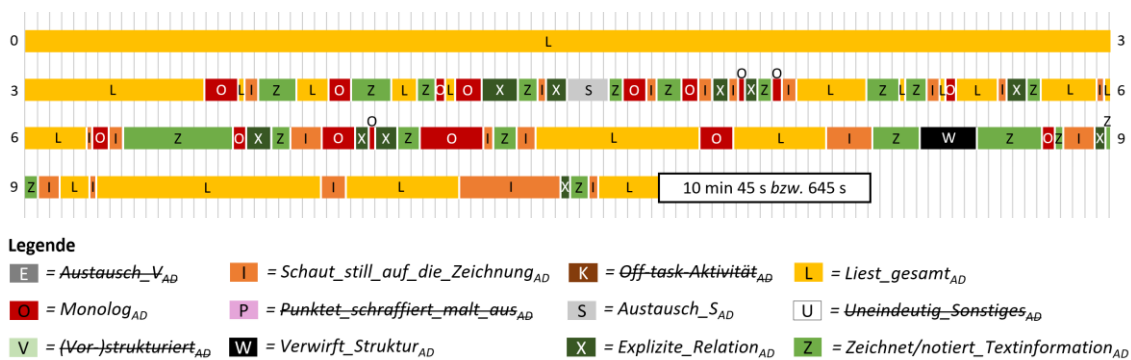


Abbildung A10.56 Abfolge der Tätigkeiten von Sophia (S8E) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8E in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Retrospektion | Bei den im Anschluss an die Zeichnung gestellten Verständnisfragen erinnert sie alle fünf gezeichneten Textinformationen (Elemente). Darüber hinaus kann sie eine der drei weiteren relevanten Textinformationen aus dem Text benennen, die sie in ihrer Zeichnung nicht dargestellt hat. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen macht sie deutlich, dass ihr die eigene Zeichnung eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und hilfreich war, den Kontext zu verstehen. Dies verdeutlicht sie auch bei den mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich glaube, ich fand es hilfreich, eine solche Veranschaulichung, also so ein Bild, zu machen. Für mich ist es generell einfacher, egal in was für einem Fach, wenn man das zusammengefasst mit einer Zeichnung vereinfacht.“ (S8E, a48).

Beim Lesen und der Bearbeitung der Aufgabenstellung war sie nach eigener Einschätzung eher bei der Sache. Die Auswahl der relevanten Begriffe fiel ihr ihrer Meinung nach eher leicht. Dies steht im Widerspruch zum unvollständigen Erkennen und Darstellen der im Text genannten Elemente und Relationen. Die Schülerin gelangt in diesem Zusammenhang zu keiner realistischen Selbsteinschätzung.

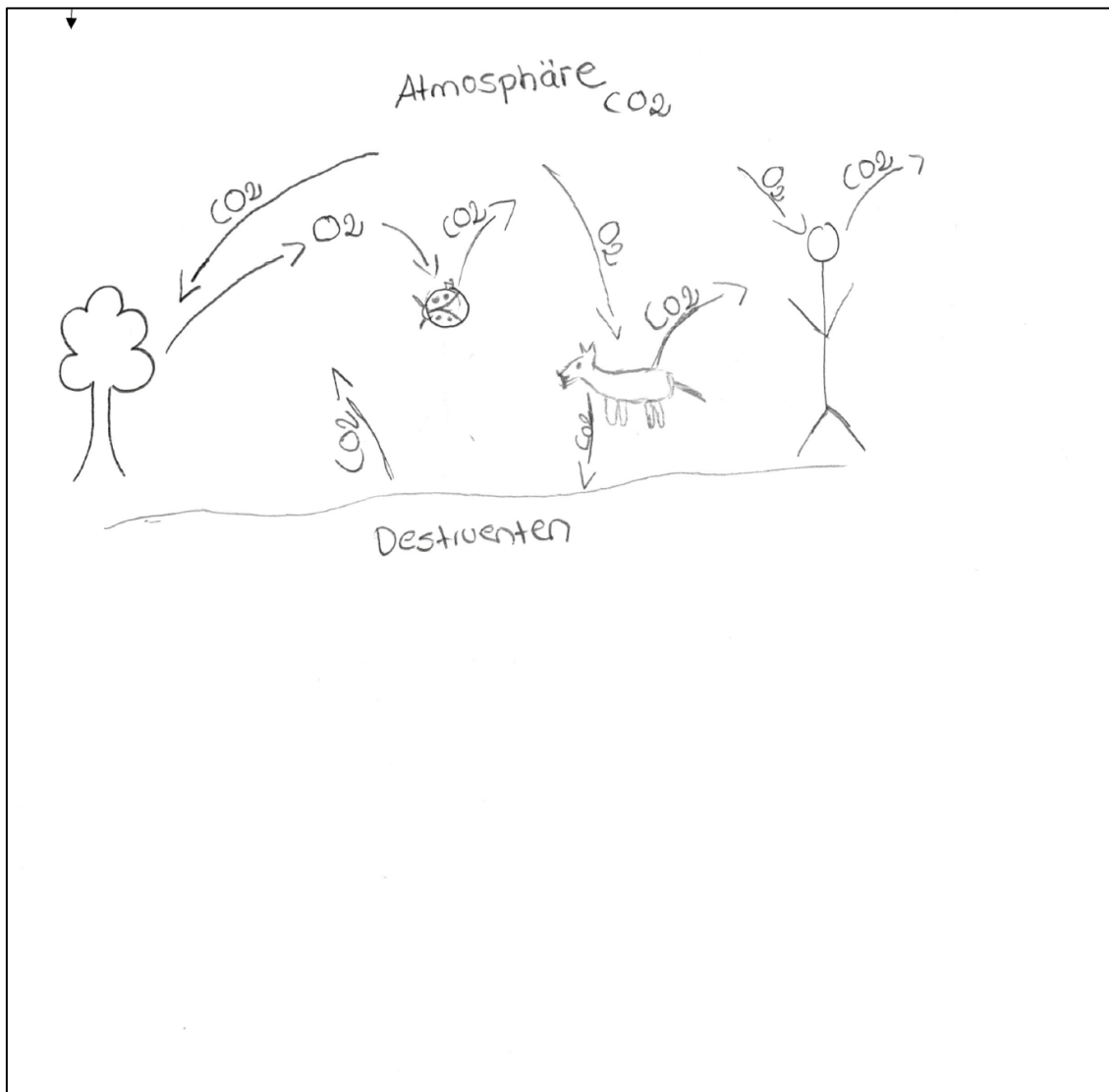


Abbildung A10.57 Zeichnung von Sophia (S8E) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Sophia verwendet außer dem wiederholten Lesen einzelner Abschnitte keine Lesestrategie. Im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen beschreibt sie ihren Umgang mit der Textgrundlage wie folgt:

„Ich habe ihn erstmal durchgelesen und immer so geschaut, welche bestimmten Wörter mir schon bekannt vorkamen, dass ich dazu eine Verwendung finden konnte. Wenn da so Zahlen bzw. Prozente standen, waren mir diese nicht ganz so wichtig. Allgemein habe ich geschaut, was für mich am wichtigsten erschien.“ (S8E, a44).

Im Video zeigt sich, dass sie sich während der längeren Lesephasen, die nach etwa fünf Minuten Bearbeitungsdauer einsetzen (Abb. A10.56), wiederholt im Text orientieren muss, da ihr Orientierungspunkte (z. B. Unterstreichungen) fehlen. Beispielsweise sucht sie dabei nach der Textstelle, die die Rolle der Destruenten im Kohlenstoffkreislauf beschreibt.

Zur Darstellung der Textinformationen verwendet Sophia sowohl Formen der realistischen Darstellung (z. B. Baum, Marienkäfer) als auch Textbausteine (z. B. Atmosphäre, CO₂) in Kombination mit Pfeilen, die den Zusammenhang veranschaulichen. In der Darstellung einzelner Aspekte des Schaubilds sieht sie Verbesserungspotential:

„Ja das Veranschaulichen. Ich habe jetzt wirklich nur mit Sauerstoff und Kohlenstoffdioxid gearbeitet, aber ich hätte es halt noch besser machen können, wenn das Tier zum Beispiel tot ist, dass die Destruenten das dann zersetzen.“ (S8E, a54).

Nach einer anfänglich für sie nicht zufriedenstellenden Darstellung („Ach nein, ich habe das falsch gemacht.“, S8A, a32) entscheidet sie sich nach mehr als acht Minuten dazu, bereits gezeichnete Inhalte zu verwerfen und neu darzustellen. Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen verdeutlicht sie, dass sie sich beim nächsten Mal im Vorfeld intensiver mit dem Text auseinandersetzen und sich vorab mehr Gedanken über die Struktur der Zeichnungen machen würde, sodass später keine umfassenden Korrekturen notwendig sind:

„Ich glaube, ich würde den Text noch einmal etwas langsamer durchlesen und nochmal im Kopf überlegen, wie ich das machen will. Ich habe ja jetzt auch gemerkt, dass ich den Menschen zunächst ganz vorne hingemalt habe, obwohl er ganz ans Ende kommt, sowas würde dann zum Beispiel nicht mehr passieren.“ (S8E, a56).

Sowohl im Zuge des lauten Denkens als auch bei den nach der Zeichnung gestellten Verständnisfragen [Ver_AD_1-3] wird zudem deutlich, dass Sophia an einigen Stellen fachliche Verständnisschwierigkeiten hat, die die Zeichnung beeinflussen. In einer Rückfrage verdeutlicht sie, dass sie nur die Textinformationen im Schaubild dargestellt hat, die ihr geläufig sind und die sie versteht:

„Ich habe im Text Begriffe, die ich schon kannte oder wo ich wusste, was sein konnte, eben gezeichnet. [...] Dann habe ich das mit Pfeilen so dargestellt, dass man weiß, von wem es ausgeht oder zu wem es kommt.“ (S8E, a46).

Auf den Einbezug anderer relevanter Textinformationen verzichtet sie immer dann, wenn sie diese nicht vollständig verstanden hat:

„Ja ich wusste nicht genau, da ging es ja auch um die Energie und so, wie ich das genau machen sollte.“ (S8E, a50).

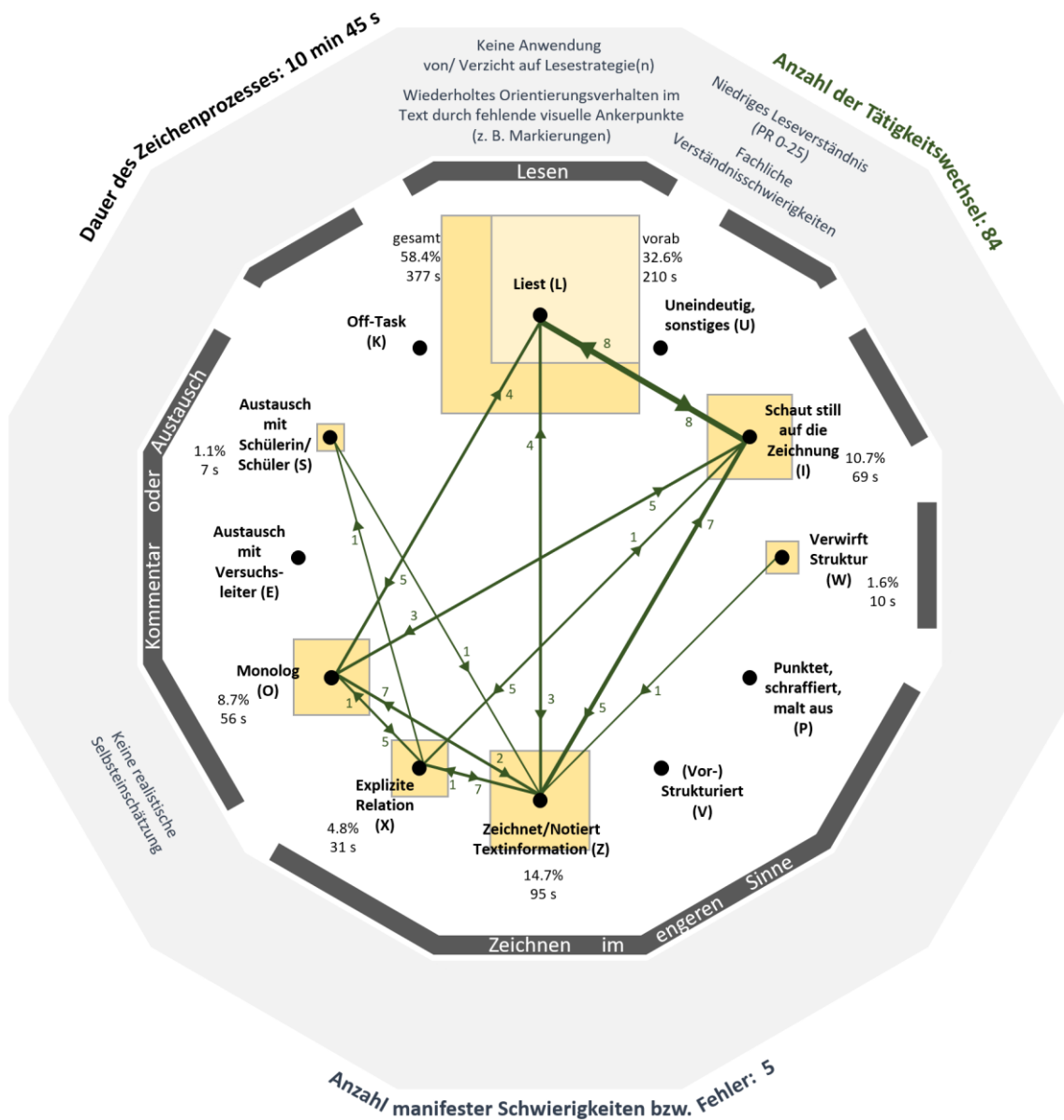


Abbildung A10.58 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Sophia (S8E)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Sophia gibt an, dass sie bisher „vielleicht so fünfmal oder viermal“ (S8E, a9) mikroskopische Zeichnungen angefertigt hat und diese bewertet wurden. Die Präparate umfassten: Blutzellen, Mundschleimhautzellen und das Dauerpräparat eines Knochens. Die Schülerin nennt zwei Kriterien, die sie beim Zeichnen gemäß der Vorgabe ihrer Lehrkraft berücksichtigen soll:

„Keine gestrichelten Linien. Man sollte nicht mit Füller zeichnen, sondern eben mit Bleistift.“ (S8E, a15).

Auf die Frage, welche Kriterien sie beim Zeichnen berücksichtigt, verdeutlicht Sophia, dass sie das erste genannte Kriterium der Lehrkraft meist nicht beachtet. Ergänzend führt sie an, dass die Zeichnung stets groß angelegt werden soll:

„Regeln kenne ich nicht so wirklich. Ich zeichne immer ein bisschen gestrichelt. Unsere Lehrerin meinte, man soll das nicht. Man soll es groß genug zeichnen, dass man auch alles erkennt.“ (S8E, a13).

Den Aufbau pflanzlicher Zellen beschreibt sie wie folgt: *„Zellwand, Zellkern, Zellplasma, Vakuole, Chloroplasten.“ (S8E, a21).* Hinsichtlich des Unterschieds zwischen tierischen und pflanzlichen Zellen kann sie einige Charakteristika benennen:

„Darüber haben wir mal einen Test geschrieben. Ich weiß nicht mehr genau. Eine pflanzliche Zelle hat eine Zellwand. Bei Menschen geben Knochen die Stabilität und die tierische Zelle hat keine Zellwand. Die tierische Zelle hat auch keine Vakuole, in der sich diese Flüssigkeit befindet. Wir brauchen keine Zellwand, da dann auch nichts platzen kann, dafür ist die Zellwand. Die pflanzliche Zelle hat noch Chloroplasten und darin ist Chlorophyll, das die Pflanzen für die Fotosynthese benötigen.“ (S8E, a23).

Beim Zeichnen-Test stellt sie in ihrer Zeichnung pflanzlicher Zellen mehr Strukturen dar, als von der Aufgabenstellung gefordert wird. Im Falle des Zellkerns und der Chloroplasten grenzen die Beschriftungslinien nicht an die zu bezeichnenden Strukturen. Sie füllt die Zellkerne der pflanzlichen und tierischen Zellen aus. Mit der Zeichnung pflanzlicher Zellen erreicht die Schülerin 25 von 36 Punkten (69.4%, $M = 62.5$, $SD = 11.0$). Für ihre Abbildung tierischer Zelle erhält sie die gleiche Anzahl an Punkten ($M = 57.4$, $SD = 10.9$).

Tätigkeitsanalyse | Sophias Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 85 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) veranschaulichen (Abb. A10.59). Insgesamt benötigt sie bis zum Abschluss der ersten Aufgabe etwa sechs Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 375$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Davon liest sie den Einführungstext und die Aufgabenstellung für etwas mehr als eine Minute ($T_Liest_{MZ} = 74$ s, $M = 69.9$, $SD = 19.0$). Im Anschluss blickt sie 30-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 29.9$, $SD = 18.3$) durch das Mikroskop und betrachtet das mikroskopische Bild insgesamt 97 Sekunden lang ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 138.1$, $SD = 96.0$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Sophias Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Die Schülerin ist während des Zeichnens länger mit dem Punkten und Schraffieren ($T_Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ} =$

87 s) als mit dem Darstellen von Strukturen ($T_{Zeichnet_Struktur_{MZ}} = 80\text{ s}$, $M = 121.4$, $SD = 50.7$) beschäftigt. Die eigene Zeichnung (Abb. A10.60) überblickt Sophia nur für kurze Zeit still, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}} = 8\text{ s}$, $M = 15.7$, $SD = 6.7$). Insgesamt verwirft die Schülerin dreimal gezeichnete Strukturen, benötigt dafür aber nur wenige Sekunden ($T_{Verwirft_Struktur_{MZ}} = 8\text{ s}$, $M = 13.6$, $SD = 14.6$). Sie lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_{Off-task-Aktivität_{MZ}} = 0\text{ s}$). Abbildung A10.61 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.



Abbildung A10.59 Abfolge der Tätigkeiten von Sophia (S8E) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8E in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Während der zweiten Aufgabenstellung benötigt Sophia für die Beschriftung ihrer Zeichnung etwas mehr als drei Minuten ($T_{Beschriftung_Korrektur_{MZ}} = 192\text{ s}$, $M = 195.3$, $SD = 24.8$). Sie korrigiert dabei die Zeichnung inhaltlich nicht. Die von ihr vorgenommene Beschriftung ist vollständig.

Beurteilung | Mit der angefertigten mikroskopischen Zeichnung erreicht die Schülerin 27 von 36 Punkten (75.0%, $M = 71.0$, $SD = 15.6$). Setzt man dies in Relation zur Bearbeitungsdauer resultieren daraus 4.3 Punkte pro Minute ($M = 4.1$, $SD = 1.2$). Innerhalb des Kontexts stellt dies eine leicht überdurchschnittliche Leistung dar.

Retrospektion | Sophia gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr die Zeichnung dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und eher dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Ihrer Einschätzung nach war sie beim Lesen bei der Sache und beim Zeichnen eher bei der Sache.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Wie im Vorfeld verdeutlicht, hält sich Sophia absichtlich nicht an eine bereits kennengelernte zeichnerische Konvention, nämlich durchgehende Linien zu verwenden, anstatt viele dünne Linien aneinanderzureihen. Sie schraffiert Zellorganellen sowohl im Zuge des Zeichnen-Tests als auch in der eigentlichen mikroskopischen Zeichnung. Zusätzlich punktet sie in der mikroskopischen Zeichnung das Zellplasma. Ihr Vorgehen beschreibt sie inklusive der Missachtung der zuvor genannten Konvention im Zuge der Verständnisfragen detailliert:

„Ich habe immer durch das Mikroskop geschaut und habe zuerst die Umrisse gezeichnet, also die Scheinfüßchen und so weiter. Ich habe es leicht gezeichnet [dünne, leicht gestrichelte Linien], das fällt mir einfacher. Dann habe ich nach für mich herausstechenderen Sachen geschaut, das war für mich der Zellkern oder die dunkleren Sachen, die habe ich zuerst eingezeichnet. Dann habe ich noch so ein bisschen auf die Einzelheiten geachtet. Ich habe noch diese kleinen Punkte reingemacht [Punkten des Zellplasmas] und diese Bläschen.“ (S8E, b16).

An einigen Stellen weicht Sophias Zeichnung vom mikroskopischen Original ab und zeigt in diesen Bereichen keine angemessene Abstraktion. Auch hätte ihre Zeichnung insgesamt größer dargestellt werden können, sodass die einzelnen Strukturen deutlicher zu erkennen sind. Im Falle der Beschriftung der Scheinfüßchen grenzt die Beschriftungslinie nicht an die zu bezeichnende Struktur.

Auch fällt der Schülerin die Übertragung der im Mikroskop gesehenen Proportionen einzelner Strukturen schwer. Dies wird nicht nur während des Zeichnens deutlich. Sophia fällt dies selbst auf und sie merkt retrospektiv kritisch an:

„Was mir schwer fiel, die Amöbe halt genau so zu zeichnen, wie sie unter dem Mikroskop aussieht. [...] Diese Vakuolen waren bei mir eher so rund, aber irgendwie sieht es unter dem Mikroskop etwas fleckiger aus.“ (S8E, b18, b23).

Auf die Frage, was sie beim nächsten Mal anders machen würde, räumt sie ein, dass sie dann *„Vielleicht etwas genauer zeichnen.“* (S8E, b25) würde.

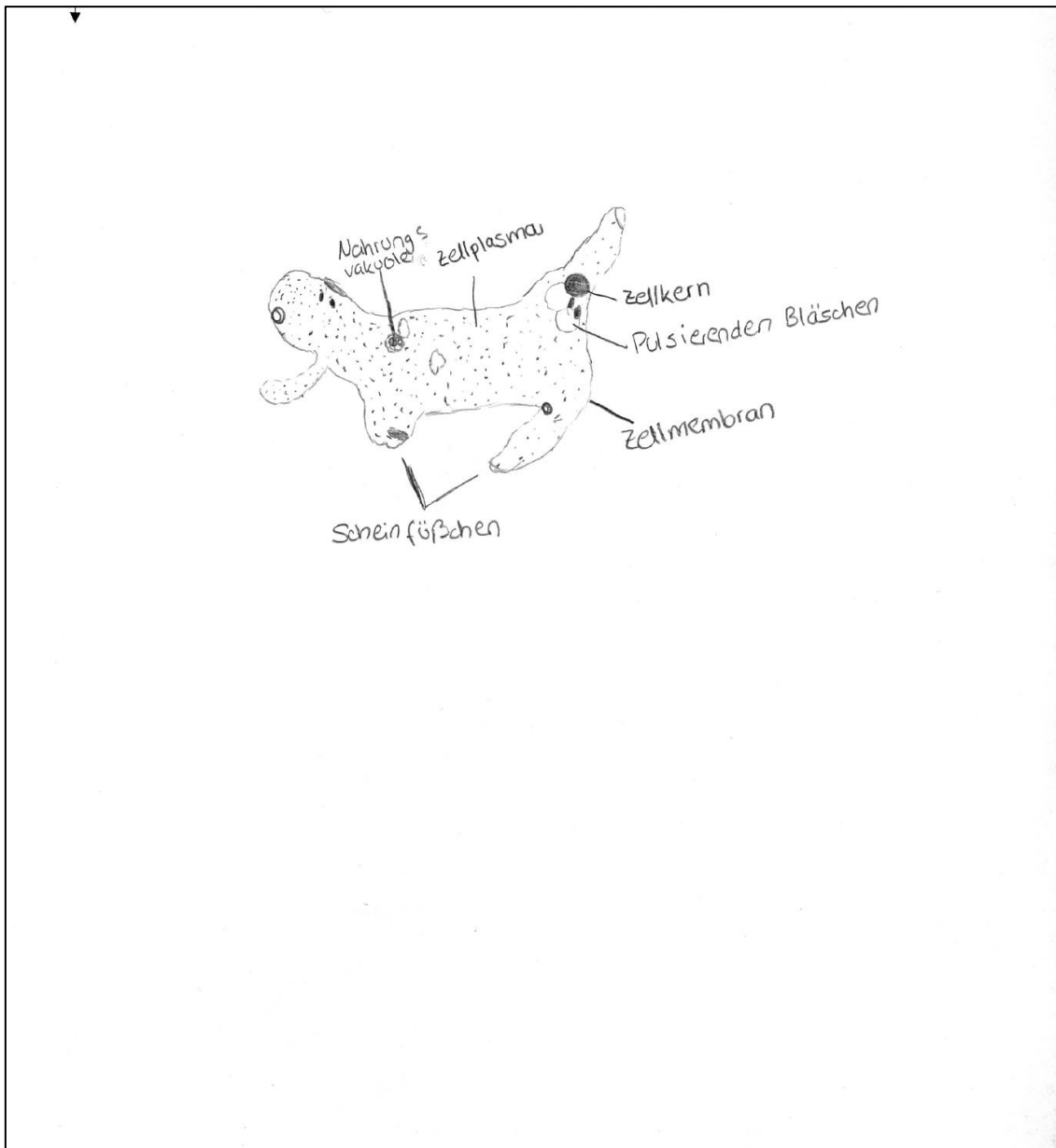


Abbildung A10.60 Zeichnung von Sophia (S8E) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

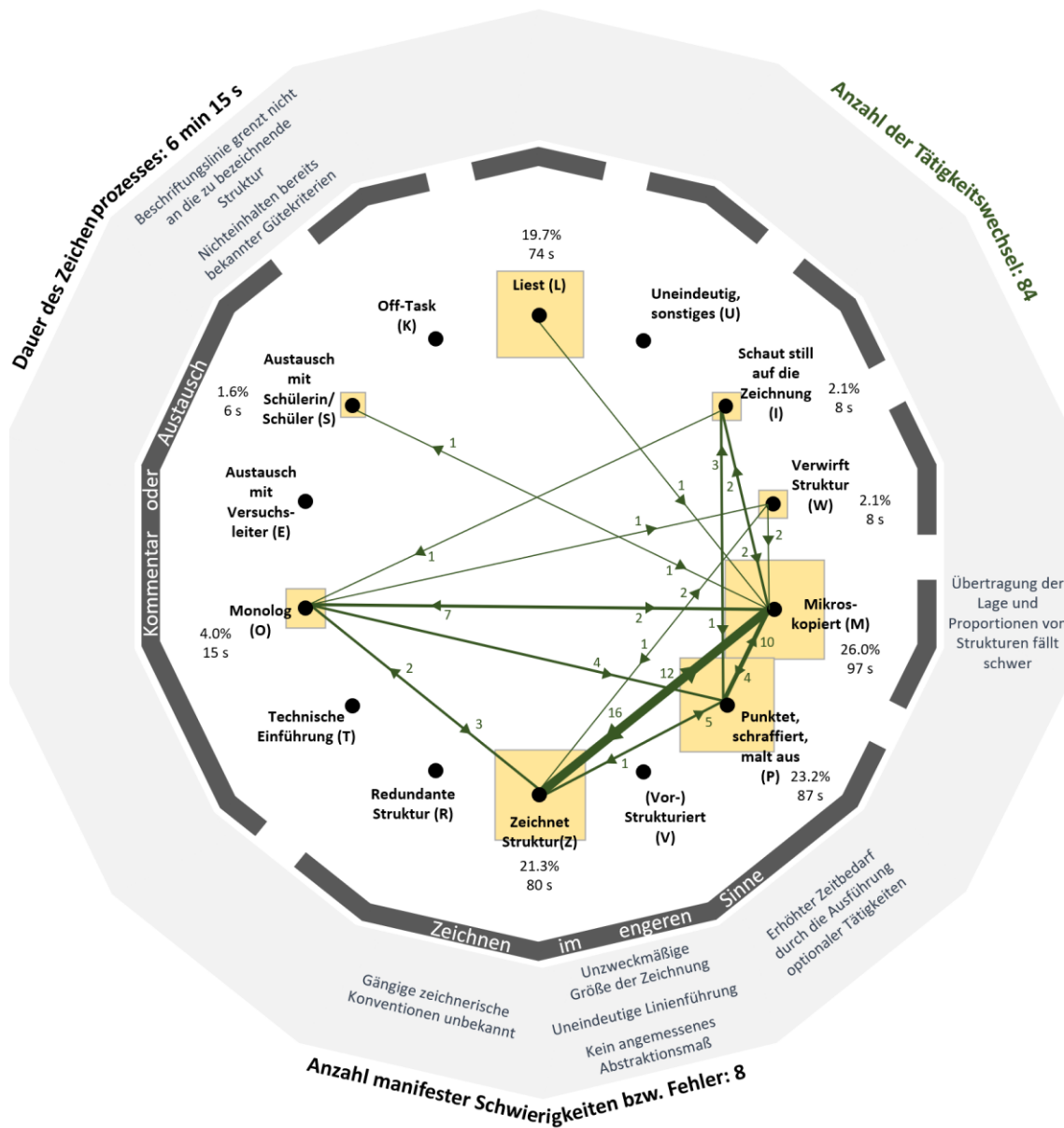


Abbildung A10.61 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Sophia (S8E)

Anhang 10.12 Emma – S8F

Basisinformationen | Emma hatte in Biologie im letzten Zeugnis die Note Zwei und in Kunst die Note Eins. Beim LGVT erreicht sie mit der gezeigten Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 21 ($M = 38.1, SD = 21.7$). Nach Schneider et al. (2007) entspricht dies einer unterdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 11-25). Beim Leseverständnis erzielt sie einen PR-Wert von 1 ($M = 20.3, SD = 17.4$). Dieser entspricht einer sehr schwachen Leistung (Wertebereich: 0-5) (Schneider et al., 2007). Emma zeichnet sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Im Zuge der im Vorfeld gestellten Fragen zeigt sich, dass Emma keine Vorerfahrungen zum Kontext ($M = 2.3, SD = 2.4$) mitbringt. Nach Abschluss der Zeichnung wird deutlich, dass sie mit Repräsentationsformen, die Pfeile und Textbausteine nutzen, bislang nur vereinzelt Berührungspunkte hatte.

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen von Emma lässt sich anhand einer Abfolge von 62 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 89.3, SD = 26.4$) beschreiben (Abb. A.10.62). Innerhalb des Kontexts geht sie von allen Schülerinnen und Schülern den wenigsten Tätigkeiten nach. Für die Zeichenaufgabe benötigt sie rund zwölf Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 728\text{ s}, M = 840.6, SD = 258.8$). In Summe beschäftigt sie sich knapp acht Minuten mit der Textgrundlage ($T_Liest_gesamt_{AD} = 464\text{ s}, M = 489.9, SD = 138.8$), wovon sie fünf Minuten benötigt, um den Text vorab zu lesen ($T_Liest_vorab_{AD} = 302\text{ s}, M = 286.0, SD = 83.6$) und weitere drei Minuten, um im Text 16-mal einzelne Abschnitte parallel zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.63) erneut zu lesen ($T_Liest_während_{AD} = 162\text{ s}, M = 203.9, SD = 71.4$). Während der Bearbeitung der Aufgabenstellung zeichnet Emma zweieinhalb Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 154\text{ s}, M = 203.0, SD = 116.9$), wobei 136 Sekunden ($M = 171.6, SD = 107.1$) auf das Notieren von Textinformationen entfallen und 18 Sekunden ($M = 25.6, SD = 8.5$) auf das Darstellen von Pfeilen zwischen diesen. Zeichnenden Tätigkeiten geht sie in Summe 19-mal nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 29.0, SD = 9.7$). Die eigene Zeichnung überblickt sie dazwischen 19-mal für etwas mehr als eine Minute ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 69\text{ s}, M = 62.6, SD = 19.7$) still. Sie verwirft an keiner Stelle gezeichnete Strukturen ($T_Verwirft_Struktur_{AD} = 0\text{ s}$) und lässt sich während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe nicht ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{AD} = 0\text{ s}$). Abbildung A10.64 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

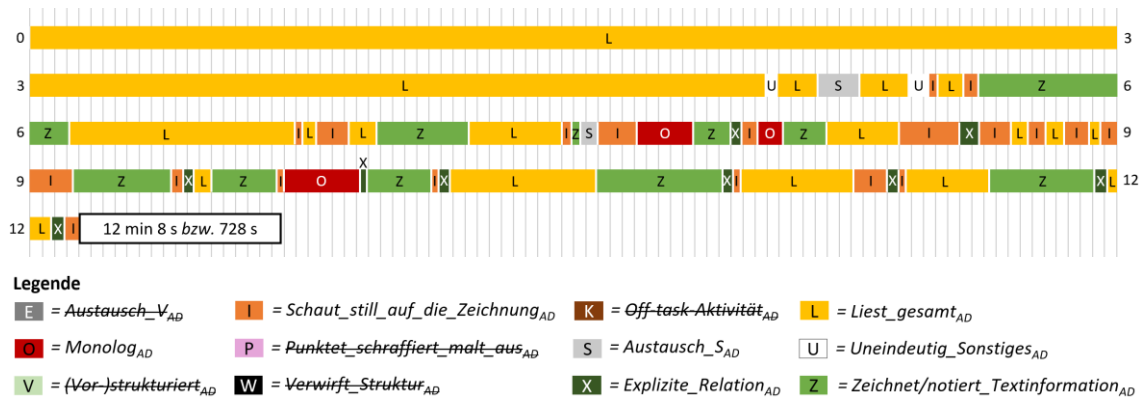


Abbildung A10.62 Abfolge der Tätigkeiten von Emma (S8F) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Emma erlangt für ihre Zeichnung bei der kriterialen Beurteilung 15 von 24 Punkten (62.5%). Dieses Ergebnis liegt nahe am durchschnittlichen Wert ihrer Altersgruppe ($M = 61.3, SD = 13.7$). Sie stellt 5 von 8 Elementen (62.5%, $M = 60.7, SD = 18.2$) sowie 4 von 10 Relationen (40%, $M = 45.7, SD = 14.0$) dar. Ihre Leistung entspricht mit 0.7 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 0.7, SD = 0.2$) sowie 1.2 Punkten pro Minute ($M = 1.2, SD = 0.5$) dem durchschnittlichen Wert ihrer Altersgruppe. Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Emmas Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Emma erinnert bei den im Anschluss gestellten Verständnisfragen drei der fünf gezeichneten Textinformationen. Darüber hinaus fällt ihr keines der drei weiteren für das Schaubild bedeutsamen Elemente aus dem Text ein. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt sie an, dass ihr die Zeichnung eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen. Ihrer Meinung nach hat ihr das Schaubild eher nicht dabei geholfen, den Kontext zu verstehen. Sie geht davon aus, dass sie beim Lesen der Textgrundlage eher nicht bei der Sache war, wohingegen sie bei der Aufgabenbearbeitung eher bei der Sache war. Emma geht auch davon aus, dass ihr die Auswahl der Begriffe eher schwer fiel. Dies steht in enger Verbindung mit den fachlichen Verständnisschwierigkeiten, die im nachfolgenden Abschnitt erläutert werden.

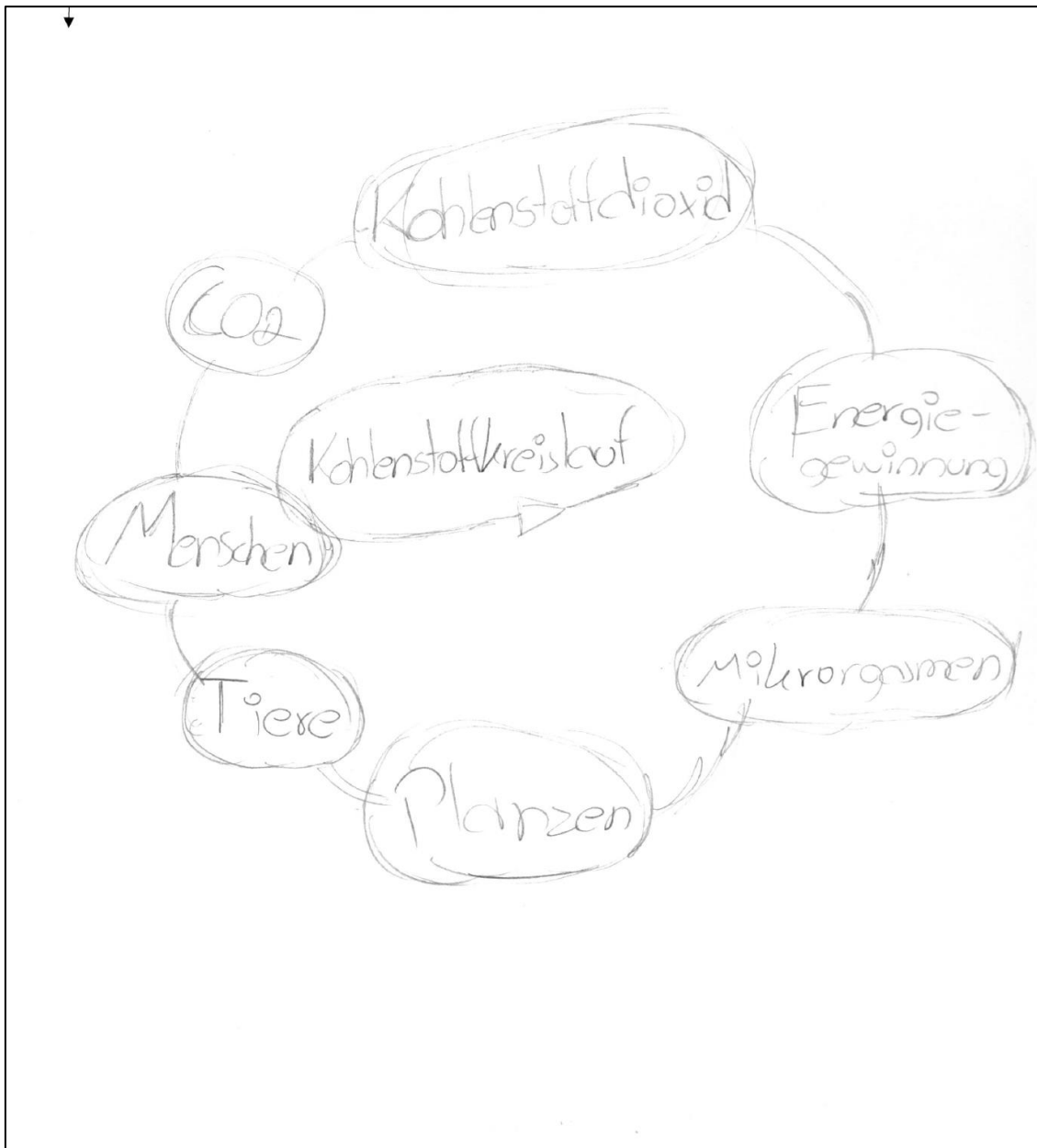


Abbildung A10.63 Zeichnung von Emma (S8F) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Die Schülerin hat beim Umgang mit der Textgrundlage keine Lesestrategie angewendet. Ihr Vorgehen bei der Textarbeit beschränkt sich primär auf das wiederholte Lesen:

„Ich lese mir den Text einmal durch und wenn ich die Aufgaben lese, lese ich mir einfach den Text noch einmal durch, sodass ich es im Kopf nochmal durchgehen kann, was Sache ist oder was ich genau machen muss. [...] Ich habe den Text durchgelesen und habe mir sozusagen im Kopf die wichtigsten Sachen markiert und habe sie dann ausgeschrieben.“ (S8F, b15, b17).

Emma zeigt Schwierigkeiten beim Verständnis des Kontexts. Diese wirken sich auf die Vollständigkeit (Elemente und Relationen fehlen) und Korrektheit (Relationen teilweise fehlerhaft) ihres Schaubilds aus. Auf die Frage, ob ihr etwas schwergefallen ist, entgegnet sie:

„Ja, viele unbekannte Wörter, die ich nicht kannte. [...] Es fiel mir halt sehr schwer, unbekannte Worte herauszufinden und dann ein Schaubild zu erstellen. Es war sehr schwer, sagen wir es so.“ (S8F, b21).

Diese Einschätzung bestätigt sich an mehreren Stellen, wie beispielsweise bei ihren Antworten auf die im Anschluss an die Zeichnung gestellten Verständnisfragen oder beim lautenden Denken:

„Der Kohlenstoffkreislauf kommt auch vom Kohlenstoffdioxid. Kohlenstoffdioxid ist auch in der Luft vorhanden, das heißt hier Kohlenstoffdioxid ist in CO_2 vorhanden [...]. Durch CO_2 werden, äh durch Kohlenstoffdioxid werden CO_2 und durch CO_2 werden auch Menschen, dadurch leben Menschen und davon können auch Tiere leben, aber auch Pflanzen.“ (S8F, b3).

Auch erkennt Emma abseits der fachlichen Verständnisschwierigkeiten ihre eigenen Fehler nicht. Auf die Frage, was sie beim nächsten Mal etwas anders machen würde, entgegnet sie: *„Eigentlich nichts.“* (S8F, b26). Verbesserungsbedarf sieht sie lediglich beim Beschreiben des Gezeichneten im Zuge der Verständnisfragen:

„Ich hätte das Schaubild besser erklären können, sodass man es auch richtig versteht.“ (S8F, b24).

Wie zuvor berichtet, beschäftigt sich Emma 136 Sekunden ($M = 171.6$, $SD = 107.1$) mit dem Notieren von Textinformationen. Davon entfallen mehr als 50 Sekunden auf das vielfache Umkreisen der Begriffe. Von allen Schülerinnen und Schülern beschäftigt sie sich am längsten damit, Strukturen zu umranden.

Inhaltsbezogen suggeriert ihre Darstellung des Kohlenstoffkreislaufs eine Prozessabfolge, die in dieser Form nicht der Textgrundlage entspricht. Die Frage, weshalb sie keine Pfeilrichtungen zwischen den Elementen eingezeichnet hat, kann sie nicht verständlich beantworten:

„Weil es ein Kohlenstoffkreislauf ist und es soll auch wie ein Kreislauf aussehen, also Kohlenstoff wird zu CO_2 und was sie alles bewirken und halt der Kreislauf sozusagen.“ (S8F, b3).

Fast durchgehend wird im Video anhand Emmas distanzierter Haltung zum Arbeitsmaterial deutlich, dass sie grundsätzlich wenig Interesse hat, sich mit den Inhalten auseinanderzusetzen bzw. sich anzustrengen.

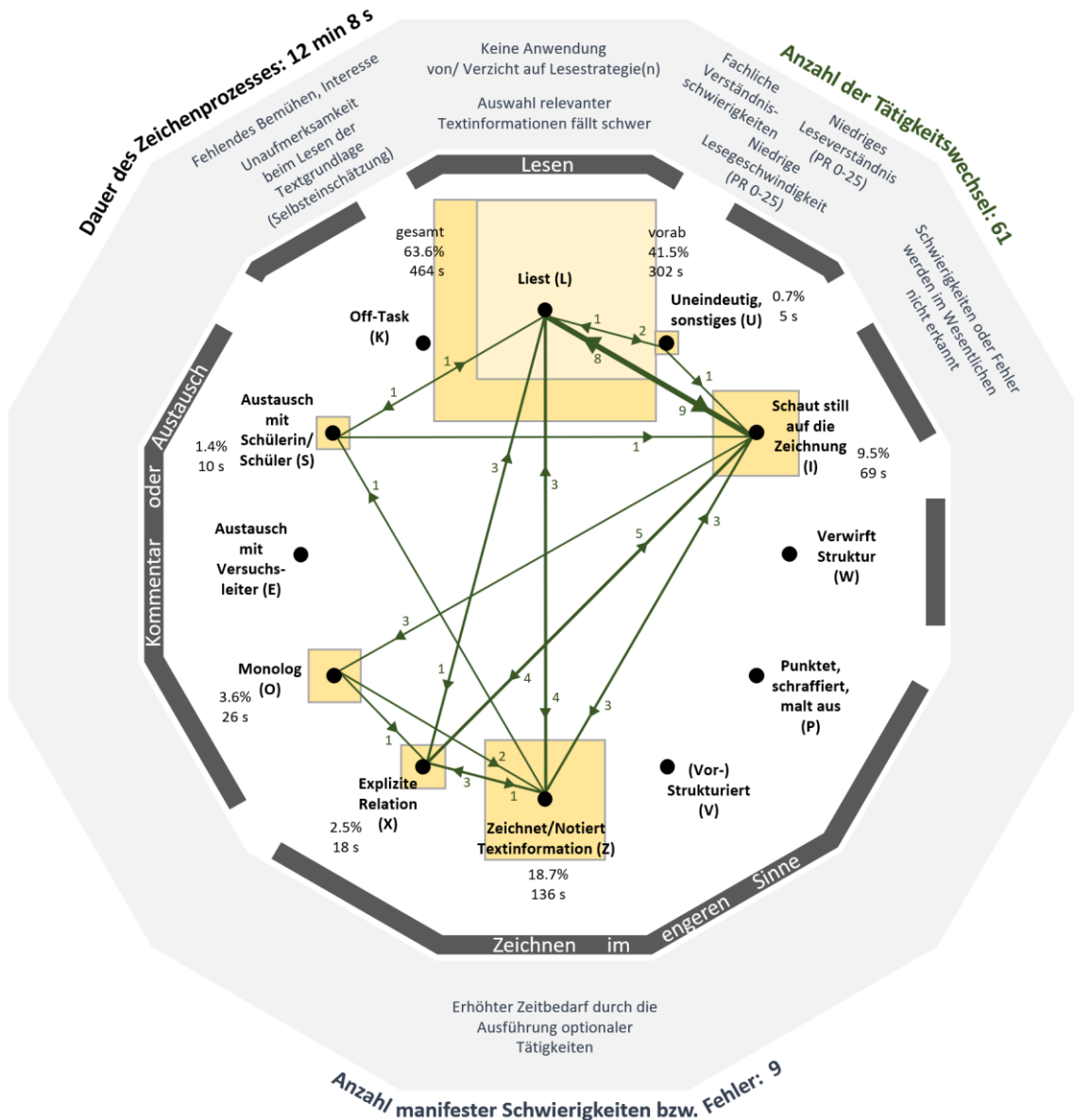


Abbildung A10.64 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Emma (S8F)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Emma berichtet, dass sie bereits zweimal mikroskopisch gezeichnet hat. Die Zeichnungen wurden dabei im Anschluss nicht von der Lehrkraft bewertet. Die Schülerin gibt an, dass sie „eine Zwiebel und Wasser mit Seife“ (S8F, a9) gezeichnet hat. Emma kann sich nicht daran erinnern, dass die Lehrkraft Kriterien vorgegeben hat, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Sie selbst achtet beim Zeichnen darauf, „sehr ordentlich“ (S8F, a15) zu zeichnen. Auf die Frage, ob sie bereits eine Amöbe unter dem Mikroskop betrachtet hat, antwortet sie:

„Öfters gezeichnet ja, aber nicht unter dem Mikroskop.“ (S8F, a24).

Den Aufbau einer pflanzlichen Zelle sowie den Unterschied zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen kann sie nicht benennen. Beim Zeichnen-Test lässt sie mit der Begründung, dass sie dies noch nicht im Unterricht besprochen haben, beide Zeichenfelder frei.

Tätigkeitsanalyse | Emmas Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 20 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) beschreiben (Abb. A10.65). Bis zum Abschluss ihrer Zeichnung benötigt sie knapp dreieinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 265$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Innerhalb des Kontexts ist keine Schülerin bzw. kein Schüler schneller mit der Bearbeitung der ersten Aufgabenstellung fertig als sie. Den Text und die Aufgabenstellung betrachtet sie eineinhalb Minuten ($T_Liest_{MZ} = 93$ s, $M = 69.9$, $SD = 19.0$). Durch das Mikroskop blickt sie dahingegen nur dreimal ($AH_Mikroskopierte_{MZ}$ $M = 29.9$, $SD = 18.3$) für insgesamt 38 Sekunden ($T_Mikroskopierte_{MZ}$ $M = 138.1$, $SD = 96.0$). Alle anderen Schülerinnen und Schüler innerhalb der Altersgruppe mikroskopieren häufiger und in Summe länger. Auf Grund des seltenen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Emmas Zeichnung dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Für die Darstellung von Strukturen nimmt sie sich ebenso wie für das Lesen rund eineinhalb Minuten Zeit ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ} = 91$ s, $M = 121.4$, $SD = 50.7$). Die eigene Zeichnung (Abb. A10.66) überblickt sie dazwischen mehrmals im Gesamtumfang von 14 Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 15.7$, $SD = 6.7$). Sie verwirft an keiner Stelle Strukturen ($T_Verwirft_Struktur_{MZ} = 0$ s, $M = 13.6$, $SD = 14.6$) und lässt sich auch nicht von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{MZ} = 0$ s). Abbildung A10.67 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Emma benötigt für die zweite Aufgabenstellung etwas mehr als drei Minuten ($T_Beschriftung_Korrektur_{MZ} = 196$ s, $M = 195.3$, $SD = 24.8$). Sie beschriftet die Zeichnung vollständig und nimmt keine weiteren Korrekturen vor. Die Beschriftungslinien des Pulsierenden Bläschens und der Nahrungsvakuole bezeichnen die falschen Strukturen.

Beurteilung | Mit ihrer Zeichnung erzielt Emma 12 von 36 Punkten (33.3%, $M = 71.0$, $SD = 15.6$). Innerhalb der Altersgruppe stellt dies den niedrigsten Wert bei der kriterialen Beurteilung der mikroskopischen Zeichnungen dar. Daraus resultiert unter Beachtung der Anfertigungsdauer eine Leistung von 2.7 Punkten pro Minute ($M = 4.1$, $SD = 1.2$). Innerhalb des Kontexts erzielt nur eine Schülerin eine niedrigere Leistung.

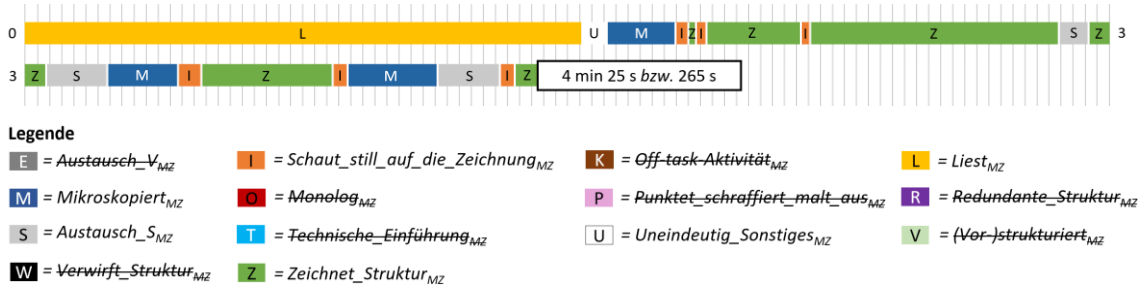


Abbildung A10.65 Abfolge der Tätigkeiten von Emma (S8F) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8F in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

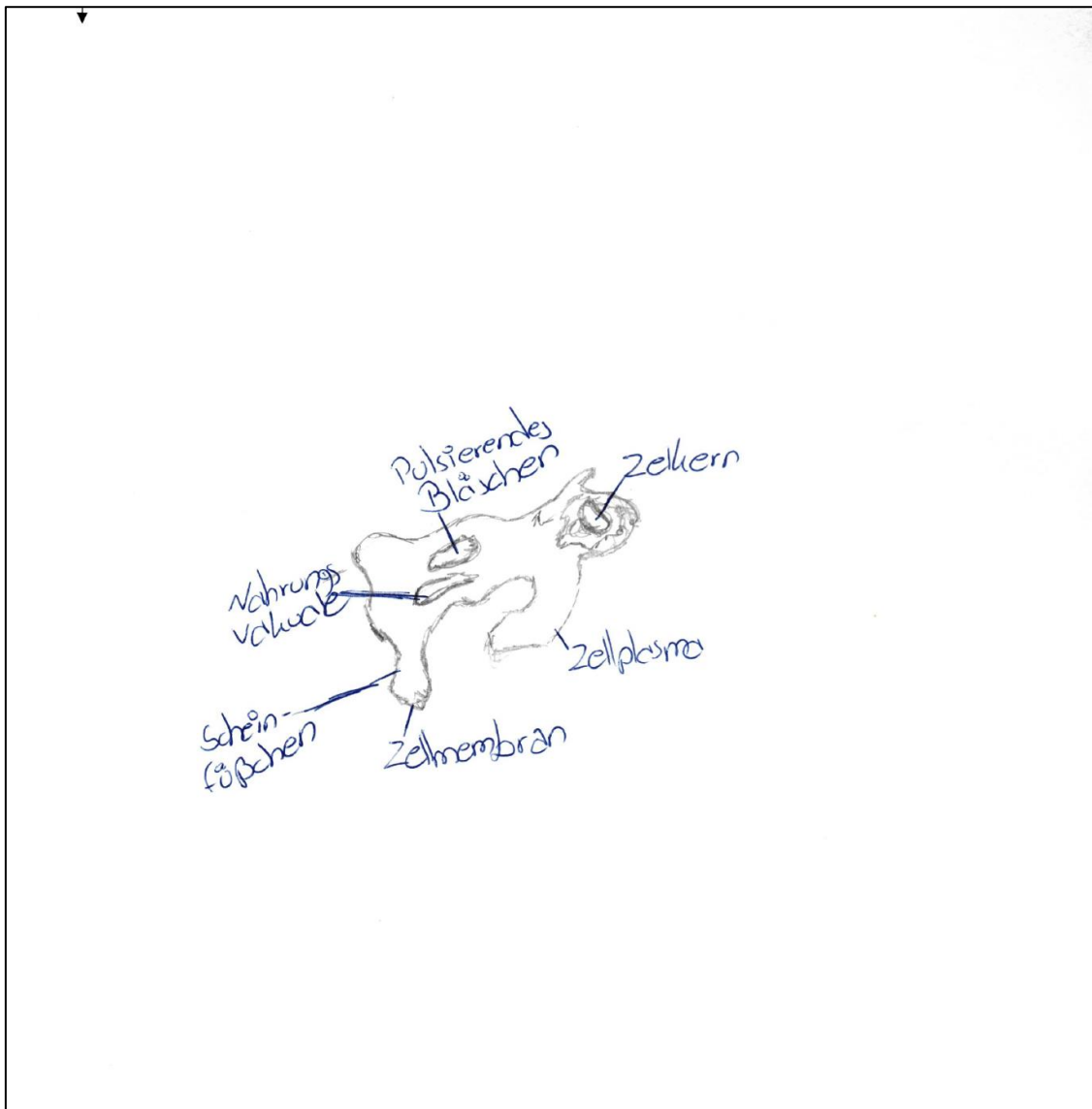


Abbildung A10.66 Zeichnung von Emma (S8F) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

Retrospektion | Emma gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr das Zeichnen eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, jedoch eher nicht dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Beim Lesen war sie nach eigener Einschätzung eher nicht bei der Sache. Dahingegen gibt sie an, dass sie aufmerksam gezeichnet hat.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Unmittelbar nach dem Abschluss der zweiten Aufgabenstellung beschreibt Emma ihr Vorgehen als strukturiert und gewissenhaft:

„Sehr vorsichtig, sehr genau und dass vielleicht ein paar Details stimmen, wie es im Mikroskop war. Ich habe es hoffentlich sehr detailgetreu gezeichnet.“ (S8F, a47).

Die eigenen Schwierigkeiten bzw. Fehler erkennt sie nicht. Ihre Zeichnung weicht sehr stark von dem im Sichtfeld des Mikroskops zu erkennenden Organismus ab. Das Maß an Abstraktion ist in diesem Zusammenhang nicht angemessen. Bereits im Vorfeld wurde deutlich, dass Emma über wenige Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen verfügt und wenige zeichnerische Konventionen benennen kann. Ihr gelingt es nicht, das von ihr genannte Kriterium *„sehr ordentlich“* (S8F, a15) in ihrer Zeichnung zu berücksichtigen. Auch die fehlende Erfahrung im Umgang mit dem Mikroskop beeinflusst die Zeichnung. Sie blickt insgesamt sehr selten durch das Mikroskop. Auf die Frage, was ihr schwergefallen ist, entgegnet sie:

„Ja, gleichzeitig in das Mikroskop zu gucken, weil manchmal vergesse ich das.“ (S8F, a49).

Insgesamt legt die Schülerin die Zeichnung klein an und umreißt die gezeichneten Strukturen nur durch sehr viele dünne Linien. Insbesondere im Bereich des Zellkerns lassen sich die Linien daher nicht klar voneinander unterscheiden.

Der Schülerin fiel es zudem schwer, die gesehenen Proportionen der Amöbe abzubilden und die korrekte Lage der Zellorganellen innerhalb des Organismus zu bestimmen. Sie räumt ein, dass sie in diesem Bereich Verbesserungspotential erkennt:

„Besser hinsehen, also häufiger hinsehen, sodass man es auch eher zeichnen kann. [...] Generell die Struktur zu erkennen.“ (S8F, a54, a52).

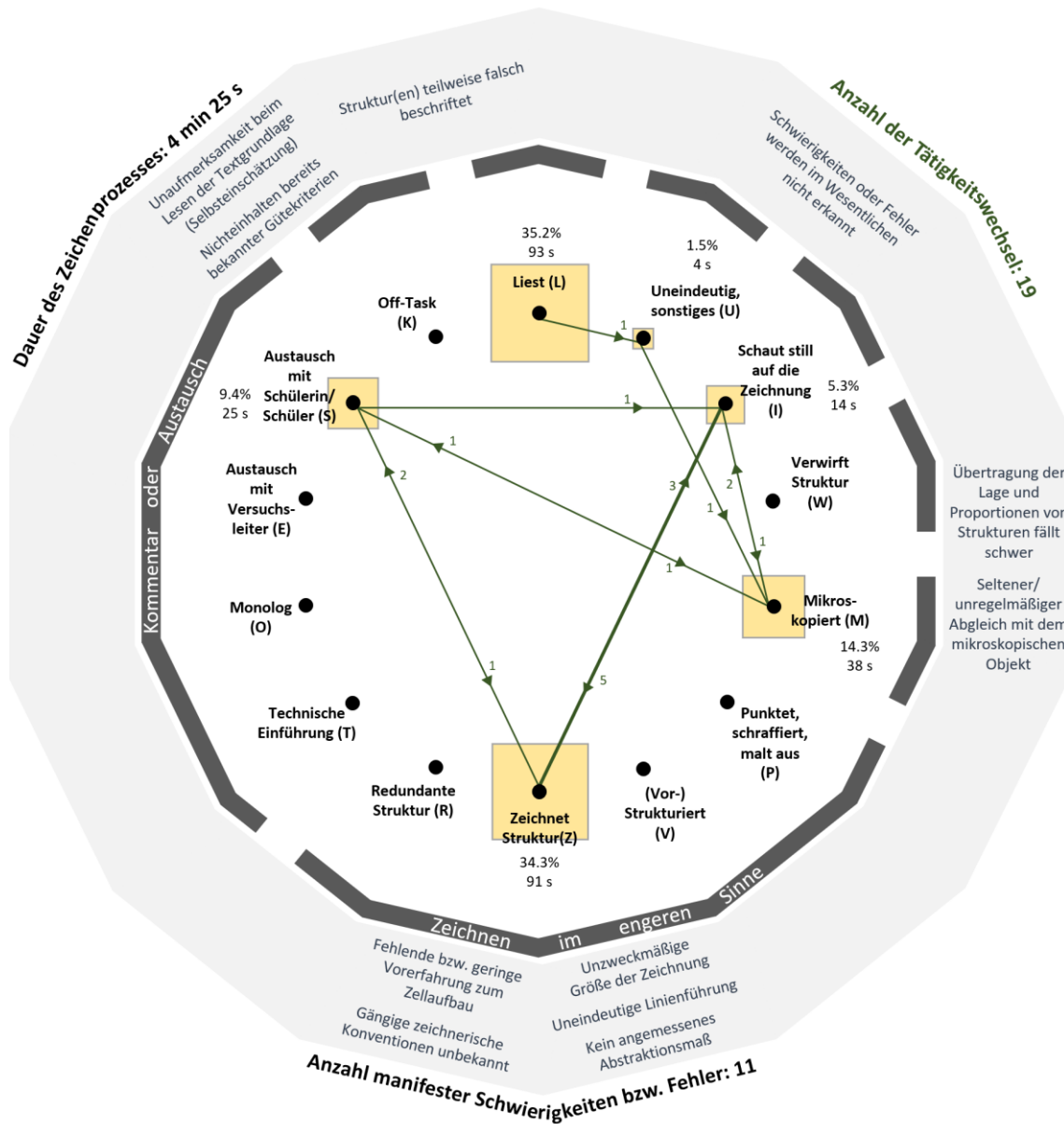


Abbildung A10.67 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Emma (S8F)

Anhang 10.13 Ben – S8G

Basisinformationen | Im letzten Zeugnis hatte Ben sowohl in Biologie als auch in Kunst die Note Zwei. Er erreicht im Zuge des LGVT für die gezeigte Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 18 ($M = 38.1$, $SD = 21.7$) sowie für sein Leseverständnis einen PR-Wert von 20 ($M = 20.3$, $SD = 17.4$). Beide Werte sind nach Schneider et al. (2007) als unterdurchschnittliche Leistung (Wertebereich: 11-25) einzustufen. Ben berichtet, dass er im Biologieunterricht gerne zeichnet und außerhalb des Biologieunterrichts eher nicht gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Ben kann vor Beginn der Zeichenaufgabe keine kontextrelevanten Informationen benennen ($M = 2.3$, $SD = 2.4$). Retrospektiv merkt er an, dass er bereits vereinzelt Berührungspunkte mit ähnlichen Repräsentationsformen hatte. Die jeweiligen Kontexte erinnert er nicht mehr:

„Schon öfter. In der aktuellen Klasse nicht so oft. [...] Vor zwei Jahren in Nawi über ein Thema. Aber sonst fällt mir gerade nicht ein, in welchem Fach wir das noch hatten.“
(S8G, a54).

Tätigkeitsanalyse | Bens Vorgehen bei der Bearbeitung der Zeichenaufgabe lässt sich in Form einer Abfolge von 64 Tätigkeiten abbilden (Abb. A10.68). Dieser Wert liegt unter dem Altersdurchschnitt ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 89.3$, $SD = 26.4$). Bis zum Abschluss der Zeichenaufgabe benötigt er etwas mehr als 13 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 790$ s, $M = 840.6$, $SD = 258.8$). Davon entfallen rund neuneinhalb Minuten auf das Lesen der Textgrundlage und der Aufgabenstellung ($T_Liest_gesamt_{AD} = 576$ s, $M = 489.9$, $SD = 138.8$). Dieser Wert setzt sich aus dem fast sechsminütigen Lesen im Vorfeld ($T_Liest_vorab_{AD} = 345$ s, $M = 286.0$, $SD = 83.6$) sowie dem knapp vierminütigen wiederholten Lesen einzelner Absätze zusammen ($T_Liest_während_{AD} = 231$ s, $M = 203.9$, $SD = 71.4$). Von allen Schülerinnen und Schülern innerhalb des Kontexts zeichnet Ben mit 75 Sekunden am kürzesten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 203.0$, $SD = 116.9$) und mit 14-mal am seltensten ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 29.0$, $SD = 9.7$). Er wendet 58 Sekunden für das Darstellen von Textinformationen ($M = 171.6$, $SD = 107.1$) sowie 17 Sekunden ($M = 25.6$, $SD = 8.5$) für das Darstellen von Pfeilen auf. Innerhalb der Altersgruppe nimmt sich Ben dahingegen am zweitlängsten Zeit, um die eigene Zeichnung (Abb. A10.69) still zu überblicken ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 79$ s, $M = 62.6$, $SD = 19.7$). Dieser Tätigkeit geht er insgesamt 23-mal ($M = 21.0$, $SD = 6.6$) in unterschiedlichem Umfang nach. An keiner Stelle verwirft der Schüler bereits gezeichnete Strukturen durch Ausradieren ($M = 1.6$, $SD = 1.9$). Er lässt sich nicht von anderen Tätigkeiten ablenken

($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{AD}} = 0$ s). Abbildung A10.70 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

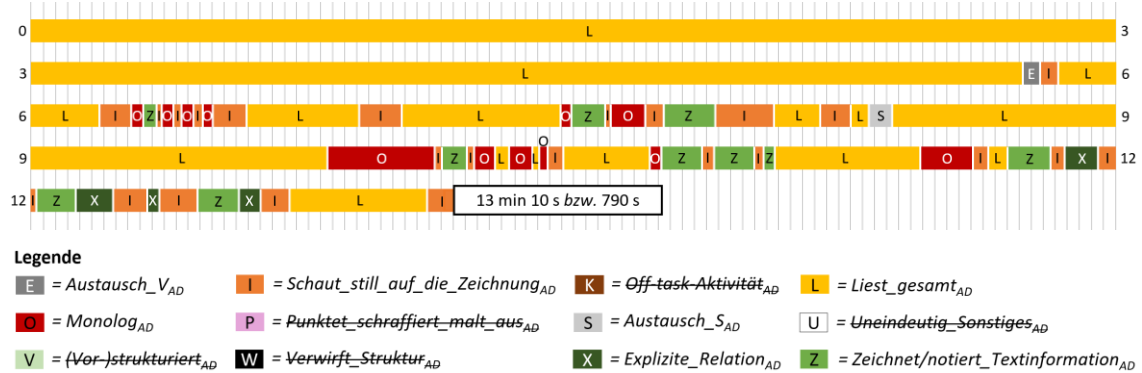


Abbildung A10.68 Abfolge der Tätigkeiten von Ben (S8G) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8G in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Bei der kriterialen Beurteilung erreicht Ben 12 von 24 Punkten (50%, $M = 61.3$, $SD = 13.7$). Er stellt in seinem Schaubild 3 von 8 Elementen (37.5%, $M = 60.7$, $SD = 18.2$) und 3 von 10 Relationen (30%, $M = 45.7$, $SD = 14.0$) der Textgrundlage dar. In Bezug zur Bearbeitungsdauer ergeben sich folgende Leistungswerte: 0.5 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 0.7$, $SD = 0.2$) sowie 0.9 Punkte pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.5$). Bezogen auf die Altersgruppe, sind beide Leistungswerte als unterdurchschnittliches Ergebnis einzustufen. Auf Grund der überwiegend depiktional dargestellten Elemente lässt sich Bens Zeichnung dem realistisch abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Ben kann im Rahmen der Verständnisfragen alle drei gezeichneten Elemente erinnern. Die weiteren fünf im Text enthaltenen, aber nicht gezeichneten Elemente erinnert er nicht. Im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen gibt er an, dass ihm das Schaubild eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen. Bei den mündlichen Reflexionsfragen verdeutlicht er, dass es hilfreich war, ein Schaubild zu generieren, anstatt nur den Text zu lesen. Im Gegensatz dazu geht er eher nicht davon aus, dass ihm das Schaubild geholfen hat, den Kontext zu verstehen. Beim Lesen und bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung war er seiner Einschätzung nach bei der Sache. Er gibt an, dass ihm die Auswahl der relevanten Textinformationen eher schwer fiel. Wie zuvor beschrieben, kann er nur etwa ein Drittel der relevanten Textinformationen identifizieren und in das Schaubild übertragen.

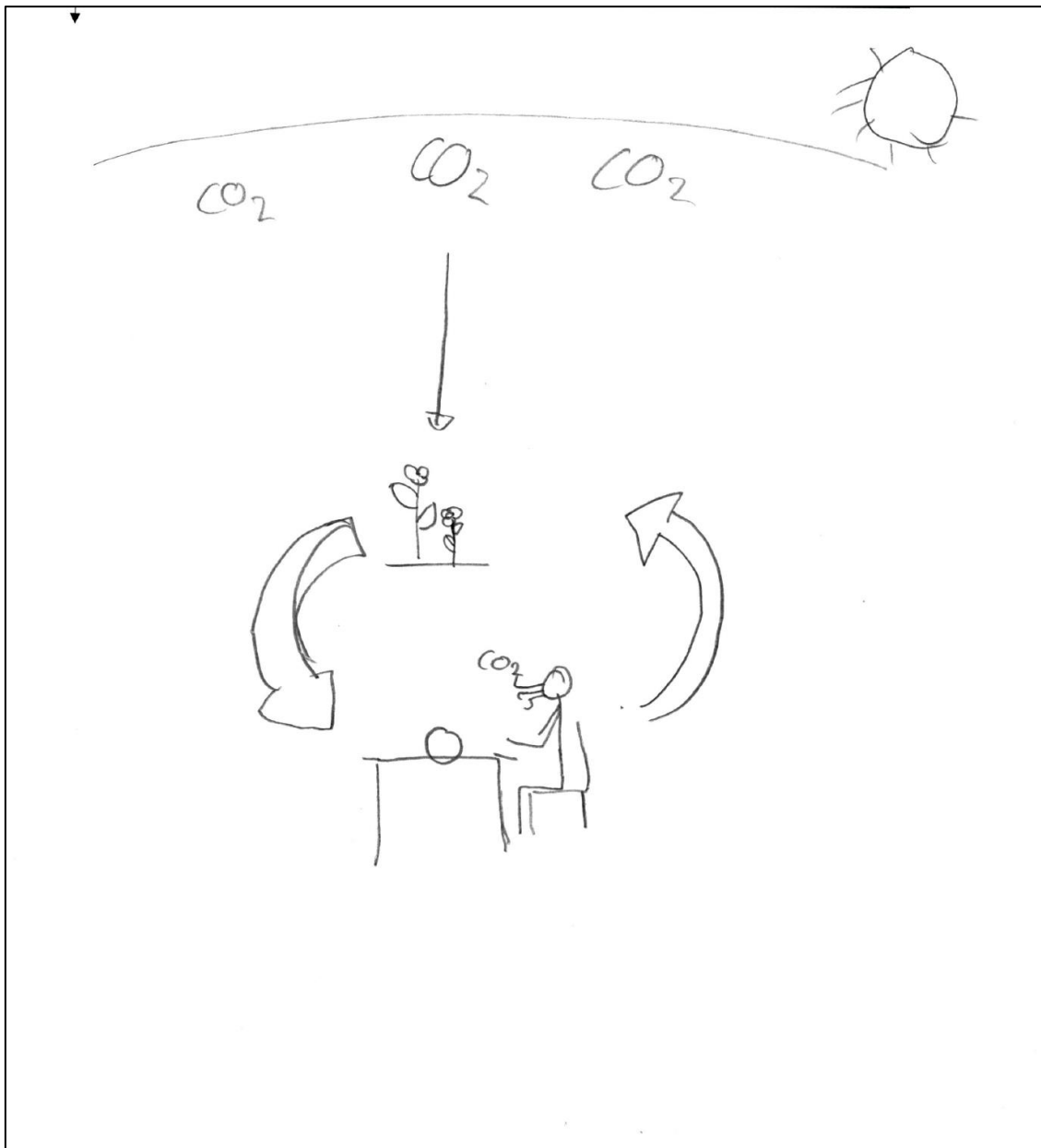


Abbildung A10.69 Zeichnung von Ben (S8G) zum Kontext 8: Kohlenstoffkreislauf

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Ben wendet beim Lesen der Textgrundlage keine Lesestrategien an. Er liest einige Abschnitte lediglich erneut. Sein Vorgehen beim Lesen und beim Übertragen von Textinformationen in das Schaubild beschreibt er wie folgt:

„Ich habe es mir durchgelesen und halt immer wieder versucht, die wichtigsten Sachen zusammensetzen, damit ich ein grobes Bild davon habe, wie es funktioniert. [...] Ich bin den Text nochmal im Kopf durchgegangen und habe versucht es so aufzuzeichnen, wie es da auch war.“ (S8G, a41, a43).

Abschließend gleicht er die Textgrundlage mit dem Schaubild ab. Weitere relevante Inhalte kann er nicht identifizieren. Im Umgang mit dem Text zeigt sich, dass der Schüler fachliche

Verständnisschwierigkeiten hat, die seine Zeichnung beeinflussen. Diese Beobachtung bestätigt sich während des lauten Denkens:

„Pflanzen nehmen das CO₂ auf, die dann wiederum ein anderes Gas freigegeben [...] Dann ist da der Mensch, der das auch aufnimmt, indem er Sachen isst, atmet oder so und die atmen dann wiederum aus und erzeugen das CO₂ dann wieder und so geht der Kreislauf. [Der Schüler liest noch einmal im Text nach.] Das war es.“ (S8G, a29).

Im Zuge der mündlichen Verständnisfragen nimmt der Schüler abschließend dazu Stellung. Die fachlichen Verständnisschwierigkeiten limitieren zudem die zweckmäßige Strukturierung der Inhalte seines Schaubilds:

„Ich habe den Text nicht überall ganz verstanden, deswegen war es etwas schwer zu zeichnen.“ (S8G, a47).

Auf Grund der weitestgehend realistischen Darstellungsweise (anstatt der ausschließlichen Verwendung von Textbausteinen und Pfeilen) hat Ben Schwierigkeiten damit, die Textinhalte verständlich darzustellen. Beispielsweise wird der Zusammenhang zwischen Produzenten und Konsumenten, der durch die beiden gegenläufigen Pfeile angedeutet ist, nicht klar. Er nimmt sich zu Beginn mehrere Sekunden Zeit, um einen am Tisch sitzenden Menschen zu skizzieren. Diese optionale Tätigkeit bietet keinen Mehrwert für die Verständlichkeit der Zeichnung. Ben erkennt zudem die eigenen Schwierigkeiten, die ihm während der Bearbeitung der Aufgabe begegnen, nicht. Auf die Frage, was er beim nächsten Mal anders machen würde, entgegnet er:

„Eigentlich nichts. Dann würde ich es genauso machen.“ (S8G, a52).

Er geht davon aus, dass ihm die Anfertigung der Zeichnung leichter gefallen wäre, wenn er im Vorfeld Unterstützung in Form einer groben Vorlage erhalten hätte:

„Wenn ich vielleicht davor schon eine grobe Zeichnung von dem Bild hätte.“ (S8G, a50).

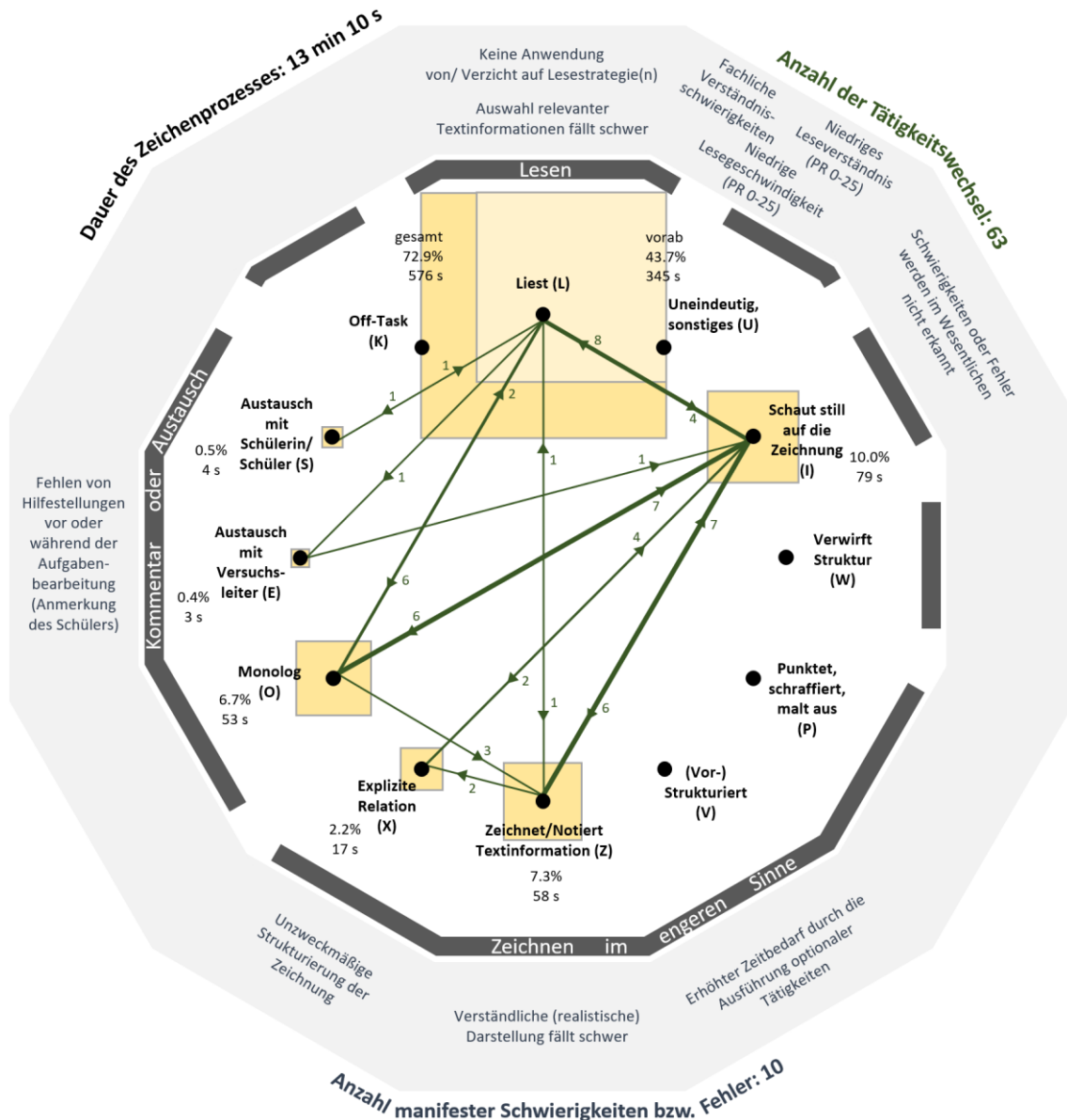


Abbildung A10.70 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Ben (S8G)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Ben gibt an, dass er bislang erst einmal mikroskopisch gezeichnet hat. Thema und Zeichenobjekt erinnert er nicht mehr. Regeln, die es beim Zeichnen zu beachten gilt, nannte die Lehrkraft seiner Auffassung nach keine. Er selbst geht beim Zeichnen wie folgt vor:

„Erst den Rand, das was ich sehe und dann immer weiter.“ (S8G, a15).

Eine Amöbe hat der Schüler im Unterricht bereits gesehen, jedoch noch nicht gezeichnet. Den Aufbau einer pflanzlichen Zelle kann Ben ebenso wenig wie die Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen benennen. Beim Zeichnen-Test zeigen die von ihm

skizzierten pflanzlichen und tierischen Zellen nur die Zellumrisse. Ob es sich bei den pflanzlichen Zellen um eine Zellwand und bei den tierischen Zellen um eine Zellmembran handelt, bleibt auf Grund der fehlenden Beschriftung unklar. Die eckige Struktur der tierischen Zellen impliziert, dass die tierische Zelle eine Zellwand besitzt. Die pflanzlichen Zellen werden von ihm nicht geschlossen dargestellt. Bei der kriterialen Beurteilung erzielt Bens Zeichnung pflanzlicher Zellen 16 von 36 Punkten (44.4%, $M = 62.5$, $SD = 11.0$) und die Zeichnung tierischer Zellen 15 von 36 Punkten (41.7%, $M = 57.4$, $SD = 10.9$).

Tätigkeitsanalyse | Bens Vorgehen bei der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung lässt sich während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 59 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 85.9$, $SD = 50.1$) beschreiben (Abb. A10.71). Diese erstrecken sich über einen Zeitraum von etwa fünf Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 311$ s, $M = 410.7$, $SD = 193.3$). Nur eine Schülerin fertigt innerhalb des Kontexts die Zeichnung schneller an als er. Ben beschäftigt sich 81 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 69.9$, $SD = 19.0$) mit dem Einführungstext und der Aufgabenstellung. Während der gesamten Bearbeitungsdauer blickt er 21-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 29.9$, $SD = 18.3$) durch das Mikroskop. In Summe entfallen auf diese Tätigkeit knapp zwei Minuten ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 116$ s, $M = 138.1$, $SD = 96.0$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Bens Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Die gesehenen Strukturen stellt er in 72 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 121.4$, $SD = 50.7$) dar. Innerhalb der Altersgruppe nehmen sich alle anderen Teilnehmenden mehr Zeit zum Darstellen der Strukturen.

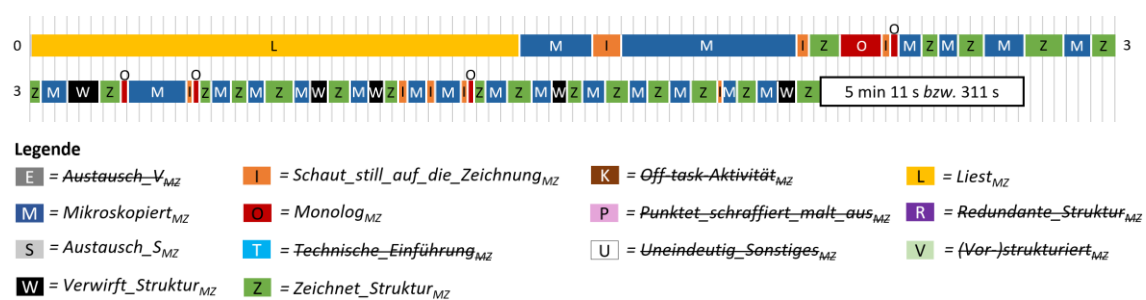


Abbildung A10.71 Abfolge der Tätigkeiten von Ben (S8G) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S8G in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Ben überblickt die eigene Zeichnung achtmal und benötigt dafür nur wenige Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ} = 13$ s, $M = 15.7$, $SD = 6.7$). Innerhalb des Kontexts verwirft er mit fünfmal am zweithäufigsten bestehende Strukturen. Da die Korrekturen

geringfügig sind, braucht er dafür insgesamt nur 17 Sekunden ($T_{\text{Verwirft_Struktur}_{MZ}} M = 13.6, SD = 14.6$). Er lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_{\text{Off-task-Aktivität}_{MZ}} = 0$ s).

Im Verlauf der ersten Aufgabenstellung entsteht nur der Umriss der Amöbe (Abb. 10.72). Während der Bearbeitung der zweiten Aufgabe beschriftet Ben nicht nur die eigene Zeichnung, sondern erweitert diese auch weitreichend (Abb. A10.73). Daher benötigt er für die zweite Aufgabenstellung innerhalb des Kontexts mit mehr als dreieinhalb Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 227$ s, $M = 195.3, SD = 24.8$) am längsten. Die von ihm vorgenommene Beschriftung ist unvollständig. Er vergisst die Zellmembran trotz des Abgleichs mit der Vorlage zu beschriften. Letztendlich erfolgt nur die Beschriftung des Zellkerns korrekt. Die Beschriftungslinien des Scheinfußes und der Nahrungsvakuole enden nicht an den zu bezeichnenden Strukturen. Die Beschriftungslinie des Pulsierenden Bläschens zeigt zwar an die richtige Stelle innerhalb der Amöbe, doch in seiner Zeichnung ist an dieser Stelle kein Pulsierendes Bläschen eingezeichnet. Die Beschriftungslinie des Zellplasmas bezeichnet die falsche Struktur.

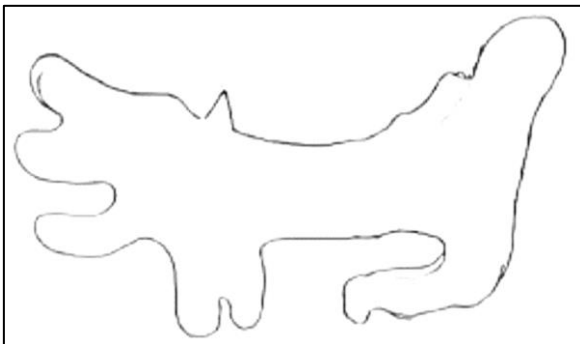


Abbildung A10.72 Mikroskopische Zeichnung von Ben (S8G) nach Abschluss der ersten Aufgabe

Beurteilung | Für die erweiterte und beschriftete mikroskopische Zeichnung nach Abschluss der zweiten Aufgabenstellung erhält Ben 27 von 36 Punkten (75.0%, $M = 71.0, SD = 15.6$). Würde sich die kriteriale Beurteilung nur auf den Zustand der Zeichnung nach Abschluss der ersten Aufgabenstellung beziehen, hätte sich eine deutlich niedrigere Punkteanzahl ergeben. Betrachtet man diesen Wert in Bezug zur Bearbeitungsdauer, so ergibt sich eine überdurchschnittliche Leistung von 5.2 Punkten pro Minute ($M = 4.1, SD = 1.2$). Gemeinsam mit Johanna (S8D) erzielt Ben dahingehend den höchsten Wert innerhalb der Altersgruppe.

Retrospektion | Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Ben an, dass ihm das Zeichnen eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und die Zusammenhänge zu verstehen. Er schätzt ein, dass er sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen bei der Sache war.

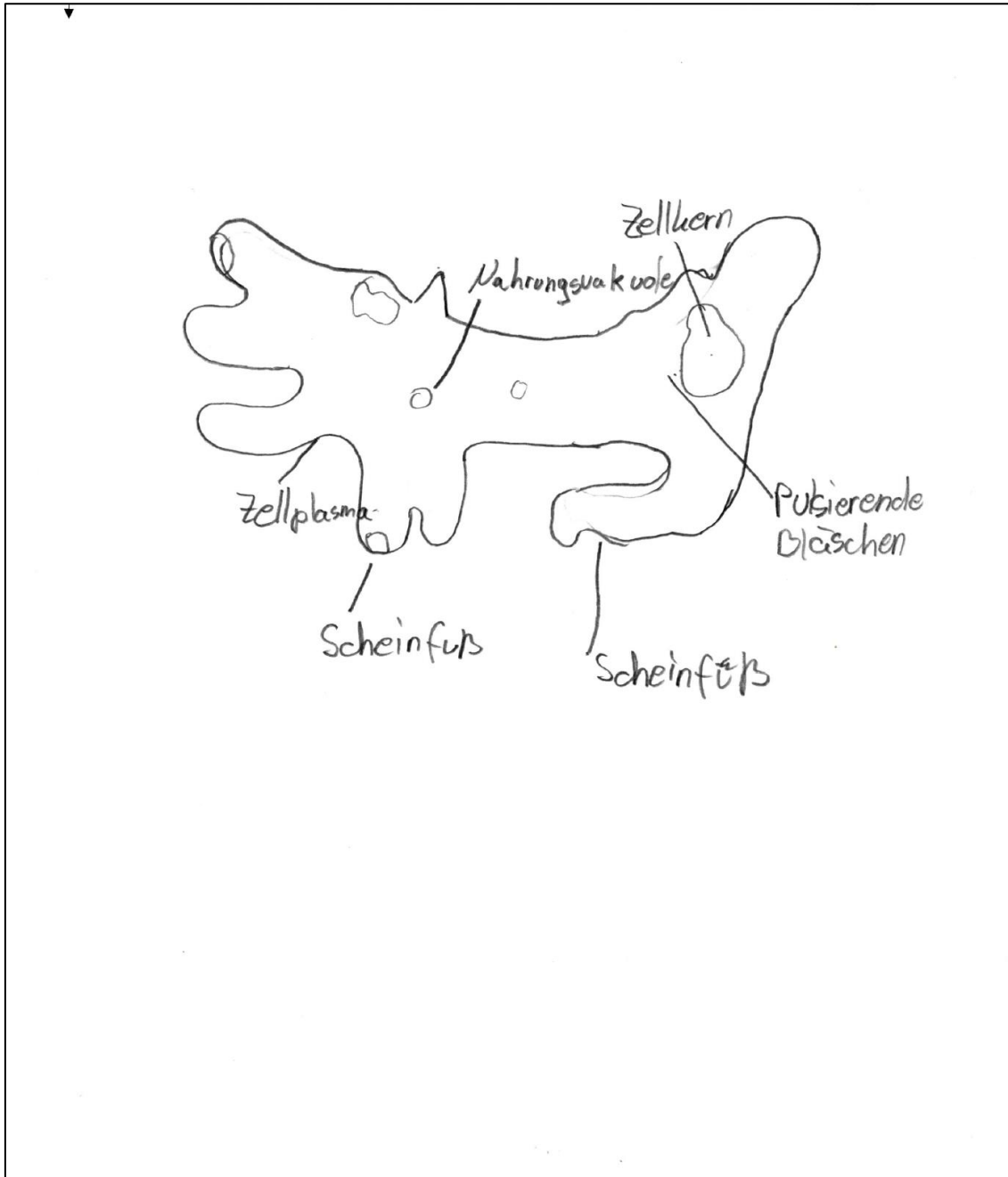


Abbildung A10.73 Zeichnung von Ben (S8G) zum Kontext 8: Die Amöbe – „Experte“ für fast jeden Lebensraum

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Während der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung hält sich Ben an die von ihm im Vorfeld genannte Regel:

„Ich habe, wie bei der anderen Zeichnung auch, erst das außen gemalt. Ich habe an einem Punkt außen angefangen und dann Schritt für Schritt abgezeichnet.“
(S8G, b18).

Die Unkenntnis zeichnerischer Konventionen beeinflusst die Darstellung des Schülers. So stellt er die Zellmembran der Amöbe teilweise durch sich überschneidende Linien dar. Die fehlenden fachlichen Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen prägen zudem die Darstellung der Strukturen. Ben erkennt, dass die Amöbe in manchen Bereichen von Einzellern überlagert wird. Allerdings gruppiert er auch den Zellkern zu diesen aufsitzenden Organismen. (Im Zuge der zweiten Aufgabenstellung beschriftet er diesen wiederum korrekt als Zellkern):

„Es sind so Punkte oder kleine Tierchen oder so, die an oder auf ihm sind [gemeint sind die die Amöbe überlagernden Einzeller]. Rechts oben etwas ganz großes Bläuliches, das ist das Größte von allen, dann immer nur so Kleine.“ (S8G, b3).

Ben trifft beim Zeichnen eine Auswahl darüber, welche Strukturen des mikroskopischen Präparats er zeichnet und welche er nicht darstellt. Auf Grund seiner geringen fachlichen Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen stellt er das Pulsierende Bläschen beispielsweise nicht dar. Seine Zeichnung weicht zudem an mehreren Stellen wesentlich vom mikroskopischen Original ab. Das Maß an Abstraktion ist vor diesem Hintergrund stellenweise ungeeignet.

In seinen Antworten auf die mündlichen Reflexionsfragen wird außerdem deutlich, dass er in seiner Zeichnung und seinem Vorgehen kein Verbesserungspotential erkennt. Auf die Frage, was ihm schwergefallen ist, entgegnet er:

„Nichts wirklich. Manchmal hat man nicht ganz erkannt, ob es jetzt nochmal so ein Bein ist oder ob es zusammenhängt. Sonst war es einfach.“ (S8G, b20).

Außerdem verneint er die Frage, ob ihm etwas hätte besser gelingen können:

„Nein, ich fand das schon ganz gut.“ (S8G, b23).

Abbildung A10.74 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

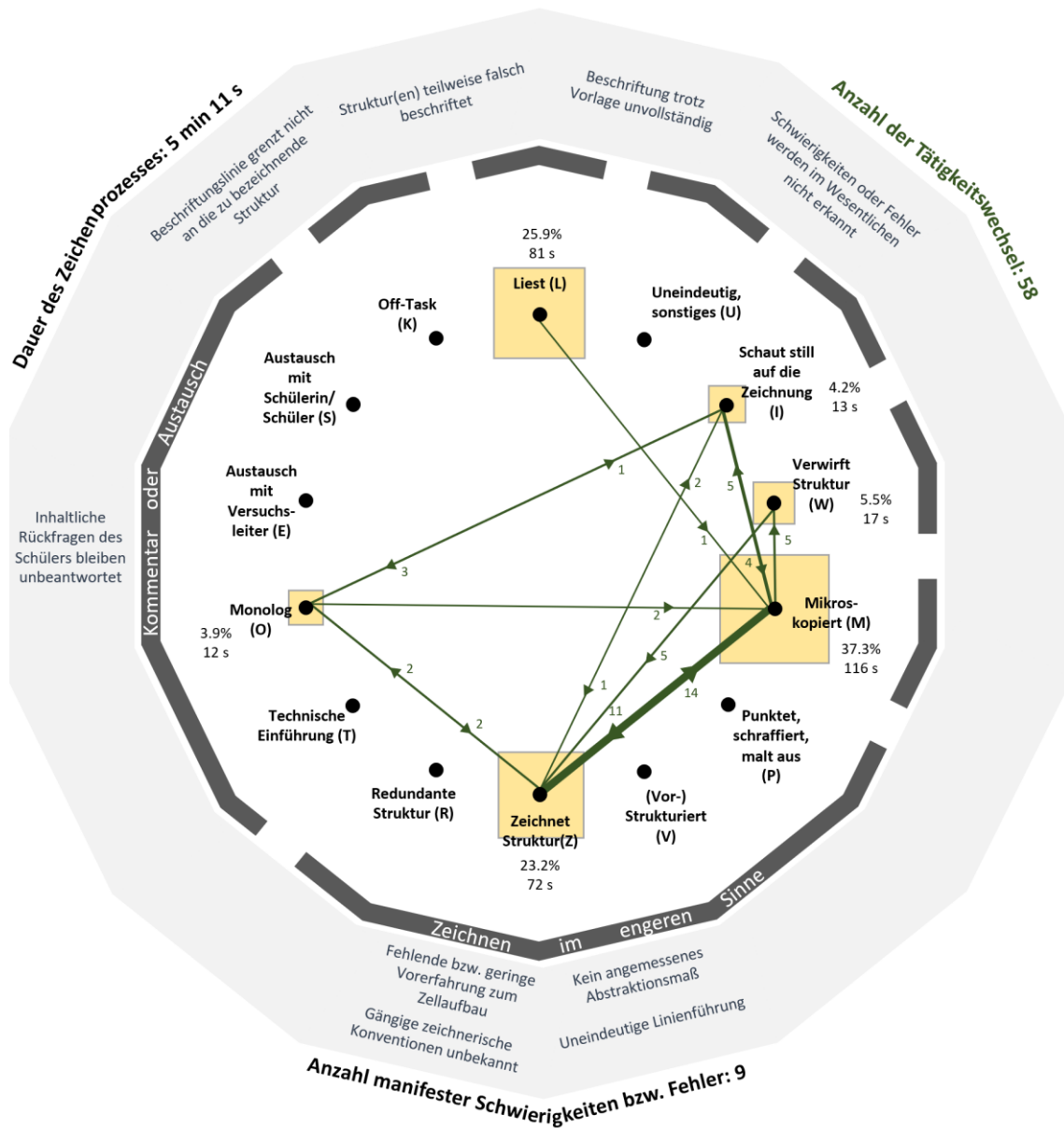


Abbildung A10.74 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Ben (S8G)

Anhang 10.14 Klara – S10.1A

Basisinformationen | Im letzten Zeugnis hatte Klara in Kunst die Note Eins. Sie ist sich nicht sicher, ob sie in Biologie die Note Eins oder Zwei hatte. Ihre beim LGVT gezeigte Lesegeschwindigkeit resultiert in einem PR-Wert von 15 ($M = 37.0$, $SD = 17.3$). Dies entspricht nach Schneider et al. (2007) einer unterdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 11-25). Mit ihrem Leseverständnis erzielt sie einen PR-Wert von 34 ($M = 32.5$, $SD = 21.1$). Ihre Leistung entspricht damit dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) (Schneider et al., 2007). Die Schülerin zeichnet sowohl im als auch außerhalb des Biologieunterrichts gerne.

Ablaufdiagramm

Die Fallbeschreibung zur Konstruktion des Ablaufdiagramms befindet sich in Unterkapitel 9.5.3.

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Klara gibt an, dass sie „*insgesamt acht oder zehn Unterrichtsstunden mikroskopiert und fünf- oder sechsmal dazu gezeichnet*“ (S10.1A, a13) hat. Hinsichtlich der Kontexte kann sie sich nur daran erinnern, dass sie ein Pantoffeltierchen mikroskopiert und gezeichnet hat. Auch hat sie „*Zellen von Pflanzen und einer Zwiebel angeschaut*“ (S10.1A, a15), die sie jedoch nicht zeichnen musste. Sie merkt an, dass ihre Lehrkraft keine Regeln benannt hat, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Die Schülerin beschreibt ihr Vorgehen beim Zeichnen wie folgt:

„*Ich versuche, möglichst eins zu eins abzuzeichnen, aber nicht alles komplett, sondern nur ein Ausschnitt, wenn alles gleich ist.*“ (S10.1A, a19).

Sie kann sich nicht mehr daran erinnern, ob die Zeichnungen in der Vergangenheit bewertet wurden. Die Schülerin weiß jedoch noch, dass eine pflanzliche Zelle aus einer Zellmembran, einer Vakuole und Chloroplasten besteht. Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen kann sie keine benennen. Im Zuge des Zeichnen-Tests stellt sie gemäß der Aufgabenstellung drei aneinandergrenzende pflanzliche Zellen dar, die in ihrem Aufbau und der Beschriftung den zuvor genannten Strukturen entsprechen. Sie zeichnet auch Chloroplasten ein, obwohl die Darstellung von Zellorganellen in der Aufgabenstellung nicht vorgesehen war. Anhand einer Rückfrage der Schülerin wird deutlich, dass sie nicht weiß, was der Begriff Zellorganellen heißt. In ihrer Zeichnung bleiben außerdem zwei der drei gezeichneten Zellen an einer Seite offen. Die Zellwand ist in Klaras Darstellung nicht

abgebildet. Eine Beschriftung des Zellplasmas nimmt sie nicht vor. Mit ihrer Darstellung pflanzlicher Zellen erzielt sie 23 von 36 Punkten (63.9%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$). Gemäß der Aufgabenstellung zeichnet sie außerdem drei aneinandergrenzende tierische Zellen und beschriftet Zellkern sowie Zellmembran. Das Zellplasma bleibt in dieser Zeichnung ebenfalls unbeschriftet. Für ihre Darstellung tierischer Zellen erhält sie 24 von 36 Punkten (66.7%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$).

Tätigkeitsanalyse | Klaras Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 29 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 32.8$, $SD = 11.6$) visualisieren (Abb. A10.75). Für die Fertigstellung der Zeichnung (Abb. A10.76) benötigt sie knapp vier Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 237$ s, $M = 266.5$, $SD = 73.9$). Dieser Wert ergibt sich, indem von der in Abbildung A10.75 dargestellten Bearbeitungsdauer 67 Sekunden subtrahiert werden, die auf die ergänzende technische Einführung entfallen. Von der verbleibenden Bearbeitungsdauer entfällt etwas mehr als eine Minute ($T_Liest_{MZ} = 74$ s, $M = 81.8$, $SD = 11.2$) auf das Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung. Klara blickt während der Anfertigung ihrer Zeichnung zehnmal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 8.3$, $SD = 3.5$) durch das Mikroskop. Dafür benötigt sie insgesamt nur 38 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 50.3$, $SD = 21.9$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Klaras Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Mit Tätigkeiten, die sich dem Zeichnen zuordnen lassen, beschäftigt sie sich ein- einhalb Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ} = 93$ s, $M = 89.0$, $SD = 39.2$). Davon entfallen 64 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 57.0$, $SD = 17.6$) auf das Darstellen von Strukturen, 18 Sekunden ($T_Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}$ $M = 8.8$, $SD = 8.8$) auf das Schraffieren und 11 Sekunden ($T_Redundante_Struktur_{MZ}$ $M = 23.3$, $SD = 17.6$) auf das Einzeichnen redundanter Strukturen. Innerhalb des Kontexts ist sie die einzige Schülerin, die Strukturen schraffiert, in diesem Fall die Zellwand. Im Gegensatz dazu punktet Leah (S10.1D) das Zellplasma.

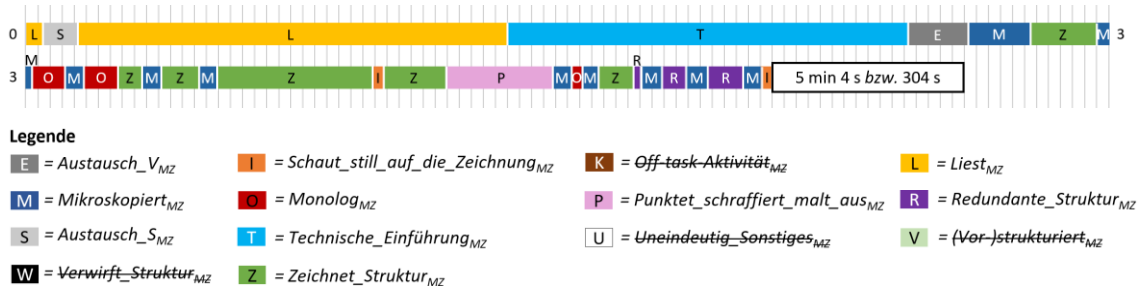


Abbildung A10.75 Abfolge der Tätigkeiten von Klara (S10.1A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Klara überblickt die eigene Zeichnung nur für drei Sekunden ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{MZ}} M = 10.8, SD = 7.8$), ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Alle anderen Schülerinnen und Schüler nehmen sich dafür mehr Zeit. Klara verwirft außerdem an keiner Stelle gezeichnete Strukturen und lässt sich auch nicht von der Aufgabenbearbeitung ablenken. Abbildung A10.77 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Für die Beschriftung der eigenen Zeichnung benötigt sie innerhalb des Kontexts mit zweieinhalb Minuten am längsten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 153 \text{ s}, M = 119.3, SD = 28.1$). Ihre Beschriftung ist hinsichtlich der Anzahl an Begriffen vollständig, allerdings grenzt die Beschriftungslinie der Mittellamelle nicht an die entsprechende Struktur. Abschließende inhaltliche Korrekturen nimmt die Schülerin keine vor.

Beurteilung | Klaras mikroskopische Zeichnung erzielt mit 29 von 36 Punkten (80.6%, $M = 57.0, SD = 18.7$) innerhalb des Kontexts den höchsten Wert bei der kriterialen Beurteilung. Setzt man dieses Ergebnis in Relation zur Bearbeitungsdauer ergibt sich mit 7.3 Punkten pro Minute ($M = 4.7, SD = 1.5$) zugleich der höchste Leistungswert innerhalb des Kontexts.

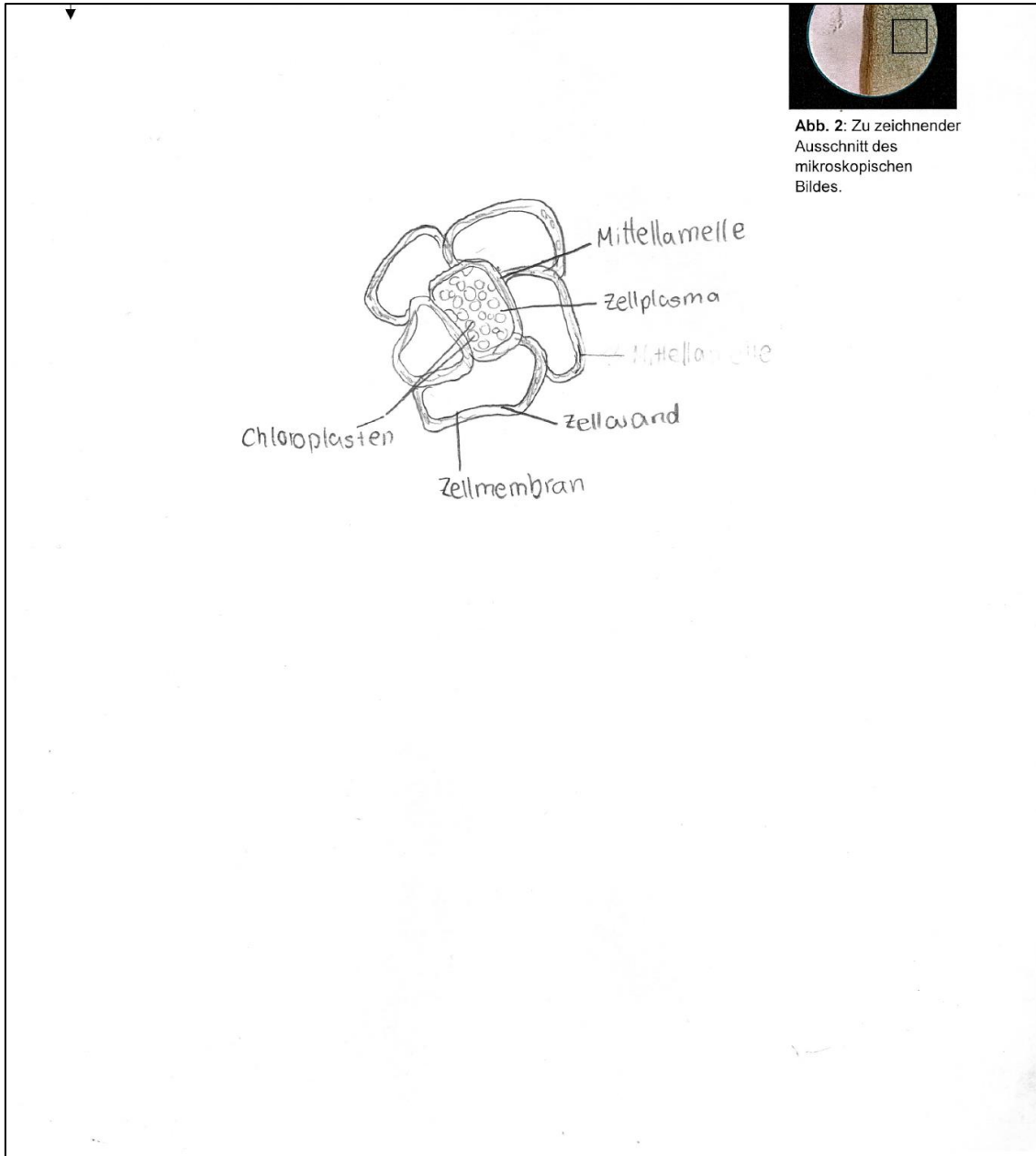


Abbildung A10.76 Zeichnung von Klara (S10.1A) zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes*

Retrospektion | Während der Selbsteinschätzungsaussagen verdeutlicht Klara, dass ihr das Zeichnen dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen und eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen. Auch schätzt sie ein, dass sie beim Lesen bei der Sache war und beim Zeichnen eher bei der Sache war.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Die Schülerin stellt die in der Aufgabenstellung vorgegebene Anzahl an Zellen dar. Bei der Wahl des Bildausschnitts orientiert sie sich nur grob an den im Mikroskop zu sehenden Zellformen:

„Ich habe gar keinen Ausschnitt gewählt, ich habe einfach ungefähr geschaut, wie die aussehen.“ (S10.1A, b20).

Insgesamt hätte ihre Zeichnung größer ausfallen können, sodass sich die einzelnen Strukturen deutlicher unterscheiden lassen. An einigen Stellen ihrer Zeichnung überschneiden sich Linien oder enden undeutlich.

Trotz der im Vorfeld berichteten hohen Anzahl an Situationen, in denen Klara mikroskopische Präparate betrachtet und gezeichnet hat, ist sie nur mit wenigen zeichnerischen Konventionen vertraut. Diese Unkenntnis wirkt sich auf die Darstellung der Strukturen aus. So sind einige Zellen nicht geschlossen dargestellt. Auch grenzen die Zellen nicht auf natürliche Weise aneinander, sondern überlappen in ihrer Darstellung, sodass Abschnitte einzelner Zellen keine Zellwand besitzen. Im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen bestätigt sich diese Beobachtung. Auf die Frage, was ihr beim Zeichnen schwer fiel, verdeutlicht sie:

„Darzustellen, wie die Zellen aneinander liegen, weil man das im Mikroskop auch nicht zu 100% gesehen hat. Deswegen habe ich das schraffiert, dass es nicht so aussieht wie eine Mauer, sondern dass es zusammengehört.“ (S10.1A, b18).

Entsprechend der Aufgabenstellung zeichnet sie die Chloroplasten nur in einer einzigen Zelle ein. Allerdings geht die Anzahl der Chloroplasten über ein veranschaulichendes Maß hinaus. Einige der Chloroplasten können daher als redundante Strukturen eingestuft werden. Weiterhin grenzt im Falle der Mittellamelle, wie zuvor deutlich wurde, die Beschriftungslinie nicht an die zu bezeichnende Struktur. Ebenso schraffiert Klara die Zellwände und begründet dies während des lauten Denkens:

„Ich schraffiere das [gemeint ist die Zellwand] jetzt noch, damit erkennbar ist, dass es eigentlich kleben soll, mehr oder weniger.“ (S10.1A, b3).

Aus ihren Antworten auf die Fragen, was ihr hätte besser gelingen können und was sie beim nächsten Mal anders machen würde, wird deutlich, dass sie sich eine Hilfestellung zur Darstellung der zu sehenden Strukturen gewünscht hätte:

„Ja, wahrscheinlich die Darstellung von der Zellwand und der Membran, damit man dort einen Unterschied sieht.“ [E: Hast du eine Idee, wie man das hätte darstellen können?] „Ich weiß jetzt nicht. Auf dem Bild sieht man das auch nicht so ganz gut. Vielleicht, wenn ich es vorher gewusst hätte, hätte ich eher darauf geachtet. [...] Wenn ich die beschriftete Abbildung schon vorher hätte, wüsste ich, was es gibt.“ (S10.1A, b23-25, b27).

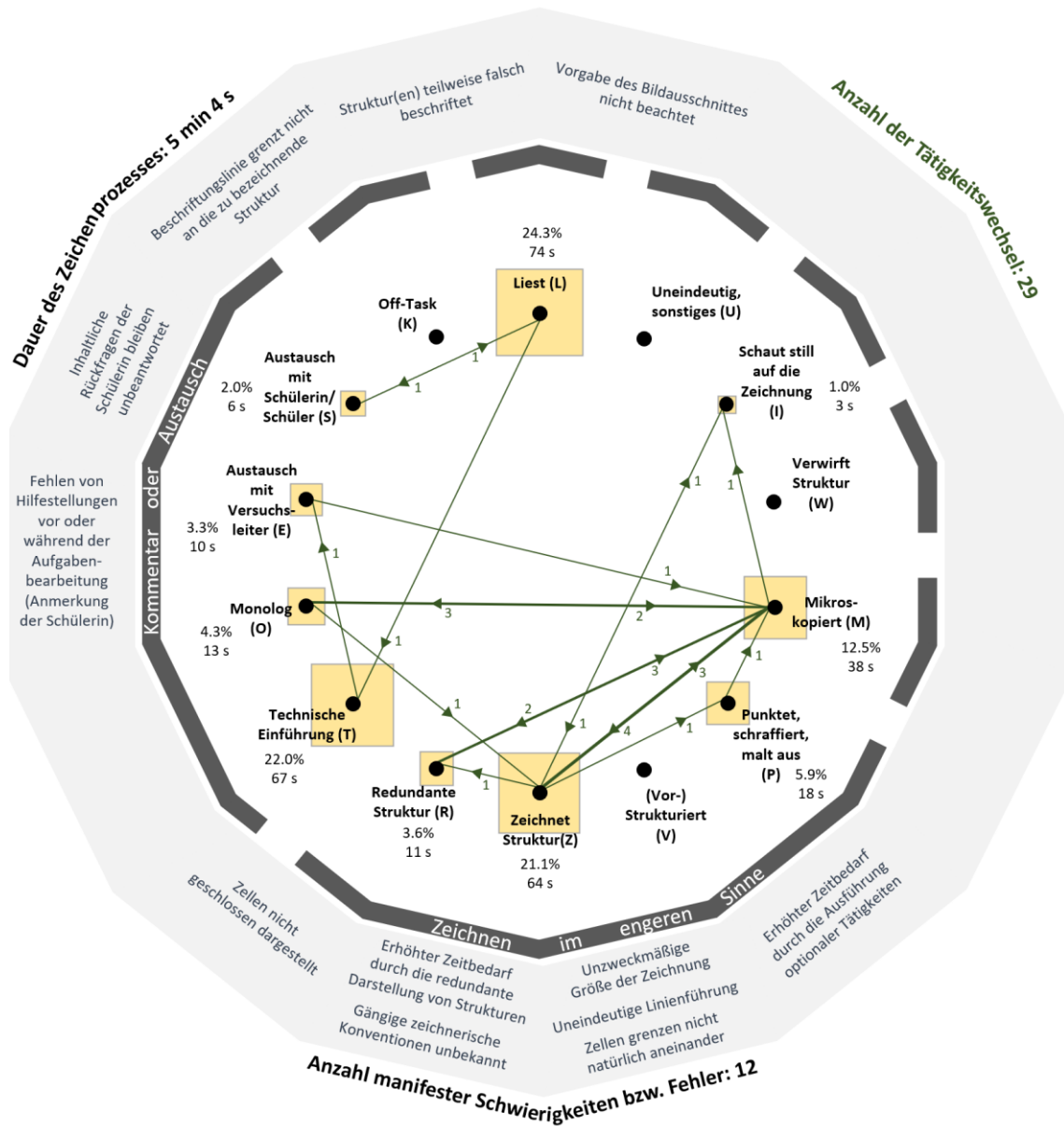


Abbildung A10.77 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Klara (S10.1A)

Anhang 10.15 Paul – S10.1B

Basisinformationen | Paul hatte in Biologie im letzten Zeugnis die Note Zwei. Er ist sich nicht mehr sicher, ob er in Kunst die Note Zwei oder Drei hatte. Er erreicht beim LGVT mit der gezeigten Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 51 ($M = 37.0$, $SD = 17.3$). Nach Schneider et al. (2007) lässt sich dieser Wert dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) zuordnen. Die Lesegeschwindigkeit des Schülers entspricht einem PR-Wert von 34 ($M = 32.5$, $SD = 21.1$). Nach Schneider et al. (2007) lässt sich dieser Wert im unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) verorten. Im Biologieunterricht zeichnet Paul eher gerne, außerhalb des Biologieunterrichts eher nicht gerne.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Vor Beginn des Zeichnens nennt Paul nur eine relevante kontextbezogene Information ($M = 1.8$, $SD = 0.4$). Seine fachliche Vorerfahrung ist insgesamt als gering einzustufen. Bezogen auf die Überführung von Textinhalten in grafische Darstellungsformen konnte er bereits einige Erfahrungen sammeln:

„In Biologie, dieses Halbjahr jetzt wieder, zweimal mindestens. Und wenn man es einmal macht, bekommt man schnell den Bogen raus und dann ist es auch leicht. [...] Beim Wundverschluss. Das andere ist mir gerade entfallen.“ (S10.1B, a59, a61).

Tätigkeitsanalyse | Pauls Vorgehen bei der Bearbeitung der ersten Aufgabe lässt sich durch die Abfolge von 119 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 160.0$, $SD = 38.5$) beschreiben (Abb. A10.78). Insgesamt benötigt er zur Bearbeitung der Aufgabe 14 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 845$ s, $M = 1014.3$, $SD = 218.2$). Davon entfallen sechs Minuten auf das Lesen des Einführungstexts im Vorfeld ($T_Liest_vorab_{AD} = 357$ s, $M = 273.5$, $SD = 56.3$) und etwas mehr als eineinhalb Minuten auf das wiederholte Lesen einzelner Absätze ($T_Liest_während_{AD} = 102$ s, $M = 173.0$, $SD = 61.4$). Mit insgesamt 30-mal blickt Paul innerhalb des Kontexts von allen Schülerinnen und Schülern am wenigsten auf den Text ($AH_Liest_gesamt_{AD}$ $M = 48.0$, $SD = 17.4$). Auch benötigt Paul innerhalb des Kontexts mit fünf Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 302$ s, $M = 396.0$, $SD = 83.7$) am kürzesten, um die Textinformationen in 53 Schritten in das Schaubild (Abb. A10.79) zu übertragen, wobei der größte Anteil davon auf das Notieren der Textinformationen entfällt ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD} = 284$ s, $M = 363.5$, $SD = 76.0$). Für die Darstellung der Relationen zwischen den Textinformationen mit Hilfe von Pfeilen benötigt er 18 Sekunden ($T_Explizite_Relation_{AD}$ $M = 32.5$, $SD = 20.9$). Paul nimmt sich während der Konstruktion seiner Zeichnung insgesamt

eine halbe Minute lang Zeit ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{AD}} = 32 \text{ s}$, $M = 56.3$, $SD = 30.3$), um die eigene Zeichnung 21-mal still zu überblicken. Er verwirft an vier Stellen Inhalte seines Schaubilds. Für die geringfügigen Korrekturen benötigt er nicht länger als sieben Sekunden ($T_{\text{Verwirft_Struktur}_{AD}} M = 13.5$, $SD = 7.8$). Der Schüler lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($AH_{\text{Off-task-Aktivität}_{AD}} = 0$). Abbildung A10.80 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

Beurteilung | Paul erreicht bei der kriterialen Beurteilung seiner Zeichnung 18 von 24 Punkten (75%, $M = 81.3$, $SD = 8.6$). Sein Schaubild zeigt 13 von 16 Elementen (81.3%, $M = 79.7$, $SD = 9.3$) und 12 von 15 Relationen (80.0%, $M = 76.7$, $SD = 12.0$). Innerhalb des Kontexts stellt er mit 1.8 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 1.5$, $SD = 0.3$) die meisten relevanten Informationen pro Minute dar. Nimmt man dahingegen die kriteriale Bewertung als Grundlage, so ergibt sich in Abhängigkeit zur Zeit ein Wert von 1.3 Punkten pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.4$). Innerhalb des Kontexts stellt letzteres das zweitbeste Ergebnis dar. Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Pauls Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

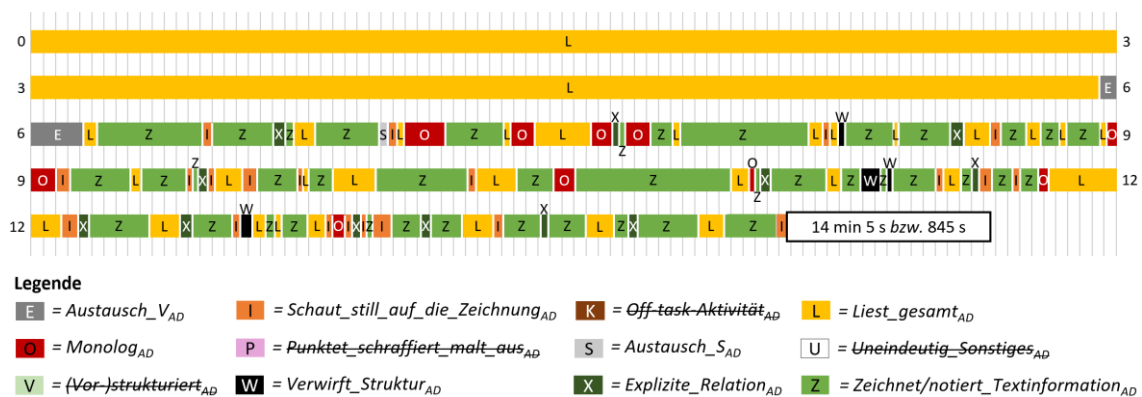


Abbildung A10.78 Abfolge der Tätigkeiten von Paul (S10.1B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Retrospektion | Im Zuge der Verständnisfragen erinnert Paul acht von 13 der aus der Textgrundlage übernommenen Elemente. Von den anderen drei im Text enthaltenen, aber nicht übernommenen relevanten Textinformationen, fällt ihm keine weitere ein. Paul gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihm das Schaubild einerseits dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, und andererseits, den Kontext zu verstehen. Den Mehrwert der Anfertigung eines Schaubilds verdeutlicht er im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich denke es ist sinnvoll, dass man sich es nochmal herschreibt. Man sagt ja auch so, durch Schreiben lernt mal nochmal besser. Und das ist ja auch so. Ich konnte es zumindest eine Minute später nochmal ungefähr aufsagen. Ich denke, es ist auch sinnvoll, wenn man später einen Lernzettel hat und nicht nochmal auf den Text gucken muss.“ (S10.1B, a52).

1. Übermäßiger Nahrungskonsum/zu viel Süß/Salz etc.
- ↳ 2. Energieaufnahme größer als Energieverbrauch
- ↳ 3. ein Teil d. Fettbestandteile wird nicht verarbeitet, lagert sich ~~ab~~ an den Innenwänden von Blutgefäßen ab (Plaques)
- ↳ 4. Folge: Verkürzungen + dauerhafte Entzündungen im Gefäßwand (verursacht durch Rauchen + erhöhter Blutdruck + Genetik)
- ↳ 5. Gewebe können sich dann bei körperlicher Belastung nicht mehr erweitern.
- ↳ 6. Durchleitungsstörungen (z.B.: Muskelschmerzen)
- ↳ 7. Plaques Platten → Verstopfen anderer Blutgefäße
- ↳ 8. Blutgerinnsel (Thrombus)
- ↳ 9. -Nah am Herz → Herzinfarkt
- Nah am Gehirn → Schlaganfall
- ↳ 10. Gewebe stirbt teilweise ab
(40% der Sterbefälle)

Abbildung A10.79 Zeichnung von Paul (S10.1B) zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Paul gibt außerdem an, dass er sowohl beim Lesen als auch bei der Bearbeitung der Aufgabe bei der Sache war. Er geht davon aus, dass ihm die Auswahl der relevanten Begriffe zudem nicht schwer fiel. Diese Einschätzung bekräftigt er mündlich:

„Schwer fiel mir nichts wirklich.“ (S10.1B, a54).

Trotz dieser Selbsteinschätzung übersieht er etwa 20% der im Text enthaltenen relevanten Elemente und Relationen. Auch die eigenen Schwierigkeiten bzw. Fehler bei der Darstellung der Textinformationen, vor allem hinsichtlich der unzweckmäßigen Strukturierung, erkennt er nicht. Den aus seiner Sicht nicht vorhandenen Verbesserungsbedarf an der eigenen Darstellung fasst er auf die Frage, was er beim nächsten Mal anders machen würde, selbstironisch wie folgt zusammen:

„Wenn ich einen Textmarker benutzen würde, würde ich auch nichts anders machen.“
(S10.1B, a57).

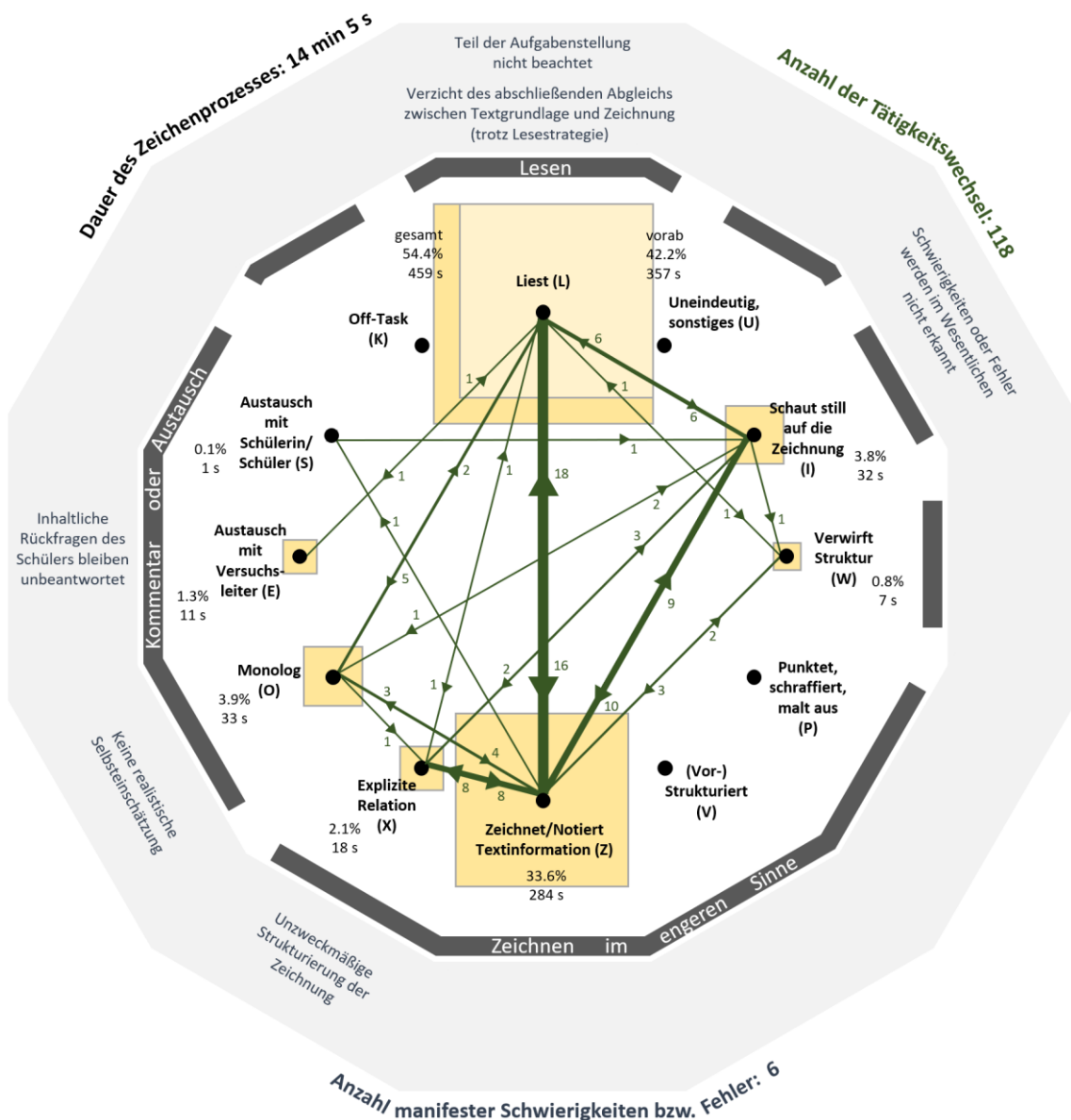


Abbildung A10.80 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Paul (S10.1B)

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Paul benutzt zur Erschließung der Textgrundlage Lesestrategien in Form von einfachen oder mehrfachen Unterstreichungen. Sein Vorgehen beschreibt er retrospektiv wie folgt:

„Ich habe den Text gelesen und die wichtigsten Wörter unterstrichen, die den Inhalt des Satzes sehr gut widerspiegeln, [...] sodass, wenn ich nochmal über den Text lese, nur noch diese Wörter lesen muss, um den Text zu verstehen. Dadurch habe ich leichter die Stichpunkte aufschreiben können.“ (S10.1B, a48).

Einige der relevanten Textinformationen, die Paul unterstreicht, stellt er wiederum nicht im Schaubild dar. Durch den fehlenden Abgleich am Ende der Aufgabenbearbeitung zwischen den Unterstreichungen in der Textgrundlage und den in das Schaubild übernommenen Informationen, vergisst Paul rund 20% der Inhalte darzustellen.

Wie zuvor berichtet, benötigt Paul innerhalb des Kontexts am wenigsten Zeit, um die Textinformationen auf das Zeichenblatt zu übertragen. Dies ist im Wesentlichen der linearen Darstellung der Textinhalte geschuldet. Die Formulierung der Stichpunkte verbleibt nahe an der originalen Formulierung der Textgrundlage. Seine Darstellung gleicht damit eher einer schriftlichen Zusammenfassung mit Folgepfeilen als einem Schaubild, das Informationen in eine räumliche Anordnung bringt. Sein Vorgehen beschreibt er wie folgt:

„Ich habe die Reihenfolge des Texts beachtet und habe die unterschiedlichen Stichpunkte auf das Blatt nochmal neu aufgeschrieben, vielleicht etwas kürzer gefasst. Insgesamt habe ich mich an die Reihenfolge gehalten.“ (S10.1B, a50).

Die lineare Darstellung verhindert zugleich eine zweckmäßige Strukturierung der Textinformationen, die es erlauben würde, alle Relationen zwischen den Elementen (übersichtlich) abzubilden. Mit der linearen Darstellung der Textinformationen missachtet Paul die vorgegebene Aufgabenstellung (Anhang 4).

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Paul hat bislang erst einmal eine Zeichnung zu einem mikroskopischen Präparat angefertigt. Er hat dabei das Dauerpräparat einer Muskelzelle betrachtet und gezeichnet. Die Zeichnung wurde nicht bewertet. Er kann sich nicht daran erinnern, dass die Lehrkraft Regeln benannt hat, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Dennoch führt er die Verwendung von Bleistift und detailgetreues Zeichnen als zwei mögliche Kriterien an:

„[...] Regeln beim Zeichnen, da weiß ich nichts mehr. Ich denke mal, dass es einigermaßen detailgetreu sein soll, aber auch kein Kunstwerk oder so. [...] Mit Bleistift zeichnen, dass man es auch wieder wegradieren kann und neu zeichnen kann.“ (S10.1B, a15, a17).

Die von ihm geschilderten Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen fallen gering aus. Paul nennt lediglich die Begriffe Zellwand und Zellplasma. Die Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen kann er nicht benennen. Die von ihm im Zuge des Zeichen-Tests dargestellten pflanzlichen Zellen entsprechen nicht der gängigen Darstellung pflanzlicher Zellen und grenzen nicht, wie in der Aufgabenstellung gefordert, aneinander. Er beschriftet nur den Begriff Zellwand. Alle Zellen sind nicht geschlossen dargestellt. Für seine Darstellung erhält er 17 von 36 Punkten (47.2%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$). Innerhalb der Altersgruppe stellt dies den niedrigsten Wert dar. Die eigene Unsicherheit während der Aufgabenbearbeitung bringt er auch mündlich zum Ausdruck:

„Ich bin mir nicht sicher, ob das wirklich eine Zelle ist. Ich weiß es nicht mehr. [...] Mehr fällt mir eigentlich nicht mehr ein.“ (S10.1B, a29).

Die Darstellung der tierischen Zellen ergänzt er mit der Beschriftung Zellkern und fälschlicherweise auch mit Zellwand. Das unbeschriftete Zellplasma punktet er. Seine Zeichnung fällt insgesamt sehr klein aus. Für die Zeichnung tierischer Zellen erhält er ebenfalls 17 von 36 Punkten (47.2%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$).

Tätigkeitsanalyse | Pauls Vorgehen bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung kann während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 19 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 32.8$, $SD = 11.6$) beschrieben werden (Abb. A10.81). Innerhalb des Kontexts zeichnet er mit rund drei Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 187$ s, $M = 266.5$, $SD = 73.9$) am kürzesten. Von der Bearbeitungsdauer entfällt mehr als die Hälfte der Zeit, nämlich 96 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 81.8$, $SD = 11.2$), auf das Lesen des Einführungstexts und der Aufgabenstellung. Der Schüler mikroskopiert sechsmal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 8.3$, $SD = 3.5$) für insgesamt nur 40 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 50.3$, $SD = 21.9$). Auf Grund des seltenen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Pauls Zeichnung dem oberflächlich abbildenden Typ I zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Innerhalb des Kontexts zeichnet er mit 36 Sekunden ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ}$ $M = 89.0$, $SD = 39.2$) von allen Teilnehmenden im geringsten Umfang. Hiervon entfallen zudem sieben Sekunden ($T_Redundante_Struktur_{MZ}$ $M = 23.3$, $SD = 17.6$) auf das Darstellen redundanter Strukturen. Die eigene Zeichnung (Abb. A10.82) überblickt er still für fünf Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 10.8$, $SD = 7.8$), ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Paul verwirft an keiner Stelle bereits gezeichnete Strukturen und lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken. Abbildung A10.83 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

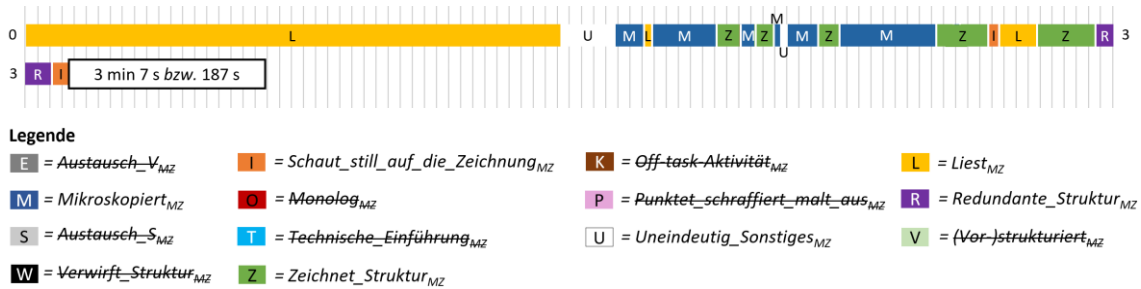


Abbildung A10.81 Abfolge der Tätigkeiten von Paul (S10.1B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Während der zweiten Aufgabenstellung benötigt Paul für die Beschriftung der Zeichnung etwas weniger als zwei Minuten ($T_{\text{Beschriftung_Korrektur}_{MZ}} = 111 \text{ s}$, $M = 119.3$, $SD = 28.1$). Die Beschriftung seiner Zeichnung ist hinsichtlich der Anzahl der Begriffe vollständig. Auf Grund der insgesamt sehr klein ausgefallenen Zeichnung ist zumindest die Beschriftung des Zellplasmas, der Zellmembran und der Mittellamelle nicht nachvollziehbar. Dies ist einerseits dadurch bedingt, dass man nicht erkennen kann, auf welche Strukturen die Beschriftungslinien zeigen und andererseits darauf, dass der Schüler strukturell nicht zwischen Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle unterscheidet.

Beurteilung | Mit seiner Zeichnung erzielt Paul innerhalb des Kontexts 11 von 36 Punkten (30.6%, $M = 57.0$, $SD = 18.7$). In Relation zur Bearbeitungsdauer ergeben sich 3.5 Punkte pro Minute ($M = 4.7$, $SD = 1.5$). Beide Werte stellen innerhalb des Kontexts den jeweils niedrigsten Wert dar.

Retrospektion | Paul gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihm das Zeichnen geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, aber eher nicht dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Er gibt auch an, dass er beim Lesen und beim Zeichnen bei der Sache war.

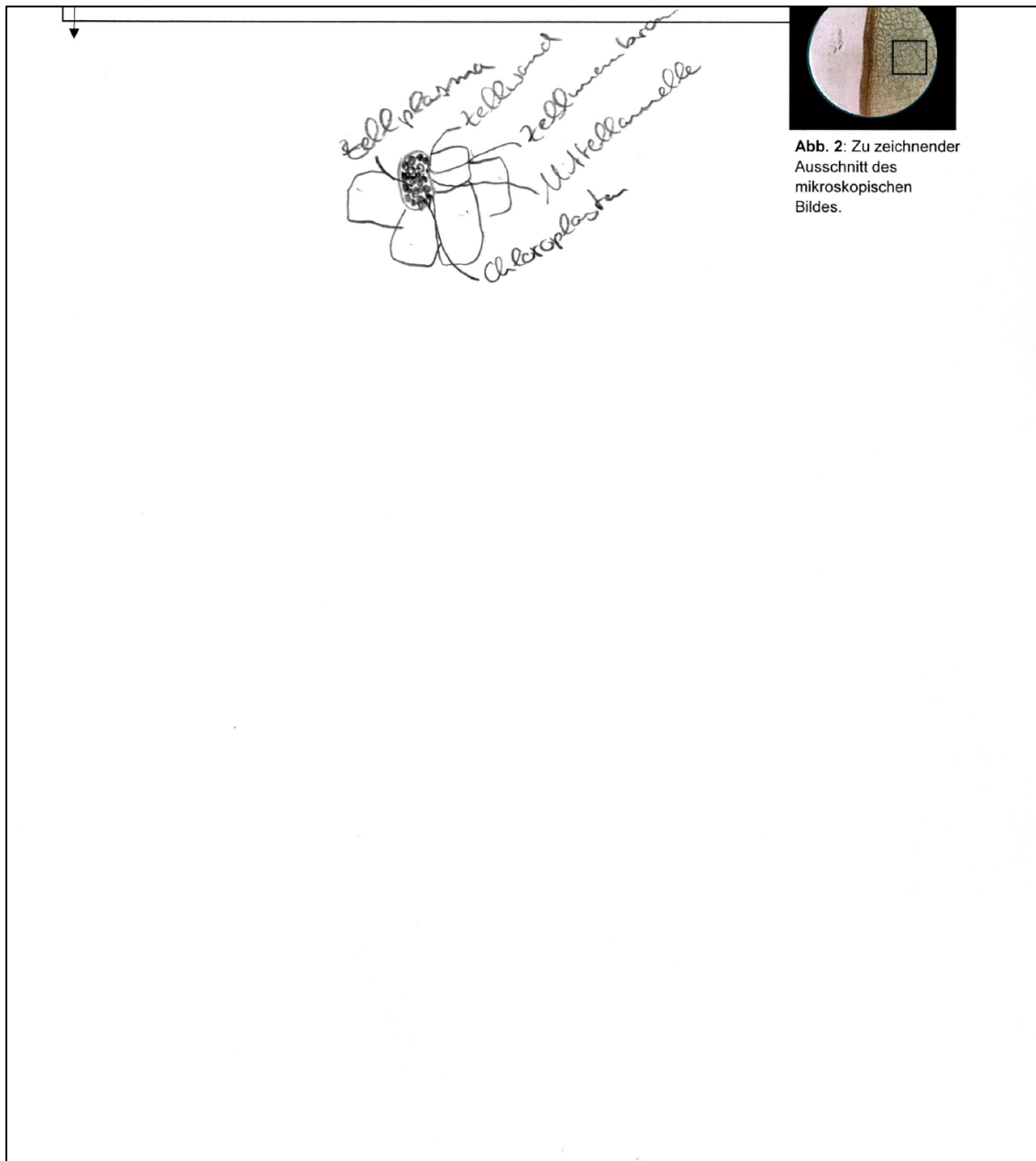


Abbildung A10.82 Zeichnung von Paul (S10.1B) zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Paul zeichnet gemäß der Aufgabenstellung sechs aneinandergrenzende Zellen, blick dabei jedoch nur sehr unregelmäßig durch das Mikroskop. Die dargestellten Zellen entsprechen in ihrer Form und Lage nicht dem vorgegebenen Bildausschnitt. Die fehlende Vertrautheit mit gängigen zeichnerischen Konventionen schmälert zudem die fachliche Korrektheit der Darstellung. Dabei grenzen die Zellen nicht auf natürliche Weise aneinander und die gesamte Darstellung zeigt keine angemessene Abstraktion des mikroskopischen Präparats. Pauls Linienführung ist stellenweise uneindeutig. An einigen Stellen überschneiden sich Linien. Einzelne Zellen sind nicht geschlossen dargestellt. Im Zuge der zweiten Aufgabenstellung erkennt Paul im Abgleich mit der Vorlage:

„[...] so genau habe ich das nicht gezeichnet.“ (S10.1B, b6).

Zum Abschluss des Zeichnens merkt der Schüler an, dass seine Zeichnung zu klein ausgefallen ist. Auf Grund der Größe der Zeichnung lassen sich manche Strukturen schwer voneinander abgrenzen:

„Ich denke, das war es. Ist ein bisschen klein geworden.“ (S10.1B, b3).

Die geringe Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher Zellen beeinflusst ebenso die Darstellung des Gesehenen. Beispielsweise erkennt Paul erst im Zuge der zweiten Aufgabenstellung nach dem Abgleich mit der Vorlage, dass sich im Zellinneren nicht nur Chloroplasten, sondern ebenso Zellplasma befindet. Im Zuge der Verständnisfragen wird ihm bewusst, dass er mehr Chloroplasten abgebildet hat, als zur Veranschaulichung notwendig gewesen wären:

„Bei den Chloroplasten habe ich relativ viele eingezeichnet. Mir ist auch nicht aufgefallen, dass da zwischendrin noch etwas anderes ist wie Chloroplasten. Das Zellplasma habe ich nicht gesehen. Ich habe einfach nur das gezeichnet, was ich gesehen habe.“ (S10.1B, b9).

Die von ihm eingezeichneten Chloroplasten erscheinen in der eingescannten Zeichnung ausgemalt. Tatsächlich hat er die „wie kleine Perlen“ (S10.1B, b3) aussehenden Strukturen durch festes Aufdrücken des Bleistifts generiert. Die Differenzierung zwischen der Zellwand, der Zellmembran und der Mittellamelle erachtet der Schüler wiederum nicht als bedeutsam:

„Ich habe eigentlich versucht, das aus dem Mikroskop zu zeichnen. Ich habe nicht darauf geachtet, zum Beispiel bei der Mittellamelle, es detailgetreu zu zeichnen, dass es dick ist und nicht nur so ein Strich. Für mich war die Zellwand nicht so wichtig.“ (S10.1B, b9).

Die zuvor angeführten Beispiele zeigen, dass Paul einige der eigenen Fehler bzw. Schwierigkeiten selbstständig erkennt. Bei den mündlichen Reflexionsfragen gibt er jedoch an, dass ihm nichts wirklich schwergefallen ist. Auf die Frage, was er beim nächsten Mal anders machen würde, betont er abschließend, dass er länger und aufmerksamer das Präparat betrachten müsse.

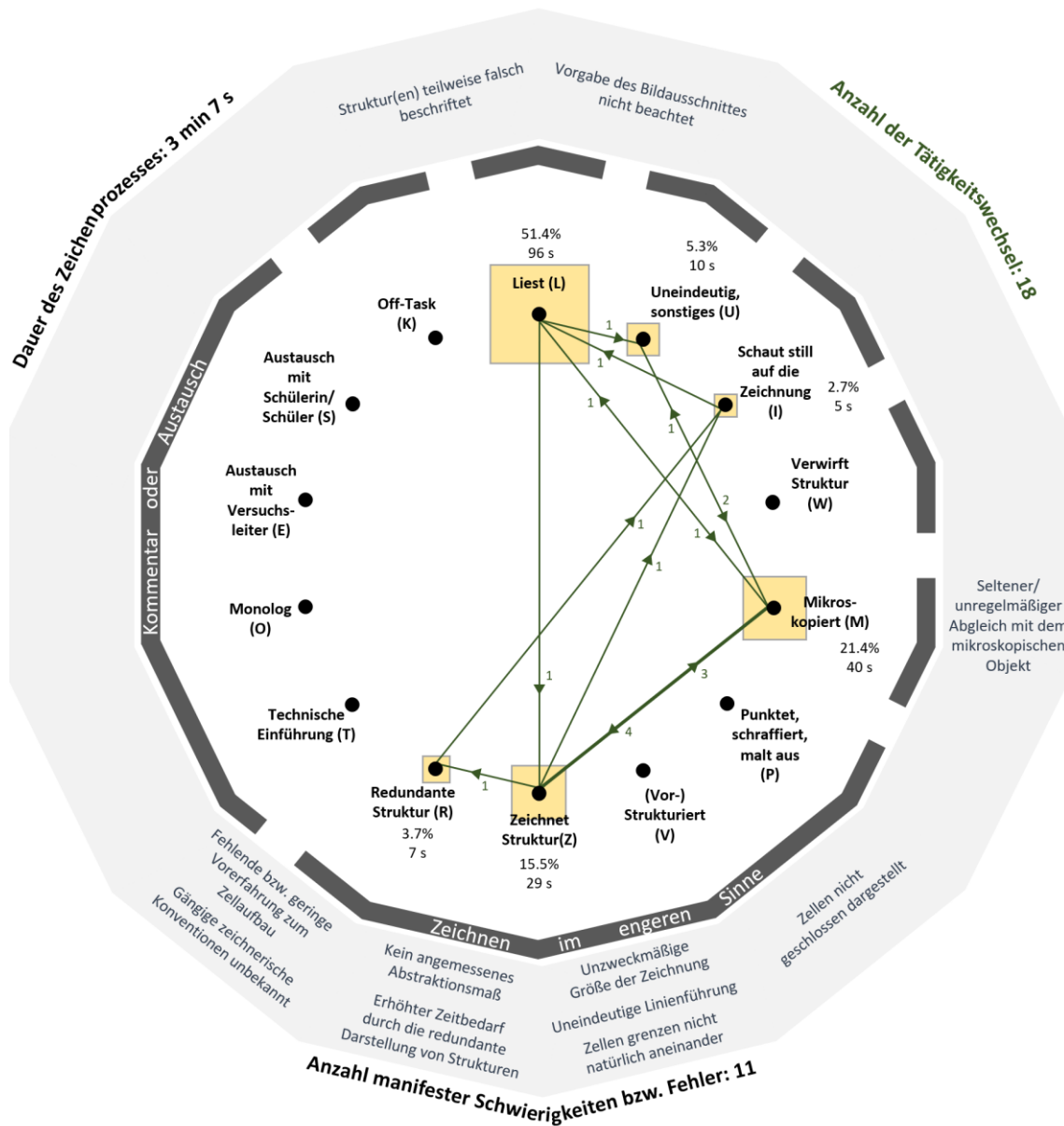


Abbildung A10.83 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Paul (S10.1B)

Anhang 10.16 Carolin – S10.1C

Basisinformationen | Carolin hatte in Kunst zuletzt die Note Zwei im Zeugnis. Sie ist sich unsicher, ob sie in Biologie die Note Eins oder Zwei hatte. Beim LGVT erzielt die von ihr gezeigte Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 47 ($M = 37.0, SD = 17.3$). Mit ihrem Leseverständnis erreicht sie einen PR-Wert von 34 ($M = 32.5, SD = 21.1$). Beide Werte entsprechen nach Schneider et al. (2007) dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50). Carolin gibt an, dass sie im Biologieunterricht gerne zeichnet, wohingegen sie außerhalb des Biologieunterrichts eher nicht gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Vor dem Beginn der Zeichenaufgabe ist Carolin in der Lage, zwei kontextrelevante Informationen zu nennen. Ihre fachlichen Vorerfahrungen sind als gering einzustufen. In der Vergangenheit hat sie sowohl in Biologie als auch in anderen Fächern Berührungspunkte mit Ablaufdiagrammen oder ähnlichen Repräsentationstypen gesammelt:

„Ziemlich oft eigentlich in Biologie und Physik. [...] In Biologie hatten wir den Wundverschluss, zur Nahrungskette, also zur Nahrungsaufnahme auch etwas. In Physik war es ein Energieflussdiagramm.“ (S10.1C, b26, b28).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen der Schülerin bei der Bearbeitung der Aufgabe lässt sich in Form einer Abfolge von 125 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 160.0, SD = 38.5$) darstellen (Abb. A10.84). Innerhalb des Kontexts benötigt sie mit zwölfteinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 753\text{ s}, M = 1014.3, SD = 218.2$) am wenigsten Zeit, um das Schaubild anzufertigen (Abb. A10.85). Von dieser Gesamtdauer liest sie etwas mehr als fünfeinhalb Minuten lang die Textgrundlage ($T_Liest_gesamt_{AD} = 335\text{ s}, M = 446.5, SD = 66.8$). Davon entfallen 211 Sekunden ($M = 273.5, SD = 56.3$) auf das Lesen der Textgrundlage im Vorfeld sowie 124 Sekunden ($M = 173.0, SD = 61.4$) auf das abschnittsweise Lesen des Texts parallel zur Anfertigung des Schaubilds. Während der gesamten Bearbeitungsdauer blickt sie 32-mal ($AH_Liest_gesamt_{AD} M = 48.0, SD = 17.4$) auf den Text bzw. die Aufgabenstellung. Mit der Darstellung der Textinformationen im Schaubild beschäftigt sich Carolin mit etwa fünfeinhalb Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 324\text{ s}, M = 396.0, SD = 83.7$) ähnlich lange wie mit dem Lesen der Textgrundlage. Sie benötigt eine halbe Minute ($T_Explizite_Relation_{AD} = 31\text{ s}, M = 32.5, SD = 20.9$), um die Pfeile zwischen den notierten Textinformationen einzuzeichnen. Innerhalb des Kontexts geht sie der Darstellung von Textinformationen mit 51-facher Tätigkeitsausübung in geringster Häufigkeit nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 63.0, SD = 11.8$). Außerdem nimmt sich Carolin innerhalb des Kontexts am wenigsten Zeit, um die eigene

Zeichnung still zu überblicken ($T_{\text{Schaut_still_auf_die_Zeichnung}_{AD}} = 25 \text{ s}$, $M = 56.3$, $SD = 30.3$). In zwei Fällen verwirft sie bereits gezeichnete Strukturen. Dafür benötigt sie nur fünf Sekunden ($T_{\text{Verwirft_Struktur}_{AD}} M = 13.5$, $SD = 7.8$). Carolin lässt sich während der Bearbeitung der Aufgabenstellung an keiner Stelle ablenken ($AH_{\text{Off-task-Aktivität}_{AD}} = 0$). Von allen Schülerinnen und Schülern befindet sie sich im geringsten Umfang im Austausch mit dem Versuchsleiter ($T_{\text{Austausch}_{S_{AD}}} = 2 \text{ s}$, $M = 5.0$, $SD = 4.7$, $T_{\text{Austausch}_{V_{AD}}} = 0 \text{ s}$, $M = 10.8$, $SD = 6.5$). Abbildung A10.86 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

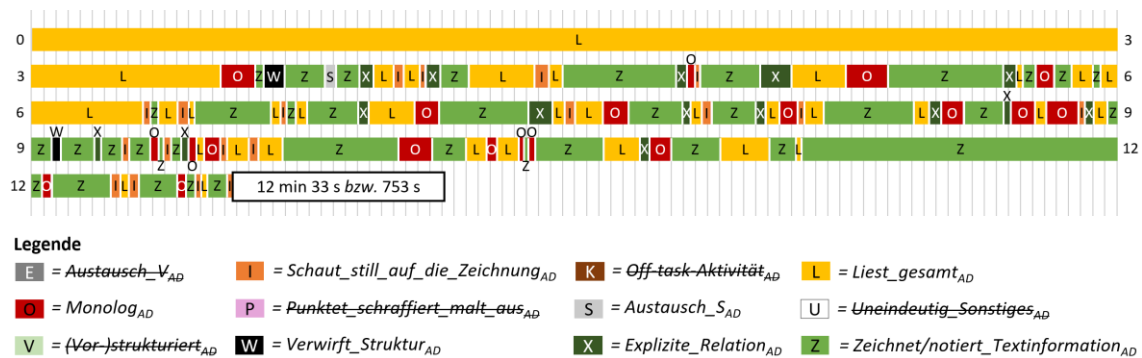


Abbildung A10.84 Abfolge der Tätigkeiten von Carolin (S10.1C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Carolin erlangt bei der kriterialen Beurteilung für ihre Zeichnung 22 von 24 Punkten (91.7%, $M = 81.3$, $SD = 8.6$). Dies stellt innerhalb des Kontexts die höchste Gesamtpunktzahl dar. Im direkten Vergleich zu den anderen Teilnehmenden, die den Kontext bearbeitet haben, übernimmt ihre Darstellung die wenigsten Elemente und Relationen aus dem Text. Sie stellt 11 von 16 Elementen (68.8%, $M = 79.7$, $SD = 9.3$) und 9 von 15 Relationen (60.0%, $M = 76.7$, $SD = 12.0$) dar. Setzt man die im Schaubild dargestellten Inhalte in Beziehung zur dafür benötigten Zeit, ergibt sich mit 1.6 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 1.5$, $SD = 0.3$) eine überdurchschnittliche Leistung. Bezogen auf die kriteriale Beurteilung erreicht Carolin mit 1.8 Punkten pro Minute ($M = 1.2$, $SD = 0.4$) den höchsten Wert innerhalb des Kontexts. Auf Grund der überwiegend deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Carolins Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Nach Abschluss des Zeichnens kann Carolin sich an sechs der elf gezeichneten Elemente erinnern. Von den fünf weiteren im Text enthaltenen, aber nicht gezeichneten relevanten Textinformationen nennt sie keine. Sie gibt bei den Selbsteinschät-

zungsaussagen an, dass ihr das Schaubild einerseits geholfen hat, einen Überblick über den Kontext zu erlangen und andererseits diesen zu verstehen. Die in diesem Zusammenhang abgegebene Einschätzung bestätigt die Schülerin auch im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen, die nach Abschluss des Zeichnens gestellt wurden:

„Ich denke schon, dass es hilfreich ist, weil man die Informationen nochmal auf einen Blick sieht. In einem Text ist es ja nicht ganz übersichtlich. Auch die Zeichnung nochmal selbst zu machen, das einfach nochmal zu wiederholen, war hilfreich.“ (S10.1C, b17).

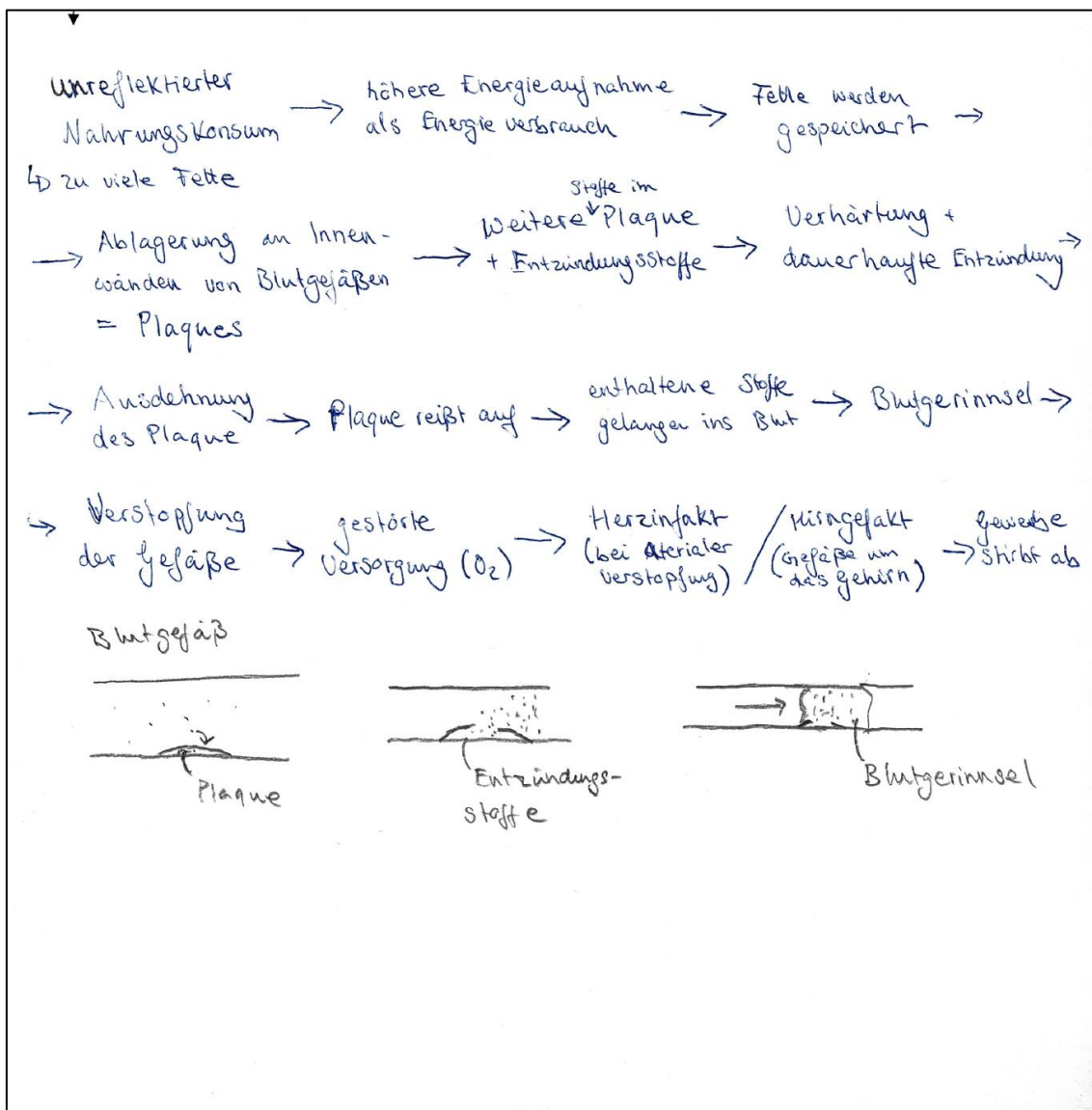


Abbildung A10.85 Zeichnung von Carolin (S10.1C) zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Carolin gibt außerdem an, dass sie sowohl beim Lesen des Texts als auch bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung bei der Sache war. Laut eigener Einschätzung fiel ihr die Auswahl relevanter Begriffe aus der Textgrundlage eher nicht schwer. Die Frage, ob ihr etwas

geschaffen, wo die Information steht, die ich brauche. Im oberen Teil war so eine Art Einleitung und im unteren Teil standen die Fachbegriffe.“ (S10.1C, b13).

Im Video wird deutlich, dass sich Carolin auf Grund der fehlenden visuellen Ankerpunkte wiederholt im Text orientieren muss, um einzelne Begriff bzw. Inhalte wiederzufinden, bevor sie diese im Anschluss in ihr Schaubild übernehmen kann. Einen abschließenden Abgleich zwischen den in der eigenen Zeichnung dargestellten Inhalten und der Textgrundlage nimmt sie nicht vor. Sie übersieht mehr als ein Drittel der potenziell für das Schaubild relevanten Textinformationen.

Die Schülerin notiert die aus der Textgrundlage entnommenen Informationen zeilenweise linear von links nach rechts, ohne die im Text beschriebenen übergreifenden Relationen deutlich zu machen. Auf ihrem Arbeitsblatt stellt sie zudem im unteren Abschnitt die Bildung und das Aufplatzen einer Plaque sowie die Entstehung eines Blutgerinnsels realistisch dar. Die drei Teilzeichnungen sind inhaltlich redundant zu der oberen Darstellung auf dem Arbeitsblatt, die auf Textbausteine und Pfeile zurückgreift.

Die Frage, was ihr hätte besser gelingen können, beantwortet die Schülerin abschließend knapp und eher allgemein gehalten:

„Die Zeichnung vielleicht detaillierter anfertigen. Da waren zum Beispiel keine Erythrozyten drin. [...] Genauer zeichnen.“ (S10.1C, b22, b24).

Mikroskopische Zeichnung

Die Fallbeschreibung zur Konstruktion des Ablaufdiagramms befindet sich in Unterkapitel 9.5.4.

Anhang 10.17 Leah – S10.1D

Basisinformationen | Leah hatte in Biologie zuletzt die Note Drei im Zeugnis. Sie ist sich nicht mehr sicher, ob sie in Kunst die Note Zwei oder Drei hatte. Die im LGVT gezeigte Lesegeschwindigkeit resultiert in einem PR-Wert von 15 ($M = 37.0, SD = 17.3$). Die hinsichtlich des Leseverständnisses gezeigte Leistung entspricht ebenso einem PR-Wert von 15 ($M = 32.5, SD = 21.1$). Diese Werte entsprechen nach Schneider et al. (2007) einer unterdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 11-25). Die Schülerin gibt an, weder im Biologieunterricht noch außerhalb des Biologieunterrichts gerne zu zeichnen.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Leah kann im Vorfeld zwei kontextrelevante Informationen benennen. Ihre Vorerfahrung zum Kontext ist inhaltlich als gering einzustufen. Auf Rückfrage verdeutlicht Leah, dass sie bislang wenig Erfahrung mit der Darstellung von Textinformationen gesammelt hat:

„Es wurde nicht so oft von uns verlangt. Manchmal bekommt man zwar Seiten auf, die man lesen soll, aber dann nochmal das Wichtigste rauszuschreiben, wird uns dann überlassen.“ (S10.1D, b26).

Tätigkeitsanalyse | Leahs Vorgehen bei der Aufgabenbearbeitung setzt sich aus einer Abfolge von 190 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 160.0, SD = 38.5$) zusammen (Abb. A10.87). Insgesamt benötigt sie 20 Minuten, bis die Zeichnung (Abb. A10.88) ihrer Auffassung nach fertig ist ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 1208$ s, $M = 1014.3, SD = 218.2$). Die Schülerin beschäftigt sich innerhalb des Kontexts mit mehr als achteinhalb Minuten ($T_Liest_gesamt_{AD} = 509$ s, $M = 446.5, SD = 66.8$) am längsten mit der Textgrundlage. Davon entfallen knapp fünf Minuten auf das Lesen des Texts im Vorfeld ($T_Liest_vorab_{AD} = 291$ s, $M = 273.5, SD = 56.3$) sowie etwas mehr als dreieinhalb Minuten auf das abschnittsweise Lesen einzelner Absätze während des Zeichnens ($T_Liest_während_{AD} = 218$ s, $M = 173.0, SD = 61.4$). Insgesamt schaut Leah 60-mal auf die Textgrundlage und vereinzelt auf die Aufgabenstellung ($AH_Liest_gesamt_{AD} M = 48.0, SD = 17.4$). Mit der Darstellung der Textinformationen auf dem Zeichenblatt beschäftigt sie sich mit etwa acht Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 469$ s, $M = 396.0, SD = 83.7$) ähnlich lange wie mit dem Lesen. Davon entfallen 455 Sekunden auf das Notieren der Textinformationen ($M = 363.5, SD = 76.0$) und nur 14 Sekunden auf das Darstellen von Pfeilen ($T_Explizite_Relation_{AD} M = 32.5, SD = 20.9$). Leah geht der Abbildung von Textinformationen während der Aufgabenbearbeitung 60-mal nach. Die eigene Darstellung überblickt sie 27-mal still und nimmt sich dafür innerhalb des Kontexts mit 101 Sekunden am längsten Zeit ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} M = 56.3, SD = 30.3$). Auch verwirft sie

innerhalb des Kontexts am häufigsten ($AH_Verwirft_Struktur_{AD} = 9, M = 5.0, SD = 2.5$) und am längsten ($T_Verwirft_Struktur_{AD} = 24\text{ s}, M = 13.5, SD = 7.8$) einige der Begriffe ihres Schaubilds. Sie lässt sich an zwei Stellen für wenige Sekunden von der Aufgabenbearbeitung ablenken ($T_Off-task-Aktivität_{AD} = 3\text{ s}$). Abbildung A10.89 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

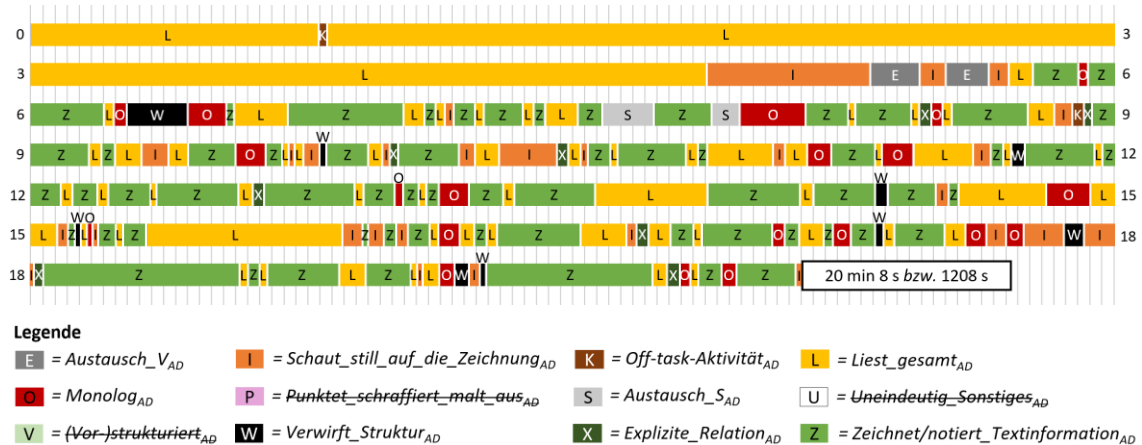


Abbildung A10.87 Abfolge der Tätigkeiten von Leah (S10.1D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Leah erreicht bei der kriterialen Beurteilung ihrer Zeichnung innerhalb des Kontexts mit 17 von 24 Punkten (70.8%, $M = 81.3, SD = 8.6$) den geringsten Wert. In ihr Schaubild übernimmt sie 12 von 16 Elementen (75.0%, $M = 79.7, SD = 9.3$) und 11 von 15 Relationen (73.3%, $M = 76.7, SD = 12.0$) der Textgrundlage. Betrachtet man das Ergebnis der Schülerin im Zusammenhang mit der dafür benötigten Zeit, ergeben sich inhaltsbezogen 1.1 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.5, SD = 0.3$) sowie in Bezug zur kriterialen Beurteilung 0.8 Punkte pro Minute ($M = 1.2, SD = 0.4$). Beide Leistungen stellen innerhalb des Kontexts die jeweils schwächste Leistung dar. Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Leahs Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Bei den unmittelbar nach der Bearbeitung der Aufgabenstellung gestellten Verständnisfragen kann Leah noch sieben von zwölf der aus der Textgrundlage übernommenen Elemente benennen. Sie nennt darüber hinaus keine weitere der vier möglichen im Text enthaltenen relevanten Informationen, die im Schaubild unberücksichtigt geblieben sind. Am Ende des Interviews merkt die Schülerin an:

„[...] ich bin katastrophal, was Zeichnen angeht. Es ist gar nicht mein Ding.“
(S10.1D, b35).

▼
Überschuss in Wohlstandsgesellschaften

- überschüssiger Nahrungskonsum führt zu gesundheitlichen Risiken
- Energieaufnahme oftmals größer als der Energieverbrauch
L> ~~über~~ führt zu Übergewicht
↓
Fette, Süßigkeiten usw.
- kann zu Diabetes ~~schwer~~ hohen Blutdruck -> schädigt Blutgefäße
L> fördert Kreislauf-Erkrankungen
- ^{wenn} Fettbestandteile wenn zu viele Fettbestandteile ins Blut gelangt, lagert sich ein Teil an den Innenwänden von Blutgefäßen ab
L> Ablagerungen nennt man Plaques
- Folge: Verhärtungen, dauerhafte ~~zu~~ Entzündungen in Gefäßwand
- Rauchen, genetische Veranlagungen ^{führen zu} ~~führen~~ die Schädigung bei
- ^{wenn} Plaque ausplatzt, kommt es zu einer Verstopfung des Blutgefäßes
L> daraufhin bildet sich ein Blutgerinnsel -> Thrombus
- Herz Blutgefäße am Herz
L> wenn sich diese Blutgefäße am Herz befinden, kommt es zum Herzinfarkt
- wenn sich die Blutgefäße ~~in Gehirn befinden~~ ^{in Gehirn befinden} die das Gehirn versorgen betreffen sind, kommt es zum Schlaganfall
L> stirbt ein Teil des Gewebes ab

Abbildung A10.88 Zeichnung von Leah (S10.1D) zum Kontext 10.1: Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Leah an, dass ihr das Schaubild geholfen hat, sowohl einen Überblick zu erlangen als auch den Kontext zu verstehen. Diese Einschätzung bestätigt sie auch im Verlauf der mündlichen Reflexionsfragen:

„Ich persönlich finde es auch immer besser, wenn man es nochmal verschriftlichen muss. Ich weiß, ich kann etwas besser lernen, wenn ich es noch einmal aufschreibe, als es mir nur durchzulesen.“ (S10.1D, b12).

Abschließend räumt die Schülerin jedoch ein, dass sie nur dann Informationen aus Texten herausschreibt, wenn es von ihr explizit gefordert wird:

„Wenn wir einen Text lesen sollen, dann schreibe ich es mir ehrlich gesagt nicht heraus, wenn es nicht von mir verlangt wird, sondern markiere einfach.“ (S10.1D, b37).

Sie gibt außerdem an, dass sie beim Lesen bei der Sache war und bei der Aufgabenbearbeitung eher bei der Sache war. Sie schätzt ein, dass ihr die Auswahl relevanter Begriffe nicht schwer fiel. Tatsächlich übersieht sie jedoch in Summe etwa ein Viertel der im Text beschriebenen Elemente und Relationen und gelangt damit zu keiner realistischen Selbsteinschätzung.

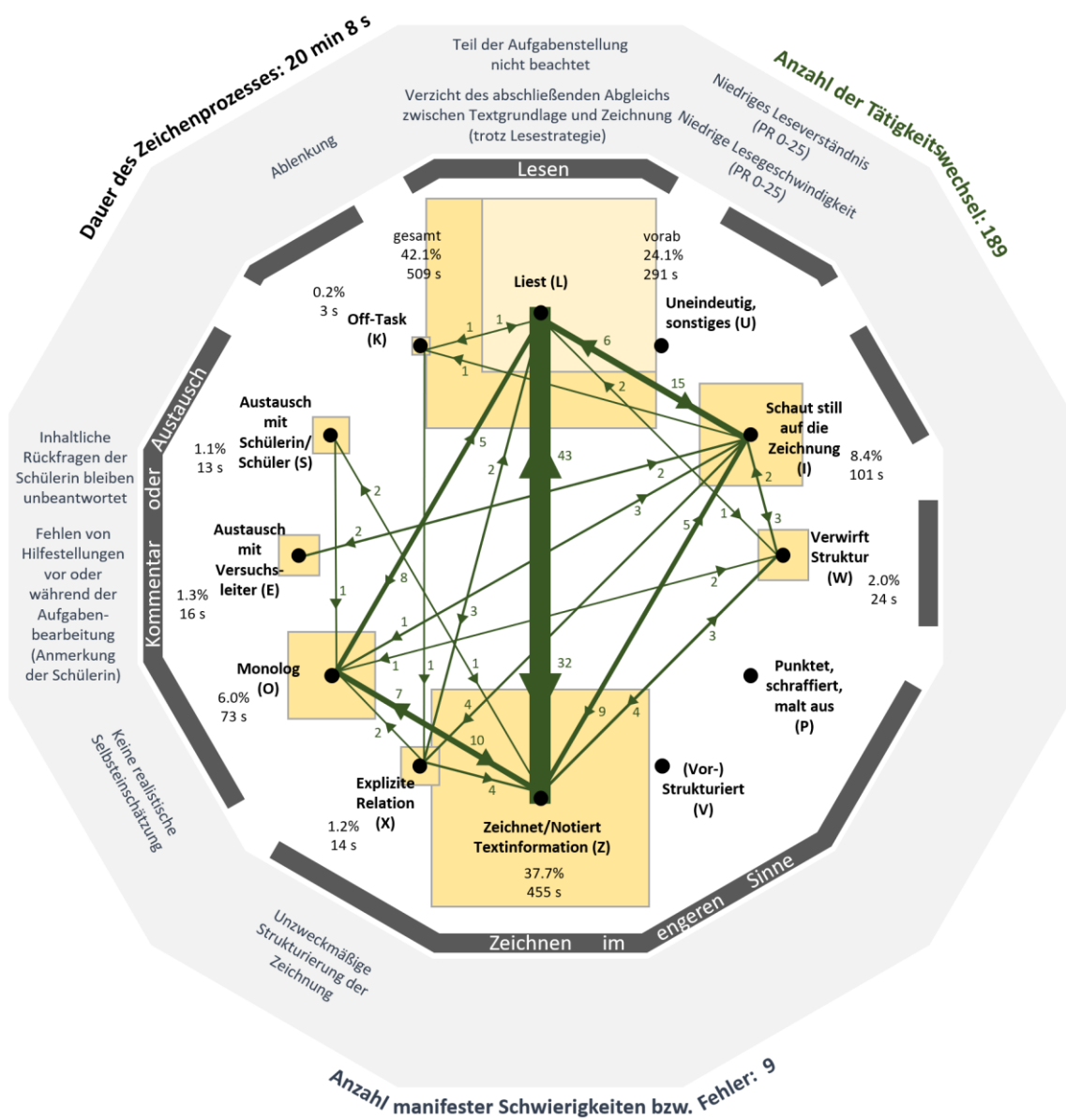


Abbildung A10.89 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Leah (S10.1D)

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Bereits vor Beginn der Aufgabenbearbeitung erörtert Leah ihr geplantes Vorgehen unter Rückgriff auf bisherige Erfahrungen im Umgang mit Texten:

„Das heißt, ich soll es jetzt zeichnen? [E: Ja. Die Darstellungsweise ist dir überlassen.] Also kann ich es auch verschriftlichen? [E: Ja.] Ok. Normalerweise arbeite ich so mit einem Text, dass ich mir erst einmal die Überschrift notiere und die wichtigsten Themen zusammenfasse und dann mit Hilfe des Schaubilds zum Beispiel mich vorbereite für eine Kursarbeit. [...]“ (S10.1D, b3).

Bei der Bearbeitung des Texts nutzt Leah einerseits Unterstreichungen und grenzt andererseits einzelne Absätze durch eine davon abweichende Symbolik ab.

„Wenn ich den Text lese, markiere ich mir immer das Wichtigste und dadurch habe ich schon, wenn ich dann zu dem Schaubild komme, die wichtigsten Sachen markiert, so dass ich diese dann herausschreiben kann. Ich persönlich weiß, dass ich auch manchmal die unnötigen Sachen herausschreibe, die jetzt vielleicht nicht so wichtig sind, die ich aber als wichtig empfinde. Dann versuche ich den Text ggf. in eigenen Worten bzw. die Stichpunkte nochmal in eigenen Worten zu formulieren.“ (S10.1D, b12).

Leah stellt die Textinformationen auf ihrem Arbeitsblatt linear mittels Stichpunkten dar. Damit missachtet die Schülerin die Vorgabe der Aufgabenstellung (Anhang 4). Die Stichpunkte besitzen sprachlich eine große Ähnlichkeit zur Textgrundlage. Ihr Schaubild entspricht weitestgehend einer schriftlichen Zusammenfassung des Texts und ist nicht zweckmäßig strukturiert. Wie zuvor angeführt, übernimmt sie dabei etwa ein Viertel der relevanten Elemente und Relationen nicht in ihre Darstellung und das, obwohl einige dieser Inhalte bereits von ihr im Text unterstrichen wurden. Am Ende der Aufgabenbearbeitung gleicht die Schülerin ihre Darstellung nicht mehr mit der Textgrundlage ab, wodurch sie die unterstrichenen, aber nicht übernommenen Begriffe übersieht. Sie gibt im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen an, dass ihr insbesondere das abschließende Überprüfen des Schaubilds auf Vollständigkeit hätte besser gelingen können:

„Ich würde mir am Ende nochmal mein Schaubild anschauen und dann nochmal überlegen, ob das auch alles wichtig ist, zu wissen. Sonst würde ich es eigentlich nicht anders machen.“ (S10.1D, b2).

Leah merkt abschließend kritisch an, dass sie es als sinnvoll empfunden hätte, im Vorfeld von der Lehrkraft Hilfestellungen zur angemessenen Darstellung zu erhalten. Sie verdeutlicht dies exemplarisch am Beispiel einer mikroskopischen Zeichnung:

„Was ich zum Beispiel manchmal nicht so gut im Unterricht finde, dass es uns überlassen wird, wie wir das zeichnen müssen [zeigt auf das Mikroskop]. Ich habe selbst gemerkt, dass es nicht nur an mir liegt, sondern auch an anderen Mitschülern, die gar

keine Ahnung haben, wie man es zeichnen muss. Erst danach wurde uns an der Tafel gezeigt, wie wir es eigentlich sollen und jeder musste dann die Zeichnung nochmal wegmachen und dann nochmal zeichnen. Ich würde es einfach besser finden, wenn es uns am Anfang nochmal erklärt wird, von innen nach außen oder anders herum.“ (S10.1D, b37).

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Leah gibt an, dass sie bislang „*nicht mehr als zweimal*“ (S10.1D, a3) gezeichnet hat. An das erste Thema kann sie sich nicht mehr erinnern. In ihrer letzten mikroskopischen Zeichnung hat sie Zwiebelzellen dargestellt. In beiden Fällen wurden die Zeichnungen nicht bewertet. Regeln, die es beim Zeichnen zu beachten gilt, wurden von der Lehrkraft keine benannt:

„Nein gar nichts. Wir mussten selbst einstellen. Wir haben ein Arbeitsblatt bekommen, wie wir vorgehen müssen, um die Zwiebelzelle zu sehen und dann sollten wir eben darauf los zeichnen.“ (S10.1D, a13).

Innerhalb des Kontexts kann Leah die meisten pflanzlichen Zellstrukturen benennen: Zellwand, Zellmembran, Vakuole, Zellkern, Mitochondrien, Chloroplasten und Vesikel. Ihr Wissen über den Unterschied zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen beschränkt sich auf das ausschließliche Vorhandensein von Zellwänden bei pflanzlichen Zellen. Beim Zeichnen-Test bildet sie entsprechend der Aufgabenstellung drei aneinandergrenzende pflanzliche und tierische Zellen ab. In beiden Zeichnungen verzichtet sie auf eine Beschriftung. Sie zeichnet Zellorganellen ein, obwohl dies nicht in der Aufgabenstellung vorhergesehen ist. Bei der pflanzlichen Zelle endet die Zellwand jeweils in dem Bereich, in dem sich die benachbarten Zellen berühren. Die Zeichnung tierischer Zellen kommentiert sie mit:

„Tierische Zellen haben wir gar nicht gezeichnet, wir konnten uns nur fertige Zellen unter dem Mikroskop anschauen.“ (S10.1D, a25).

Mit ihrer Darstellung pflanzlicher Zellen erzielt sie 21 von 36 Punkten (58.3%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$) und mit ihrer Zeichnung tierischer Zellen 18 von 36 Punkten (50.0%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$).

Tätigkeitsanalyse | Leahs Vorgehen bei der Konstruktion der Zeichnung lässt sich während der ersten Aufgabenstellung in Form einer Abfolge von 51 Tätigkeiten (*AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}* $M = 32.8$, $SD = 11.6$) beschreiben (Abb. A10.90). Innerhalb des Kontexts stellt dies die größte Anzahl ausgeübter Tätigkeiten dar. Zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.91) benötigt keine Schülerin bzw. kein Schüler innerhalb des Kontexts länger als

Leah. Bis zum Abschluss der ersten Aufgabenstellung verstreichen etwa sechseinhalb Minuten ($T_{Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}} = 387\text{ s}$, $M = 266.5$, $SD = 73.9$). Davon beschäftigt sie sich anfangs etwa eineinhalb Minuten ($T_{Liest_{MZ}} = 89\text{ s}$, $M = 81.8$, $SD = 11.2$) mit dem Einführungstext und der Aufgabenstellung. Während der weiteren Aufgabenbearbeitung blickt sie mit 13-mal ($AH_{Mikroskopiert_{MZ}} M = 8.3$, $SD = 3.5$) ebenfalls am häufigsten und am längsten durch das Mikroskop. Das Präparat betrachtet sie 88 Sekunden lang ($T_{Mikroskopiert_{MZ}} M = 50.3$, $SD = 21.9$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Leahs Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Leah zeichnet mit etwa zweieinhalb Minuten ($T_{Zeichnet_gesamt_{MZ}} = 146\text{ s}$, $M = 89.0$, $SD = 39.2$) deutlich länger als die anderen Teilnehmenden innerhalb des Kontexts. Hiervon entfallen 77 Sekunden ($T_{Zeichnet_Struktur_{MZ}} M = 57.0$, $SD = 17.6$) auf das Darstellen von Strukturen, 52 Sekunden ($T_{Redundante_Struktur_{MZ}} M = 23.3$, $SD = 17.6$) auf das Zeichnen redundanter Strukturen und 17 Sekunden ($T_{Punktet_schraffiert_malt_aus_{MZ}} M = 8.8$, $SD = 8.8$) auf das Punkten von Zellorganellen. Innerhalb des Kontexts überblickt die Schülerin die eigene Zeichnung mit zehnmal ($AH_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}} M = 4.8$, $SD = 3.3$) am häufigsten und nimmt sich dafür mit insgesamt 23 Sekunden ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}} M = 10.8$, $SD = 7.8$) am ausführlichsten Zeit. Nachdem Leah ihre erste Darstellung auf dem Zeichenblatt oberhalb verworfen hat ($T_{Verwirft_Struktur_{MZ}} = 9\text{ s}$), beginnt sie die Zeichnung des mikroskopischen Präparats unterhalb von Neuem.

Leah benötigt zur Korrektur und Beschriftung der Zeichnung im Zuge der zweiten Aufgabenstellung mehr als zwei Minuten ($T_{Beschriftung_Korrektur_{MZ}} = 135\text{ s}$, $M = 119.3$, $SD = 28.1$). Die an der Zeichnung vorgenommenen Änderungen sind geringfügig. Die Schülerin umrandet die äußeren fünf Zellen, um eine Differenzierung in Zellwand und Zellmembran vorzunehmen. Sie nimmt die Beschriftung der Mittellamelle und des Zellkerns nicht vor. Die Beschriftung ihrer Zeichnung ist damit unvollständig.

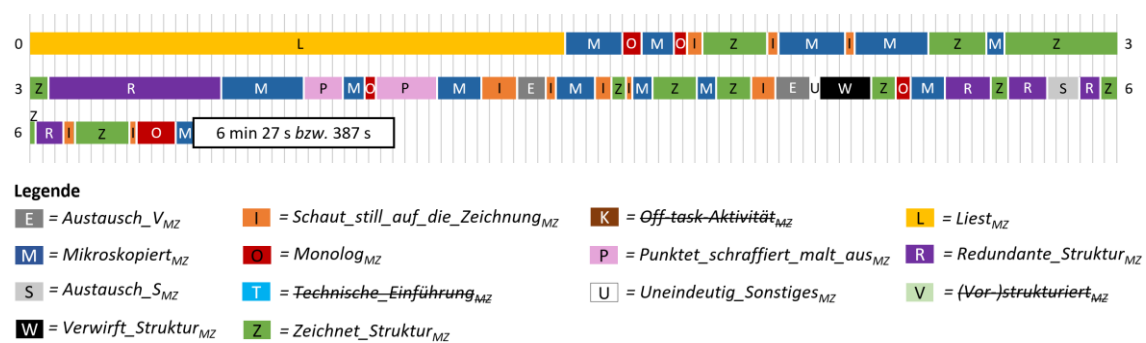


Abbildung A10.90 Abfolge der Tätigkeiten von Leah (S10.1D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.1D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Ihre Zeichnung erreicht bei der kriterialen Beurteilung 24 von 36 Punkten (66.7%, $M = 57.0$, $SD = 18.7$). In Zusammenhang mit der Bearbeitungsdauer ergibt sich daraus eine Leistung von 3.7 Punkten pro Minute ($M = 4.7$, $SD = 1.5$).

Retrospektion | Leah verdeutlicht bei den Selbsteinschätzungsaussagen, dass ihr das Zeichnen eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, aber eher nicht dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Sie schätzt ein, dass sie beim Lesen eher bei der Sache war, wohingegen sie beim Zeichnen eher nicht bei der Sache war.

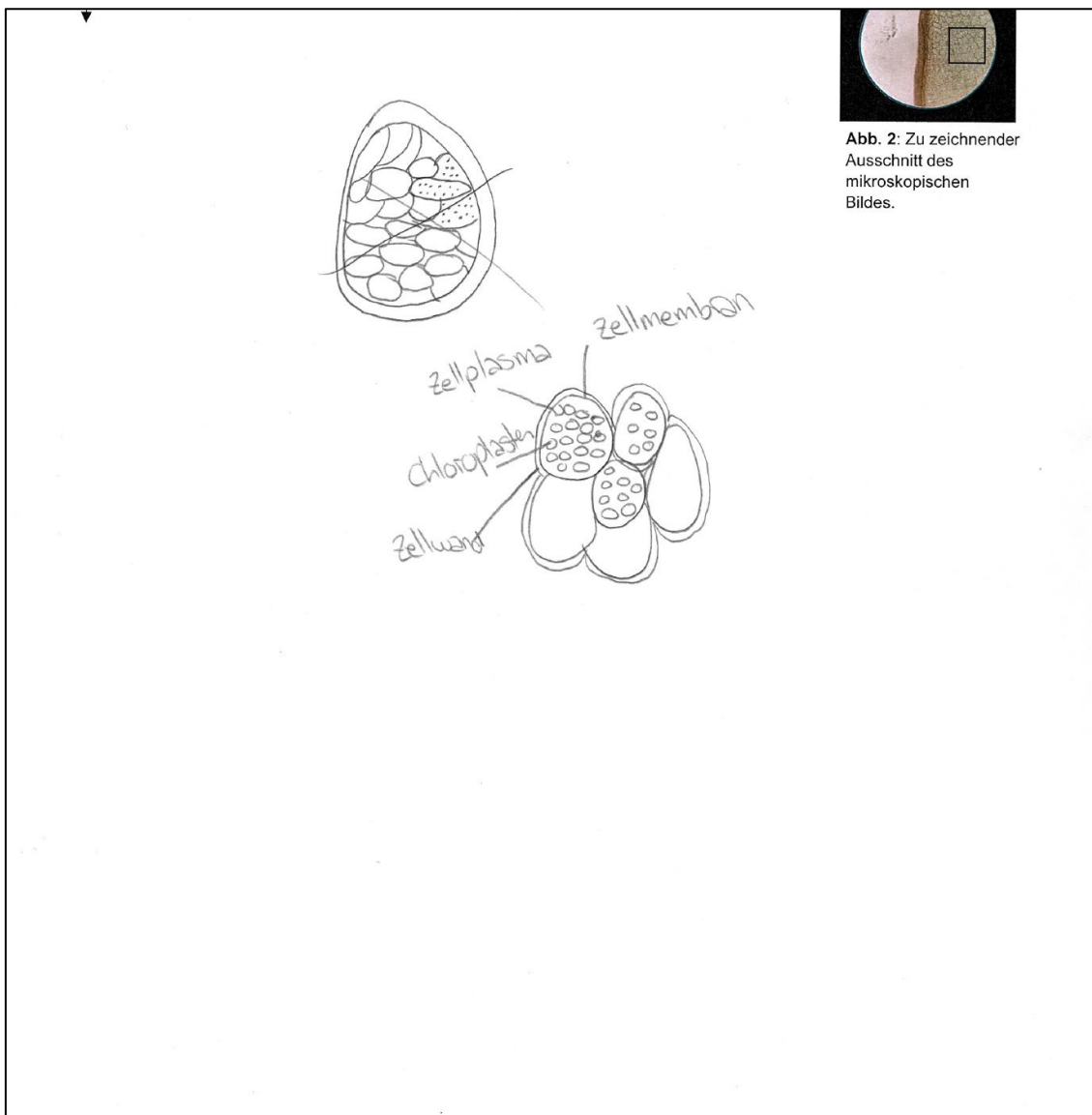


Abbildung A10.91 Zeichnung von Leah (S10.1D) zum Kontext 10.1: *Moose – Wasserspeicher des Waldes*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Wie zuvor beschrieben, zeichnet Leah im oberen Abschnitt des Arbeitsblatts zunächst Strukturen ein, die sie jedoch verwirft. Im Anschluss

fertigt sie unterhalb eine neue Darstellung der mikroskopischen Strukturen an. In beiden Darstellungen stellt sie die Chloroplasten in redundanter Anzahl dar. In der ersten Darstellung sind die Chloroplasten durch eine Vielzahl an Punkten repräsentiert und in der zweiten Aufgabenstellung durch eine Vielzahl runder Formen. Die Aufgabenstellung sieht zudem vor, dass die Chloroplasten nur in einer einzigen Zelle dargestellt werden. In ihrer Zeichnung befinden sich dahingegen sowohl in der oberen als auch in der unteren Zeichnung jeweils in drei Zellen Chloroplasten.

Im Vorfeld wurde deutlich, dass die Schülerin zwar eine umfangreiche Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher Zellen mitbringt, aber ihr die gängigen zeichnerischen Konventionen weitestgehend unbekannt sind. Das fehlende Wissen über die fachwissenschaftlich angemessene Darstellung mikroskopierter Zellen wirkt sich auf ihre Zeichnung aus. So grenzen die dargestellten Zellen nicht natürlich aneinander und die von ihr gezeichneten Linien überschneiden sich teilweise oder verlaufen uneindeutig. Da die Umrisse der Zellen zu Beginn jeweils nur durch eine einzige Linie angedeutet sind und Leah erst nachträglich im äußeren Bereich des Zellverbunds eine zweite Umrandung einzeichnet, besitzen die innenliegenden Zellen keine Differenzierung in Zellwand und Zellmembran.

Im Abgleich zwischen Leahs Zeichnung und dem mikroskopischen Präparat wird deutlich, dass die dargestellten Zellen nicht dem in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitt entsprechen und nur teilweise eine angemessene Abstraktion aufweisen. Zwischen den Zellen ihrer Zeichnung finden sich beispielsweise Interzellularräume, die im mikroskopischen Präparat nicht zu erkennen sind. Auch fällt ihre Zeichnung insgesamt klein aus. Eine größer angelegte Zeichnung würde es erlauben, besser zwischen einzelnen Strukturen zu unterscheiden. Auch lässt sich feststellen, dass Leahs Beschriftung unvollständig und teilweise fehlerhaft ist. Ein Chloroplast wird mit dem Begriff Zellplasma versehen. Als die Schülerin erkennt, dass ihre Zeichnung keine Mittellamelle enthält, steht sie dieser Erkenntnis gleichgültig gegenüber und ändert die Zeichnung nicht mehr:

„Die Mittellamelle findet man in meiner Zeichnung nicht, egal.“ (S10.1D, a35).

Auch im Video anhand ihrer teilweise distanzierten Haltung zum Arbeitsmaterial deutlich, dass sie nicht durchgehend bemüht ist, die Darstellung nach ihrem Kenntnis- und Fähigkeitsstand bestmöglich anzufertigen. Sie selbst gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass sie beim Zeichnen eher nicht bei der Sache war.

Abschließend verdeutlicht die Schülerin auf die Fragen, was ihr schwergefallen ist und was ihr hätte besser gelingen können, dass sie sich Hilfestellungen zum Vorgehen beim Zeichnen gewünscht hätte:

„Ja eigentlich die ganze Zeichnung, weil wir haben es im Unterricht nie so wirklich gelernt, wie es aussieht. An der Tafel hat es meine Lehrerin dann angezeichnet und

gesagt "so in etwa soll es aussehen in eurem Heft". Deswegen wusste ich jetzt gar nicht, ob man von innen nach außen anfangen soll oder von außen nach innen. Deswegen war es schon schwer. [...] Wenn man davor besprochen hätte, was genau man unter dem Mikroskop sieht und wenn dann einfach die Lehrerin nochmal sagt, "ihr könnt so vorgehen", also zum Beispiel von außen nach innen zeichnen und wie viel von jedem etwa, also den Organellen." (S10.1D, a47, a50).

Abbildung A10.92 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

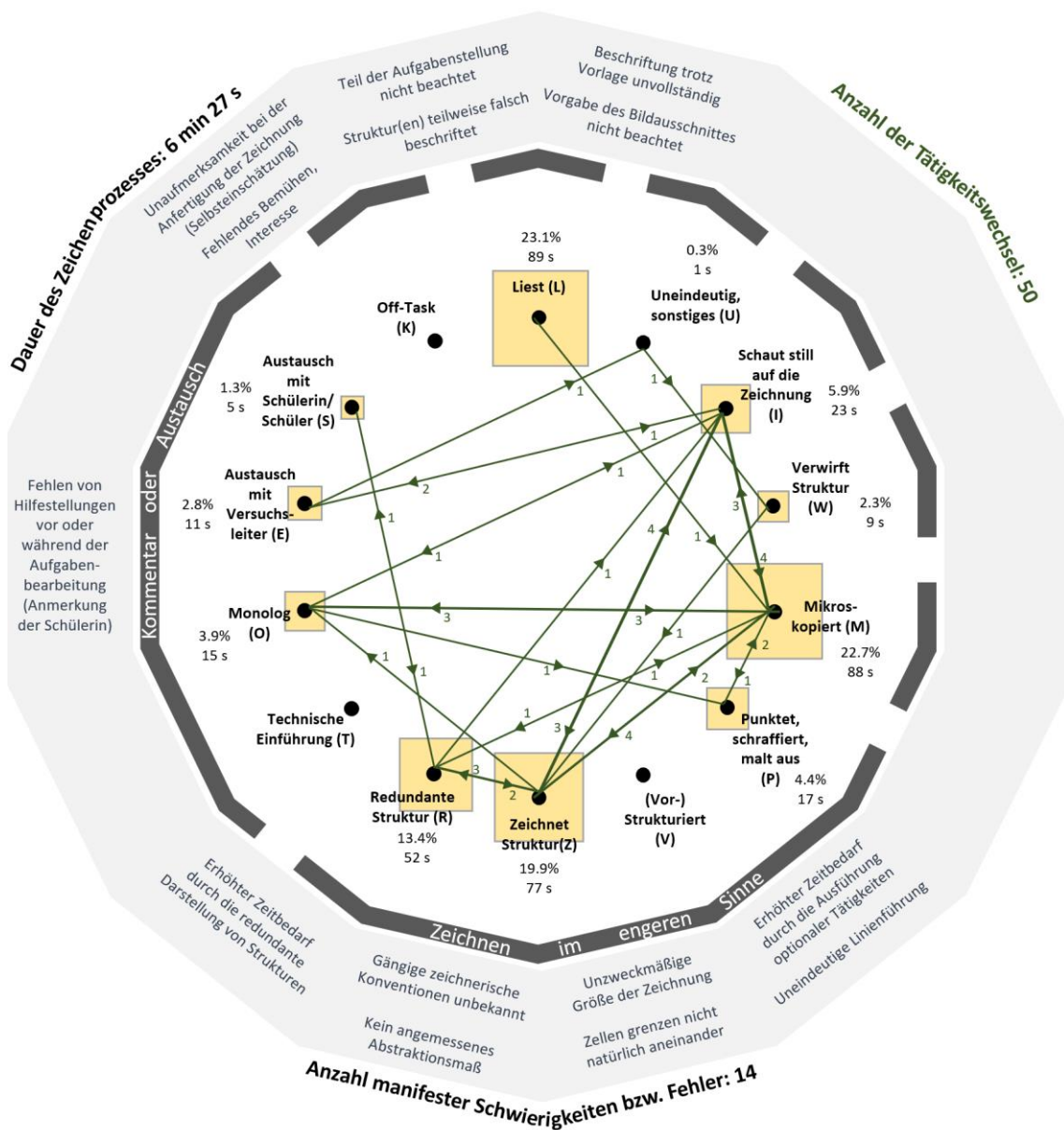


Abbildung A10.92 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Leah (S10.1D)

Anhang 10.18 Hannah – S10.2A

Basisinformationen | Hannah hatte im letzten Zeugnis in Biologie die Note Eins und in Kunst die Note Zwei. Mit ihrer gezeigten Lesegeschwindigkeit erreicht sie beim LGVT einen PR-Wert von 47 ($M = 37.0, SD = 17.3$). Nach Schneider et al. (2007) stellt dies den unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen dar (Wertebereich: 26-50). Das gezeigte Leseverständnis ergibt einen PR-Wert von 79 ($M = 32.5, SD = 21.1$). Dieser Wert entspricht einer überdurchschnittlichen Leistung (Wertebereich: 76-95) (Schneider et al., 2007) und stellt innerhalb des Kontexts den höchsten Wert dar. Die Schülerin gibt an, dass sie weder im Biologieunterricht noch außerhalb des Biologieunterrichts gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Hannah besitzt keine fachliche Vorerfahrung zum Kontext. Mit ähnlichen Repräsentationsformen hatte sie bereits einige Berührungspunkte:

„Ein paarmal haben wir das schon gemacht. [...] Ich glaube, das haben wir auf jeden Fall bei Fotosynthese gemacht. Da auf jeden Fall. Und wir hatten das beim Wundverschluss gemacht.“ (S10.2A, a57, a59).

Tätigkeitsanalyse | Ihr Vorgehen bei der Konstruktion des Ablaufdiagramms lässt sich anhand von 94 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 116.0, SD = 46.8$) visualisieren (Abb. A10.93). Die Aufgabenbearbeitung schließt sie nach etwa neuneneinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 564\text{ s}, M = 832.8, SD = 381.9$) ab. Mit der Textgrundlage beschäftigt sie sich knapp sechs Minuten ($T_Liest_gesamt_{AD} = 344\text{ s}, M = 475.5, SD = 201.8$), wovon sie dreieinhalb Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 212\text{ s}, M = 284.5, SD = 82.7$) mit dem Lesen des Texts im Vorfeld zubringt und nochmals etwas mehr als zwei Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 132\text{ s}, M = 191.0, SD = 120.6$), um den Text abschnittsweise erneut zu lesen. Insgesamt beschäftigt sich die Schülerin 36-mal ($AH_Liest_gesamt_{AD} M = 39.3, SD = 16.9$) mit der Textgrundlage. Hannah benötigt zur Darstellung der Textinformationen in ihrem Schaubild (Abb. A10.94) zwei Minuten ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD} = 121\text{ s}, M = 219.5, SD = 158.2$) sowie weitere zwölf Sekunden ($T_Explizite_Relation_{AD} M = 17.5, SD = 6.3$), um Pfeile zwischen diesen darzustellen. Insgesamt geht sie zeichnenden Aktivitäten 30-mal ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD} M = 41.5, SD = 19.9$) nach. Die eigene Zeichnung überblickt sie insgesamt neun Mal für insgesamt 15 Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} M = 59.3, SD = 36.3$). Innerhalb des Kontexts blicken sowohl Melinda, Victoria als auch Pablo (S10.2B-D) deutlich länger auf die eigene Zeichnung.

An einer einzigen Stelle verwirft Hannah einzelne Buchstaben und benötigt dafür nicht länger als zwei Sekunden ($T_{Verwirft_Struktur_{AD}} M = 5.0, SD = 4.3$). Während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe lässt sich die Schülerin an vier Stellen für insgesamt 19 Sekunden ablenken. Im Vergleich dazu lassen sich die anderen Teilnehmenden der Klassenstufe, wenn überhaupt, in deutlich geringerem Umfang ablenken. Die Schülerin steht innerhalb des Kontexts im geringsten Umfang im Austausch mit dem Versuchsleiter ($T_{Austausch_S_{AD}} = 0 s, M = 1.5, SD = 2.6, T_{Austausch_V_{AD}} = 3 s, M = 19.3, SD = 11.0$). Abbildung A10.95 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

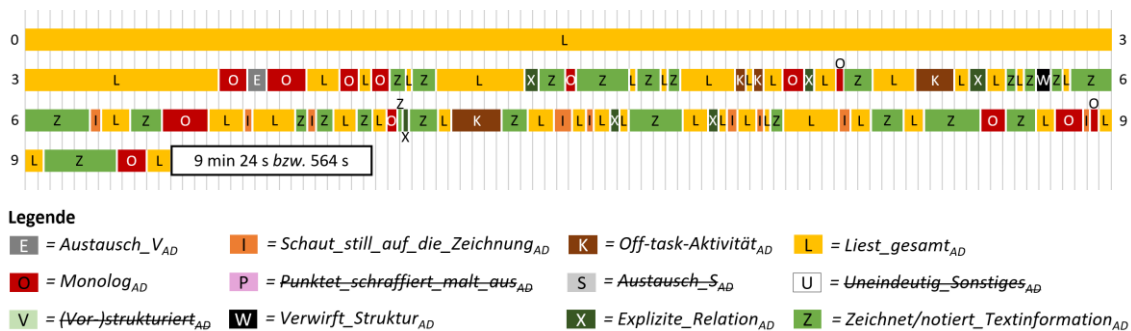


Abbildung A10.93 Abfolge der Tätigkeiten von Hannah (S10.2A) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2A in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Innerhalb des Kontexts erzielt Hannah bei der kriterialen Beurteilung mit 22 von 24 Punkten (91.7%, $M = 85.4, SD = 3.6$) den höchsten Anteil an Gesamtpunkten. Bezogen auf den Inhalt stellt sie innerhalb des Kontexts jedoch die wenigsten Elemente und Relationen dar. Insgesamt stellt sie 9 von 15 Elementen (60.0%, $M = 71.7, SD = 13.6$) und 6 von 10 Relationen (60.0%, $M = 75.0, SD = 11.2$) dar. In Relation zur Zeit resultieren sowohl mit 1.6 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 1.5, SD = 0.4$) als auch mit 2.3 Punkten pro Minute ($M = 1.7, SD = 0.6$) überdurchschnittliche Leistungen. Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Hannahs Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Nach Abschluss der Aufgabenstellung kann Hannah sieben der neun gezeichneten Elemente erinnern. Außerdem benennt sie eine weitere der sechs möglichen relevanten Textinformationen, die sie in ihrem Schaubild nicht dargestellt hat. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Hannah an, dass ihr das Schaubild geholfen hat, einen Überblick

zu erlangen und eher dabei geholfen hat, den Kontext zu verstehen. Im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen bestätigt sie diese Selbsteinschätzung:

„Nein, also ich denke, das ist schon gut, gerade wenn man es lernen soll, dann ist es einfacher das so zu haben, weil im Text sich die Wörter oft wiederholen und dann das und das. Deswegen ist es im Schaubild eigentlich ganz gut darzustellen.“ (S10.2A, a49).

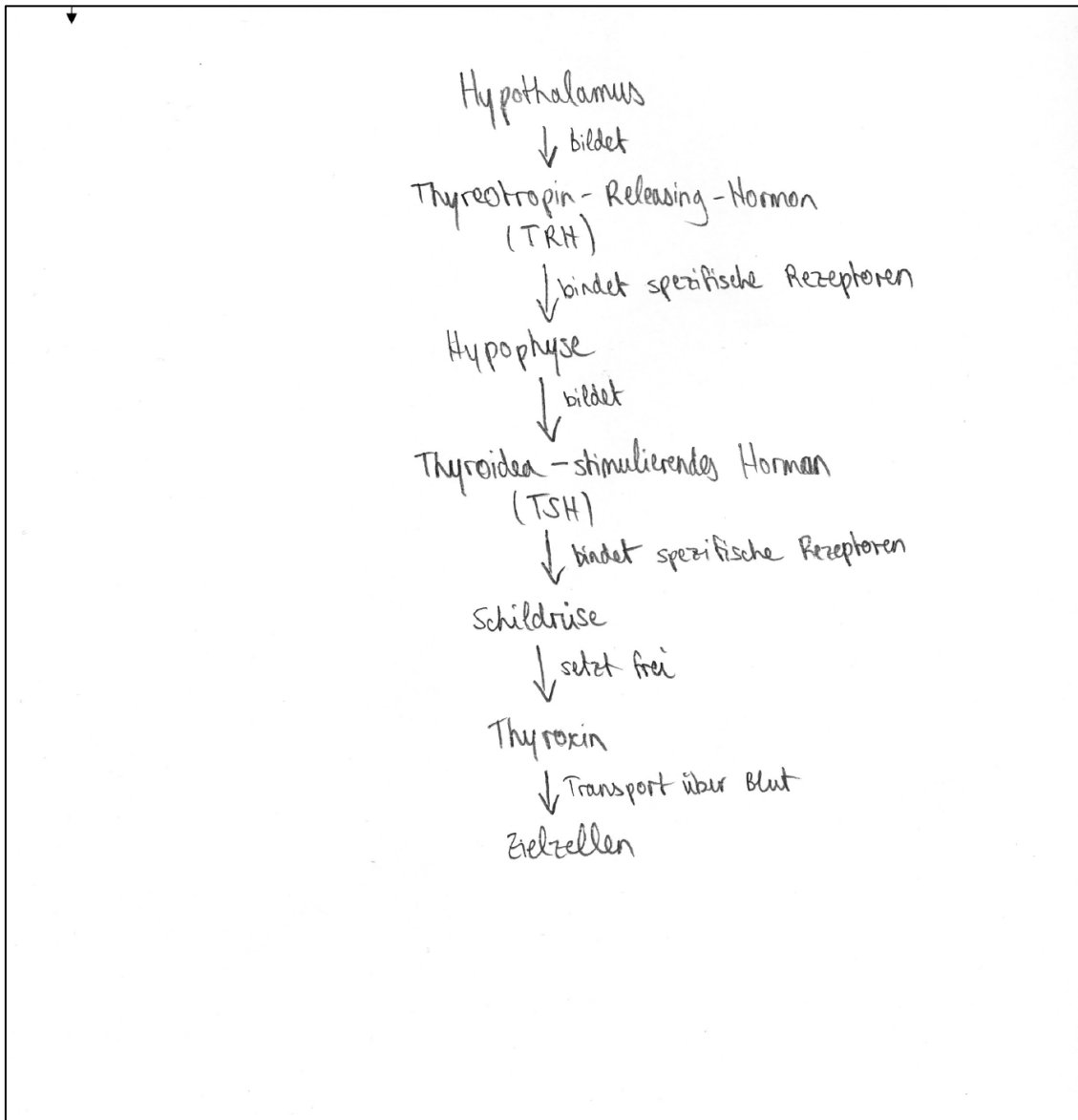


Abbildung A10.94 Zeichnung von Hannah (S10.2A) zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation

Während die Schülerin angibt, dass sie bei der Aufgabenbearbeitung bei der Sache war, geht sie davon aus, dass sie beim Lesen eher nicht bei der Sache war. Sie gibt außerdem an, dass ihr die Auswahl der relevanten Begriffe nicht schwer fiel. Auf die Frage, ob ihr etwas schwergefallen ist, entgegnet sie im späteren Untersuchungsverlauf: „Nein, nicht direkt.“

Am Ende der Aufgabenbearbeitung blickt die Schülerin nur für vier Sekunden auf den Text. Durch den kurzen Abgleich zwischen der Textgrundlage und dem Ablaufdiagramm übersieht sie eine unterstrichene relevante Textpassage.

Während der mündlichen Reflexionsfragen verdeutlicht Hannah, dass es auf Grund der im Text beschriebenen Prozessabfolge nahe liegt, das Schaubild in dieser Form anzufertigen:

„Da ich durch das Lesen schon wusste, dass es wie eine Kettenreaktion ist, habe ich auch gedacht, dass es am sinnvollsten ist, mit Pfeilen und wie so eine Kette darzustellen, sodass ich es selbst auch am einfachsten verstehe. Deswegen war das naheliegend. Ich bin dann den Abschnitt, [...] nochmal durchgegangen, Schritt für Schritt, je nachdem, wie weit ich beim Schaubild schon war.“ (S10.2A, a47).

Mikroskopische Zeichnung

Die Fallbeschreibung zur Konstruktion des Ablaufdiagramms befindet sich in Unterkapitel 9.5.5.

Anhang 10.19 Melinda – S10.2B

Basisinformationen | Melinda hatte in Biologie zuletzt die Note Drei und in Kunst die Note Zwei im Zeugnis. Beim LGVT erreicht sie für die gezeigte Lesegeschwindigkeit einen PR-Wert von 66 ($M = 37.0$, $SD = 17.3$), der sich nach Schneider et al. (2007) dem oberen Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 51-75) zuordnen lässt. Das gezeigte Leseverständnis resultiert in einem PR-Wert von 41 ($M = 32.5$, $SD = 21.1$) und entspricht dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) (Schneider et al., 2007). Die Schülerin gibt an, dass sie gerne im Biologieunterricht, jedoch nicht gerne außerhalb des Biologieunterrichts zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Melinda kann im Vorfeld keine kontextbezogenen Informationen benennen, die inhaltlich für das Schaubild von Relevanz sind. Mit Ablaufdiagrammen und ähnlichen Repräsentationstypen hatte sie in der Vergangenheit bereits einige Berührungspunkte:

„Oft. Zum Beispiel hatten wir gerade das Immunsystem und da machen wir auch die Abfolge, wenn ein Virus oder Bakterium in den Körper eindringt, auch mit Pfeilen und Bildern. [...] Sonst fällt mir spontan kein Thema ein, weil wir hatten ja seit einem Jahr kein Bio mehr.“ (S10.2B, a58).

Tätigkeitsanalyse | Die während der Anfertigung des Ablaufdiagramms von Melinda verfolgten Tätigkeiten lassen sich in einer insgesamt 97 Tätigkeiten umfassenden Abfolge ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 116.0$, $SD = 46.8$) visualisieren (Abb. A10.96). Zur Aufgabenbearbeitung benötigt sie 13 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 785$ s, $M = 832.8$, $SD = 381.9$). Innerhalb dieser Zeitspanne befasst sie sich mit der Textgrundlage im Umfang von acht Minuten ($T_Liest_gesamt_{AD} = 488$ s, $M = 475.5$, $SD = 201.8$). Hiervon entfallen knapp fünf Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 294$ s, $M = 284.5$, $SD = 82.7$) auf das Lesen des Texts im Vorfeld und etwas mehr als drei Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 194$ s, $M = 191.0$, $SD = 120.6$) auf das abschnittsweise Lesen des Texts parallel zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.97). Dem Text widmet sie sich während der gesamten Aufgabenbearbeitung 36-mal ($AH_Liest_gesamt_{AD}$ $M = 39.3$, $SD = 16.9$). Die drei Unterbrechungen während des initialen Lesens der Textgrundlage sind in zwei Fällen auf Rückfragen und in einem Fall auf einen Blick zum Versuchsleiter zurückzuführen. Zum Darstellen der Textinformationen im Schaubild benötigt die Schülerin etwas mehr als drei Minuten ($T_Zeichnet_gesamt_{AD} = 203$ s, $M = 241.0$, $SD = 162.9$), wobei der größte Teil auf das Notieren von Begriffen entfällt ($T_Zeichnet/notiert_Text-$

information_{AD} = 174 s, $M = 219.5$, $SD = 158.2$) und 13 Sekunden ($T_Explizite_Relation_{AD}$ $M = 17.5$, $SD = 6.3$) auf das Darstellen von Pfeilen zwischen diesen. Insgesamt beschäftigt sich Melinda 31-mal ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD}$ $M = 41.5$, $SD = 19.9$) mit Tätigkeiten, die sich dem Zeichnen zuordnen lassen. Abbildung A10.98 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

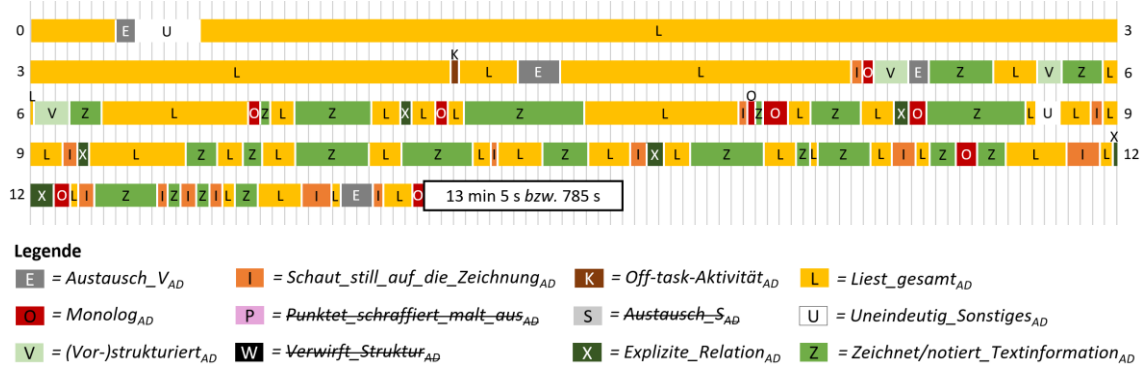


Abbildung A10.96 Abfolge der Tätigkeiten von Melinda (S10.2B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Die eigene Zeichnung überblickt Melinda insgesamt mehr als eine halbe Minute lang still ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 37$ s, $M = 59.3$, $SD = 36.3$). Sie verwirft an keiner Stelle Inhalte ihrer Zeichnung ($AH_Verwirft_Struktur_{AD}$ $M = 2.3$, $SD = 1.9$). Außerdem löst die Schülerin für eine Sekunde den Blick von der Aufgabenstellung. Das Maß der Ablenkung ist vor dem Hintergrund der Gesamtdauer der Aufgabenbearbeitung als vernachlässigbar gering einzustufen. Sie nimmt sich 16 Sekunden Zeit, um drei Rechtecke einzuzichnen, die den Hypothalamus, die Hypophyse und die Schilddrüse repräsentieren. Innerhalb des Kontexts ist sie die einzige Schülerin, die eine Vorstrukturierung vornimmt.

Beurteilung | Melindas Zeichnung erreicht bei der kriterialen Beurteilung 20 von 24 Punkten (83.3%, $M = 85.4$, $SD = 3.6$). Sie stellt 11 von 15 Elementen (73.3%, $M = 71.7$, $SD = 13.6$) und 8 von 10 Relationen (80.0%, $M = 75$, $SD = 11.2$) dar. Setzt man die zuvor genannten Werte in Relation zur Bearbeitungsdauer der Aufgabenstellung, ergeben sich mit 1.5 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 1.5$, $SD = 0.4$) sowie 1.5 Punkten pro Minute ($M = 1.7$, $SD = 0.6$) durchschnittliche Leistungswerte. Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Melindas Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

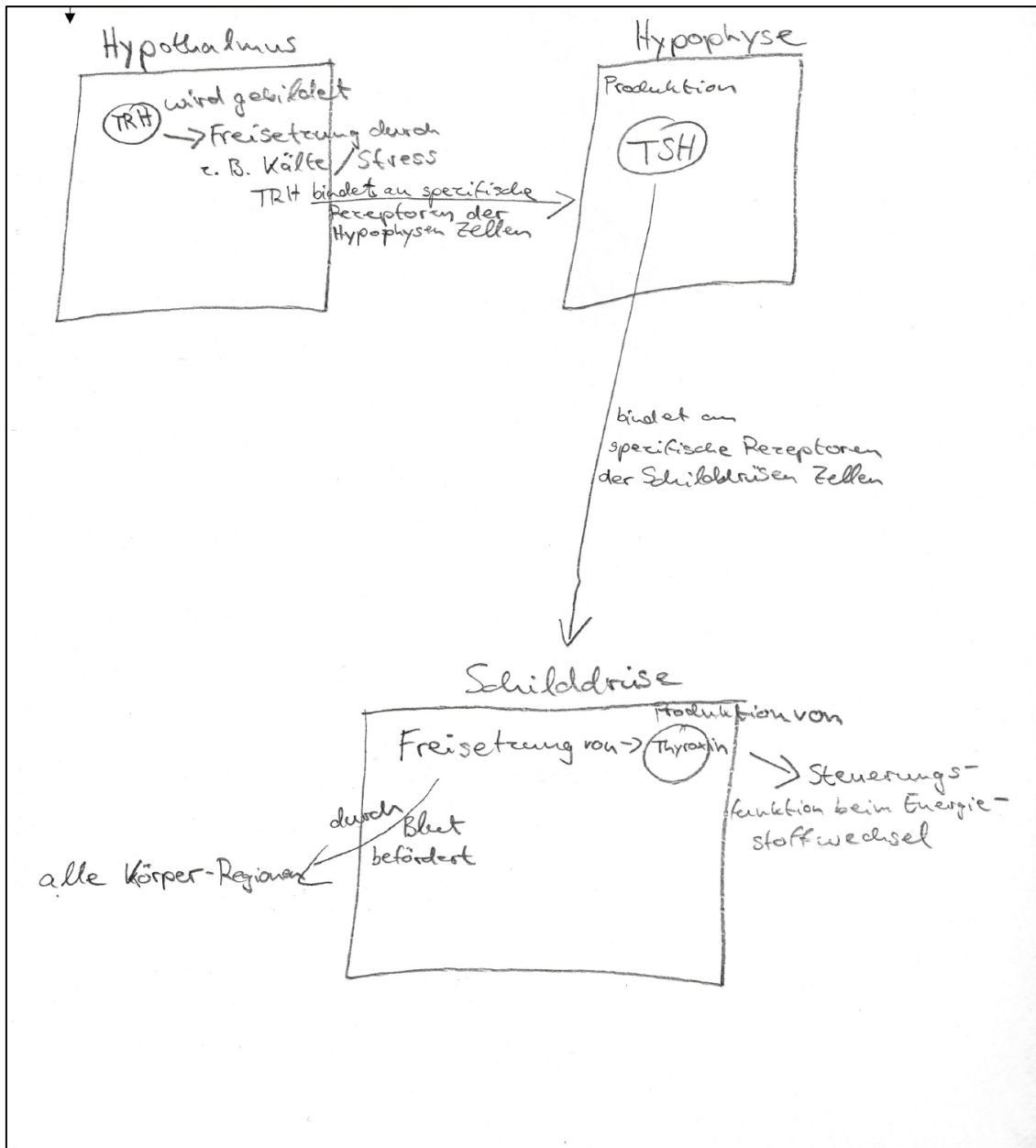


Abbildung A10.97 Zeichnung von Melinda (S10.2B) zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation

Retrospektion | Melinda kann nach Abschluss der Zeichnung neun der elf gezeichneten Elemente erinnern. Auch nennt sie ein weiteres der vier Elemente, die im Text stehen, aber von ihr nicht im Schaubild dargestellt werden. Im Zuge der Selbsteinschätzungsaussagen gibt sie an, dass ihr das Schaubild sowohl eher dabei geholfen hat einen Überblick zu erlangen als auch den Kontext zu verstehen. Dies bestätigt sie im späteren Verlauf auch mündlich:

„Ich find es war schon hilfreich, weil man dann nochmal ein Überblick hat, und man versteht es mehr. [...] Bei einem Ablauf ist es immer praktisch, eine Zeichnung zu machen. Man versteht es nochmal besser und hat einen Überblick.“ (S10.2B, a49, b30).

Auch beim Lesen und bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung war sie laut eigener Einschätzung bei der Sache. Sie räumt ein, dass ihr die Auswahl der relevanten Begriffe schwer fiel.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Zum Markieren des Texts greift Melinda nicht auf die zur Verfügung gestellten Stifte zurück, sondern nutzt einen eigenen Textmarker (*Uneindeutig_Sonstiges*_{AD} = 15 s). Innerhalb der Textgrundlage markiert sie viele Textstellen. Das beobachtete Vorgehen während des Lesens und der Anfertigung der Zeichnung gleicht dem von ihr beschriebenen Vorgehen:

„Ich habe es ganz normal gelesen und alles, was den Ablauf erklärt hat und für die Aufgabenstellung wichtig war, habe ich markiert. [...] Im Text war ja der Ablauf beschrieben und dann bin ich einfach chronologisch von oben nach unten durchgegangen und habe aufgezeichnet, was als erstes kam usw.“ (S10.2B, a45, a47).

Im Video wird anhand Melindas distanzierter Haltung zum Arbeitsmaterial deutlich, dass sie teilweise wenig Interesse an der Auseinandersetzung mit dem Arbeitsmaterial hat. Indizien hierfür liefert auch das laute Denken:

„Die Hormonregulation also in einem Schaubild darstellen, wie das funktioniert? [E: Ja.] Oh je. [Die Schülerin liest den Text und die Aufgabenstellung erneut.] Also erstmal, ich mal jetzt einfach, egal.“ | *„Muss das mit der negativen Rückkopplung auch rein? [E: Das ist deine Entscheidung.] Nein, ich lasse es jetzt weg.“* (S10.2B, a34).

Melinda merkt retrospektiv zudem an, dass sie Schwierigkeiten dabei hatte, einen Teil der im Text enthaltenen Informationen verständlich darzustellen. Die drei eingezeichneten Rechtecke kompensieren die Unklarheit über die strukturelle Beschaffenheit von Hypothalamus, Hypophyse und Schilddrüse:

„Wie man es sozusagen aufzeichnet, man weiß ja nicht, wie die Zellen aussehen oder wie das in der Hypophyse oder sonst wo aussieht. [...] Es ist relativ schwierig, ein Schaubild zu zeichnen, aber, wenn man ungefähr weiß, was überhaupt die Hypophyse oder Hypothalamus ist, dann ist es, denke ich, einfacher, wenn es darum geht, wie man es aufzeichnet.“ (S10.2B, a34, a53).

Die Schülerin gibt abschließend an, dass ihr die Darstellung vor dem Hintergrund der eingebrachten Vorerfahrungen nicht besser hätte gelingen können:

„Jetzt so spontan ohne Vorwissen eigentlich nicht.“ (S10.2B, a55).

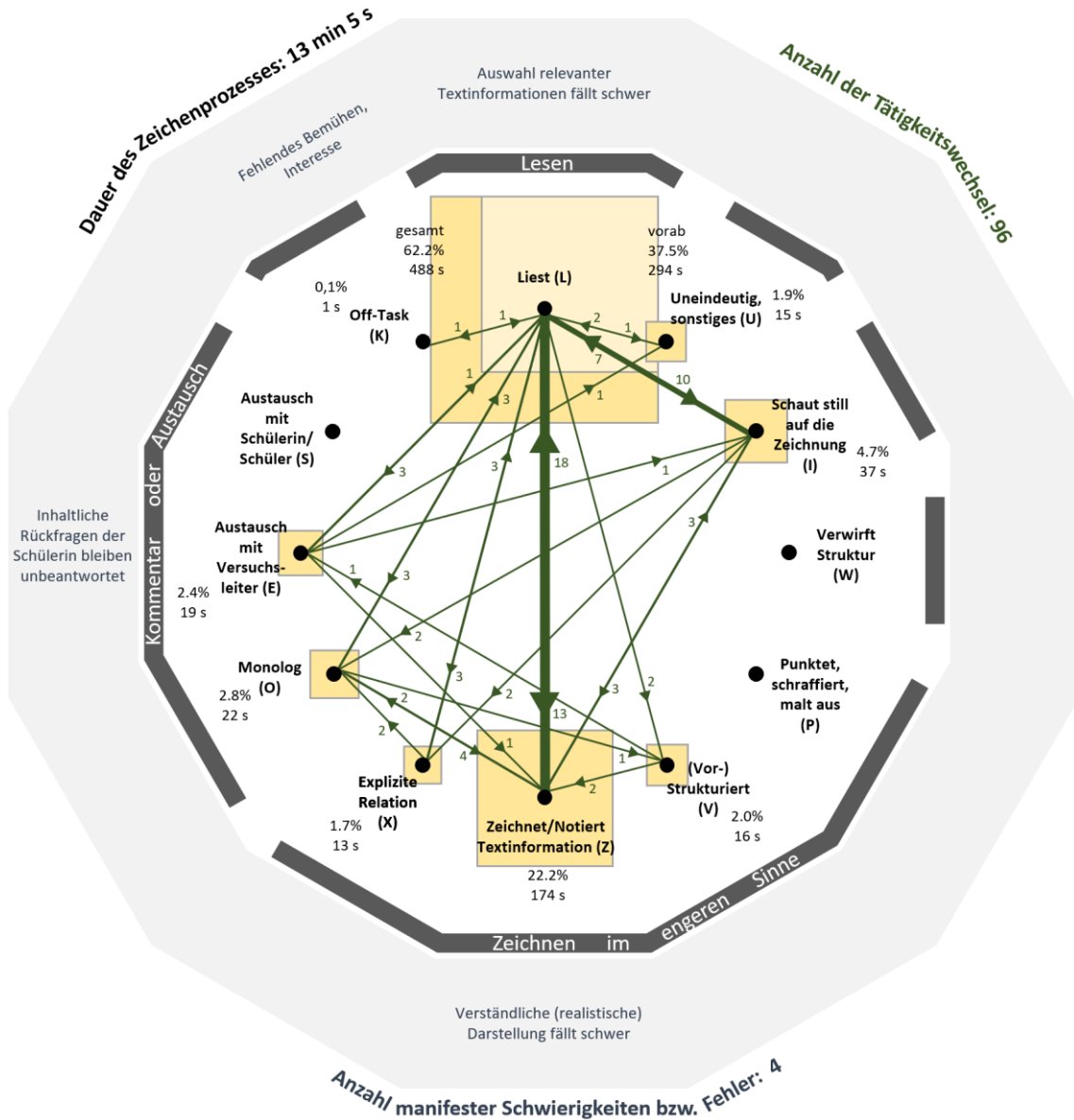


Abbildung A10.98 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Melinda (S10.2B)

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Melinda hat bislang erst einmal eine mikroskopische Zeichnung angefertigt. In der achten Klassenstufe hat sie eine Zwiebelzelle mikroskopiert und gezeichnet. Die Schülerin geht davon aus, dass die Lehrkraft keine Regel genannt hat, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Auch fallen ihr keine weiteren Regeln ein, an die sie sich beim Zeichnen hält. Ihre Zeichnung wurde damals nicht von der Lehrkraft bewertet. Die Schülerin ist sich hinsichtlich des Aufbaus pflanzlicher Zellen unsicher, kann jedoch als Strukturen den Zellkern, die Zellmembran und die Vakuole benennen. Sie erinnert sich daran, dass die

Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen bereits im Unterricht besprochen wurden, kann sie allerdings nicht mehr wiedergeben.

Beim Zeichnen-Test stellt sie gemäß der Aufgabenstellung jeweils drei aneinandergrenzende pflanzliche und tierische Zellen in den dafür vorgesehenen Zeichenfeldern dar. Eine pflanzliche Zelle beschriftet sie mit dem Begriff Zellmembran. Die Beschriftungslinie endet jedoch nicht an der zu bezeichnenden Struktur. Eine tierische Zelle beschriftet sie sowohl mit dem Begriff Zellmembran als auch dem Begriff Zellkern. Durch die eckigen Formen der tierischen Zellen wird das strukturelle Vorhandensein von Zellwänden impliziert. Melinda spricht abschließend offen die mit der Darstellung verbundene Unsicherheit an:

„Also ich habe keine Ahnung, ob das richtig ist. Wahrscheinlich eher weniger. Ich weiß echt nicht mehr, wie das alles sein soll. [...] Ich habe nicht wirklich viel.“ (S10.2B, a29).

Mit ihrer Darstellung der pflanzlichen Zellen erzielt sie 26 von 36 Punkten (72.2%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$) und mit ihrer Darstellung tierischer Zellen 18 von 36 Punkten (50.0%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$).

Tätigkeitsanalyse | Die Entstehung der mikroskopischen Zeichnung im Zuge der ersten Aufgabenstellung ergibt sich bei Melinda aus der Ausübung von 37 aufeinanderfolgenden Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 55.5$, $SD = 10.7$) (Abb. A10.99). Innerhalb des Kontexts führt Melinda von allen Teilnehmenden in Summe am wenigsten Tätigkeiten aus und benötigt dafür etwas mehr als fünf Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 319$ s, $M = 319.0$, $SD = 11.6$). Die Schülerin beschäftigt sich im Gegensatz dazu innerhalb des Kontexts am längsten mit dem Einführungstext und der Aufgabenstellung ($T_Liest_{MZ} = 88$ s, $M = 71.5$, $SD = 12.5$). Innerhalb des Kontexts blickt sie mit 12-mal am seltensten ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 18.8$, $SD = 5.0$) durch das Mikroskop. Die meist ausgedehnten Phasen des Mikroskopierens umfassen in Summe etwa eineinhalb Minuten ($T_Mikroskopiert_{MZ} = 92$ s, $M = 102.8$, $SD = 6.3$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Melindas Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Zeichnenden Tätigkeiten geht Melinda ähnlich lange, nämlich 98 Sekunden ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ}$ $M = 92.8$, $SD = 15.1$) nach. Davon entfallen 66 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 76.0$, $SD = 7.4$) auf die Darstellung von Strukturen und 32 Sekunden auf das Punkten von Zellstrukturen. Die Schülerin nimmt sich außerdem dreimal Zeit, um die eigene Zeichnung (Abb. A10.100) für insgesamt elf Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 21.3$, $SD = 14.1$) still zu überblicken, ohne dabei einer anderen Tätigkeit nachzugehen. Gegen Ende der Aufgabenbearbeitung verwirft sie neun Sekunden lang ($T_Verwirft_Struktur_{MZ}$ $M = 5.5$, $SD = 3.5$) alle gezeichneten Strukturen, die außerhalb des in der Aufgabenstellung vorgegebenen Bildausschnitts liegen. Die

Korrekturspuren sind in der Zeichnung deutlich zu erkennen. Während der gesamten Bearbeitungsdauer lässt sich die Schülerin an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken. Abbildung A10.101 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Innerhalb des Kontexts benötigt Melinda mit unter drei Minuten ($T_{Beschriftung_Korrektur_{MZ}} = 163\text{ s}$, $M = 221.3$, $SD = 57.3$) am wenigsten Zeit, um im Zuge der zweiten Aufgabenstellung die Beschriftung der Zeichnung vorzunehmen. Sie versieht ihre Zeichnung mit allen in der Vorlage genannten Begriffen. Die Schülerin beschriftet jedoch dieselbe Struktur sowohl mit dem Begriff Mittellamelle als auch mit dem Begriff Zellwand. Inhaltliche Korrekturen an der Zeichnung nimmt sie keine vor.

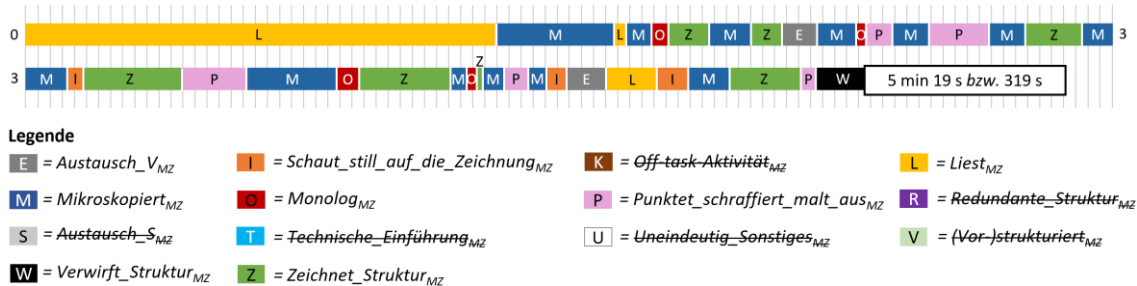


Abbildung A10.99 Abfolge der Tätigkeiten von Melinda (S10.2B) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2B in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Für ihre Zeichnung erlangt Melinda bei der kriterialen Beurteilung 30 von 36 Punkten (83.3%, $M = 75.7$, $SD = 13.5$). Setzt man diesen Wert in Bezug zur Bearbeitungsdauer ergeben sich 5.6 Punkte pro Minute ($M = 5.2$, $SD = 1.1$).

Retrospektion | Die Schülerin gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr das Zeichnen geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, aber eher nicht geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Ebenso schätzt sie ein, dass sie sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen bei der Sache war.

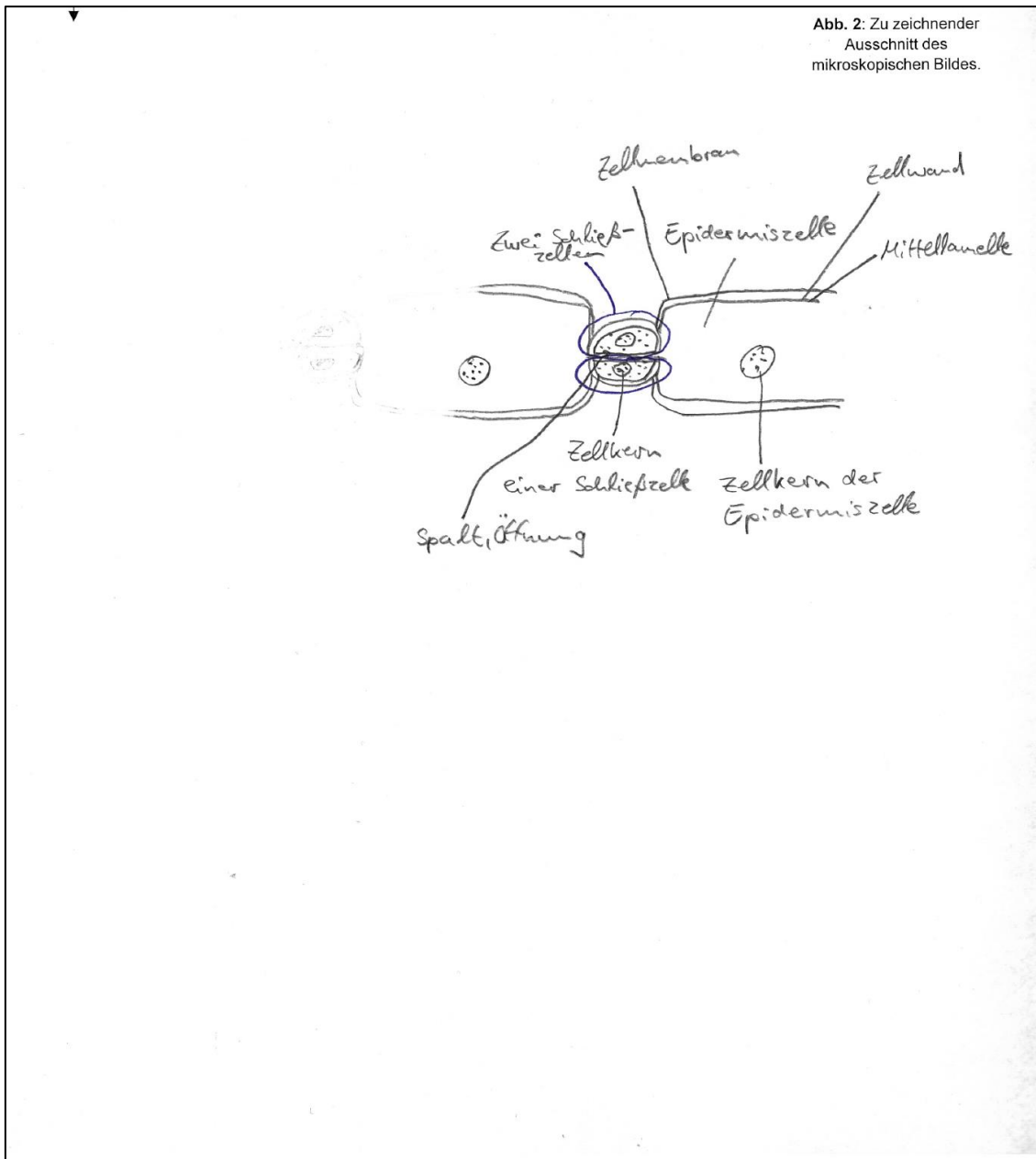


Abbildung A10.100 Zeichnung von Melinda (S10.2B) zum Kontext 10.2: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Melinda zeichnet zu Beginn einen deutlich größeren Ausschnitt aus dem Präparat, als in der Aufgabenstellung vorgegeben ist. Sie fragt den Versuchsleiter, ob sie noch mehr Zellen zeichnen soll. Daraufhin erkennt sie, dass sie bereits deutlich mehr Zellen gezeichnet hat, als im Ausschnitt zu sehen sind. Die Schülerin verwirft daraufhin etwa die Hälfte ihrer Zeichnung, indem sie diese ausradiert:

„Soll ich noch mehr angrenzende Zelle zeichnen? [E: Wenn du denkst, dass es in dem Ausschnitt liegt.] Achso, oh. Einen Moment. [Die Schülerin entfernt das linke außerhalb des zu zeichnenden Bildausschnitts liegende Schließzellenpaar und einen Teil der

Epidermiszelle mit Radiergummi.] So würde ich sagen, ist der Ausschnitt ungefähr.“
(S10.2B, b3).

Auf ihr Vorgehen geht sie auch im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen noch einmal ein:

„Ich habe erstmal vergessen, den Ausschnitt genau anzuschauen. [...] Und weil ich gemerkt habe, dass es im Ausschnitt anders ist, habe ich nochmal die andere Hälfte, also die andere Epidermiszelle gezeichnet und die andere Schließzelle wegradiert.“
(S10.2B, b16).

An mehreren Stellen wird deutlich, dass die Schülerin mit gängigen zeichnerischen Konventionen nicht vertraut ist (z. B. ausschließliche Verwendung eines Bleistifts und Verzicht auf Farbe). In einer ihrer Rückfragen während des Zeichnens zeigt sich unmittelbar die fehlende Kenntnis der fachwissenschaftlichen Konventionen:

„[...] und dann ist innendrin nochmal etwas Pinkfarbenes [gemeint ist der Zellkern der jeweiligen Schließzelle]. Jetzt nicht farbig machen, oder?“ (S10.2B, b3).

Melinda bringt ihre Unsicherheit bei der Darstellung der mikroskopischen Strukturen auch retrospektiv während der mündlichen Reflexionsfragen zum Ausdruck. Auf die Frage, was ihr schwergefallen ist, betont sie:

„Ich wusste nicht genau, was das im Zellkern war, die Punkte. Also habe ich einfach mal so Punkte gemacht, wusste aber nicht, ob das so richtig war und ob das so genau da hinsollte. Sonst eigentlich ging es.“ (S10.2B, b18).

Einzelne Strukturen punktet die Schülerin in ihrer Zeichnung für 32 Sekunden lang. Damit entfallen etwa 10% der Bearbeitungsdauer auf die Ausführung dieser optionalen Tätigkeit. Außerdem umrandet sie das Schließzellenpaar mit blauem Kugelschreiber.

Die geringen Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen erschweren zusätzlich die Darstellung der gesehenen Strukturen. Auf Grund der von ihr während des lauten Denkens verbalisierten Gedanken, ist zu vermuten, dass ihr nicht immer bewusst ist, welche Strukturen sie jeweils gerade zeichnet:

„Als erstes sind da so eine Art Halbkreise mit einer kleinen Lücke zwischendrin würde ich sagen [...] In der unteren Form sind so kleine Punkte ein bisschen weiter auseinander und in den kleinen [gemeint sind die Zellkerne] sind größere und kleinere Punkte irgendwie. Die haben noch eine Umrandung [um die Schließzellen herum] und das gleiche nebendran nochmal [zeichnet das rechts danebenliegende Schließzellenpaar]. Die sind dann verbunden mit so, keine Ahnung, was das ist. In der Mitte ist, schätze ich mal, der Zellkern oder sowas, auch wieder mit den Punkten.“ (S10.2B, b3).

In ihrer Antwort auf die Frage, was ihr hätte besser gelingen können, werden die Unsicherheiten zum Aufbau pflanzlicher Zellen ebenso deutlich:

„Ich habe es jetzt nicht so ordentlich gezeichnet und vielleicht das mit der Zellwand genau auseinanderhalten. Ich weiß jetzt selber nicht, wie das genau ist, aber da waren ja drei verschiedene Linien. Auf der Abbildung danach war es in drei Linien differenziert und dass man das dann auch genau macht.“ (S10.2B, b21).

Wie vorab beschrieben, beschriftet Melinda dieselbe Struktur sowohl mit dem Begriff Mittellamelle als auch mit dem Begriff Zellwand. Sie differenziert zeichnerisch nicht zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran. Mindestens eine Struktur ist damit falsch beschriftet. Insgesamt fällt ihre Zeichnung auch etwas zu klein aus. Dies erschwert die Unterscheidung der einzelnen Strukturen im zentralen Bereich der Schließzellen.

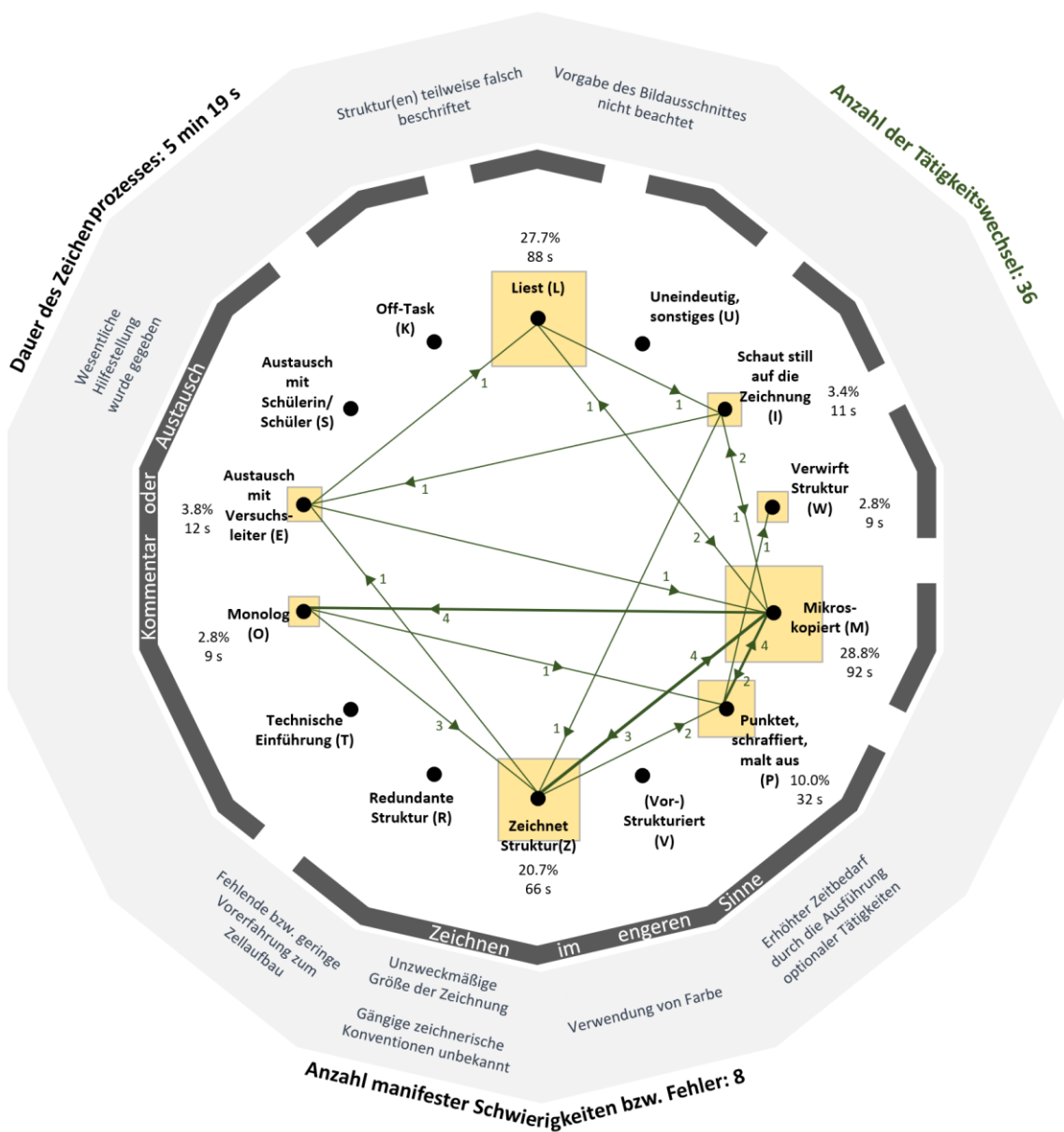


Abbildung A10.101 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Melinda (S10.2B)

Anhang 10.20 Victoria – S10.2C

Basisinformationen | In Kunst hatte Victoria zuletzt die Note Eins im Zeugnis. Bezogen auf das Fach Biologie ist sie sich nicht sicher, ob sie die Note Eins oder Zwei hatte. Die beim Leseverständnis gezeigte Leistung resultiert in einem PR-Wert von 3 ($M = 32.5, SD = 21.1$). Dies entspricht nach Schneider et al. (2007) einer sehr schwachen Leistung (Wertebereich: 0-5). Für ihre Lesegeschwindigkeit erreicht sie einen PR-Wert von 26 ($M = 37.0, SD = 17.3$). Dieser Wert entspricht dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) (Schneider et al., 2007). An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass Victorias Muttersprache Spanisch ist. Es fällt auf, dass sie an verschiedenen Stellen nach Wörtern sucht und teilweise langsam formuliert. Die Schülerin gibt an, dass sie sowohl gerne im Biologieunterricht als auch außerhalb des Biologieunterrichts zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Vor Beginn der Zeichenaufgabe kann Victoria eine relevante Information benennen, die für das Schaubild inhaltlich bedeutsam ist. Ihre fachlichen Vorerfahrungen sind als gering einzustufen.

Tätigkeitsanalyse | Victorias Vorgehen bei der Bearbeitung der Aufgabe lässt sich in Form einer Abfolge von 196 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD} M = 116.0, SD = 46.8$) beschreiben (Abb. A10.102). Zur Anfertigung der Zeichnung benötigt sie mit 24.5 Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 1470 s, M = 832.8, SD = 381.9$) teilweise mehr als doppelt so lange als die anderen Teilnehmenden innerhalb des Kontexts. Mit dem Lesen der Textgrundlage befasst sich die Schülerin mehr als 13 Minuten ($T_Liest_gesamt_{AD} = 798 s, M = 475.5, SD = 201.8$). Davon entfallen sieben Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 416 s, M = 284.5, SD = 82.7$) auf das Lesen des Texts im Vorfeld und etwas mehr als sechs Minuten ($T_Liest_während_{AD} = 382 s, M = 191.0, SD = 120.6$) auf das wiederholte Lesen einzelner Absätze parallel zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.103). Insgesamt blickt sie 66-mal ($AH_Liest_gesamt_{AD} M = 39.3, SD = 16.9$) auf die Textgrundlage. Innerhalb des Kontexts geht sie dieser Tätigkeit am häufigsten nach. Zum Notieren der Textinformationen benötigt Victoria etwa achteinhalb Minuten ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD} = 489 s, M = 219.5, SD = 158.2$) sowie eine weitere halbe Minute, um die Pfeile im Schaubild darzustellen ($T_Explizite_Relation_{AD} = 28 s, M = 17.5, SD = 6.3$). Insgesamt geht sie 63-mal der Darstellung von Textinformationen auf dem Arbeitsblatt nach. Innerhalb des Kontexts übt sie diese Tätigkeit damit mehr als doppelt so häufig aus als andere Teilnehmende. Auch die eigene Zeichnung überblickt sie mit 44-mal am häufigsten ($AH_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD} = 44, M = 22.3, SD = 13.4$). Sie nimmt sich dafür fast

zwei Minuten Zeit ($T_{Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}} = 110\text{ s}$, $M = 59.3$, $SD = 36.3$). An fünf Stellen verwirft Victoria bereits dargestellte Textinformationen ($AH_{Verwirft_Struktur_{AD}} M = 2.3$, $SD = 1.9$), benötigt dafür aber nur elf Sekunden. Die Schülerin lässt sich während der Aufgabenbearbeitung nicht ablenken. Victoria ist die einzige Schülerin, die ihre Gedanken an keiner Stelle in Form eines Monologs zum Ausdruck bringt ($T_{Monolog_{AD}} = 0\text{ s}$, $M = 20.8$, $SD = 17.6$). Abbildung A10.104 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

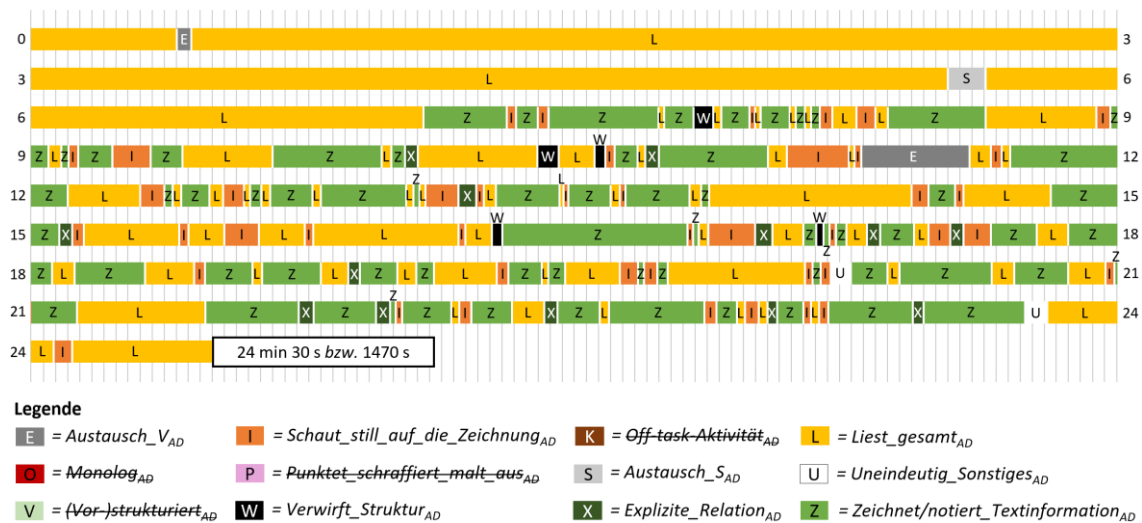


Abbildung A10.102 Abfolge der Tätigkeiten von Victoria (S10.2C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Victorias Zeichnung erreicht bei der kriterialen Beurteilung 20 von 24 Punkten (83.3%, $M = 85.4$, $SD = 3.6$). Sie stellt 14 von 15 Elementen (93.3%, $M = 71.7$, $SD = 13.6$) und 9 von 10 Relationen (90.0%, $M = 75.0$, $SD = 11.2$) dar. Innerhalb des Kontexts stellt sie von allen Teilnehmenden die meisten Elemente und Relationen dar. Auf Grund der überdurchschnittlich langen Bearbeitungsdauer ergeben sich mit 0.9 Elementen/Relationen pro Minute ($M = 1.5$, $SD = 0.4$) sowie 0.8 Punkten pro Minute ($M = 1.7$, $SD = 0.6$) innerhalb der Altersgruppe jedoch die niedrigsten Leistungswerte. Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Victorias Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Abb. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Vor dem Hintergrund der Schwierigkeit, sich verständlich in deutscher Sprache auszudrücken, wurde das kontextbezogene Verständnis nicht erfasst. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt Victoria an, dass ihr das Schaubild eher geholfen hat,

einen Überblick zu erlangen und den Kontext zu verstehen. Diese Einschätzung bestätigt sie auch im Zuge der mündlichen Reflexionsfragen:

„Es war auf jeden Fall besser, als nur den Text zu lesen.“ (S10.2C, b20).

Die Schülerin schätzt zudem ein, dass sie beim Lesen und bei der Aufgabenbearbeitung eher nicht bei der Sache war. Sie gibt auch an, dass ihr die Auswahl der relevanten Begriffe aus der Textgrundlage schwer fiel.

1. Gehirn bildet Zellen des Hypothalamus (TRH: Thyreo - tropin - Releasing - Hormon) → Kälte / Stress : Freisetzung des Hormons
2. TRH bindet in der Hypophyse → Thyreoidea - stimulierendes Hormon wird produziert (TSH)
3. TSH → Schilddrüse → TSH bindet an spezifische Rezeptoren der Schilddrüsenzellen
4. Schilddrüse setzt Thyroxin frei
→ Blut befördert Hormone im Körper
5. Körperzellen besitzen spezifische Rezeptoren für Thyroxin (Zielzellen)
6. Hypothalamus, Hypophyse → spezifische Rezeptoren
→ Thyroxin kann dort binden → Bindung hemmt Synthese u. Freisetzung von TRH / TSH
→ Hemmung (negative Rückkopplung)
→ Stabilisierung des Hormonhaushaltes

Abbildung A10.103 Zeichnung von Victoria (S10.2C) zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation

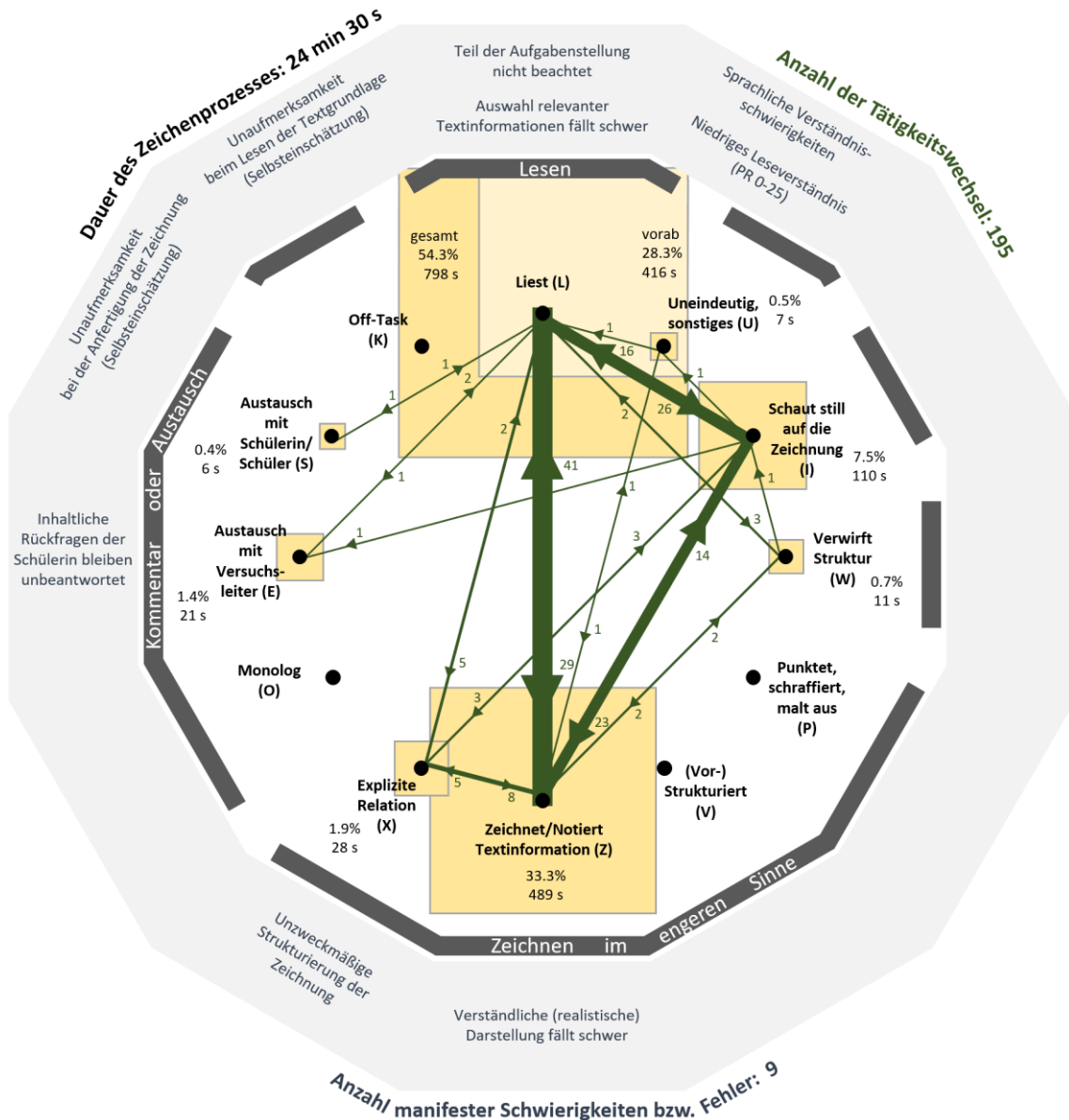


Abbildung A10.104 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms durch Victoria (S10.2C)

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Victoria beschäftigt sich sehr ausgiebig mit der Textgrundlage. Dafür sind in erster Linie die sprachlichen Verständnisschwierigkeiten verantwortlich. Die Erstsprache der Schülerin ist Spanisch. Deutsch stellt nur eine Fremd- bzw. Zweitsprache dar.

Während des Lesens nimmt Victoria mehrere Unterstreichungen in der Textgrundlage vor. Ihren ursprünglichen Gedanken, die Textinformationen realistisch abzubilden, verwirft sie nach kurzer Zeit, da sie dabei auf Schwierigkeiten stößt. Daraufhin wechselt die Schülerin auf die Rückseite des Arbeitsblatts, um dort die Darstellung unter Verwendung von Textbausteinen und Pfeilen von Neuem zu beginnen. Diesen Repräsentationstyp bezeichnet sie als Flussdiagramm. Ihr Vorgehen reflektiert sie retrospektiv:

„Zuerst habe ich angefangen zu lesen und gleichzeitig unterstrichen, was ich wichtig fand. [...] Zuerst wollte ich ein Bild zeichnen, aber dann fand ich es nicht so übersichtlich und dann habe ich ein Flussdiagramm gemalt.“ (S10.2C, b16, b18).

Die lineare Darstellung der Textinformationen gleicht weitestgehend einer gegliederten schriftlichen Zusammenfassung. Die gewählte Darstellungsform verhindert die zweckmäßige Strukturierung der Textinformationen und widerspricht der Aufgabenstellung (Anhang 4).

Als verbesserungswürdig schätzt sie die Formulierungen ihrer Stichpunkte ein, die sich nahe an dem Wortlaut des Texts bewegen:

„Vielleicht das Wichtige knapp zu formulieren. [...] Vielleicht nicht so viel schreiben.“ (S10.2C, b22, b27).

Victoria gibt abschließend an, dass ihr die Bearbeitung der Aufgabenstellung eventuell besser gelungen wäre, wenn sie im Rahmen der Untersuchung nicht unter Beobachtung gewesen wäre. Trotz dieses Einwands ist es ihr gelungen, mehr als 90% der Elemente und Relationen aus der Textgrundlage in ihr Schaubild zu integrieren:

„Ja, es wäre mir vielleicht besser gelungen, wenn ich das alleine mache und nicht unter so vielen Menschen.“ (S10.2C, b25).

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Victoria gibt an, dass sie im Jahr der Studiendurchführung bislang eine mikroskopische Zeichnung angefertigt hat, *„aber generell nicht so viel“* (S10.2C, a11) gezeichnet hat. Dabei betrachtete sie die Zellen eines Blatts. An das genaue Präparat kann sie sich nicht mehr erinnern. Die Zeichnungen wurden in der Vergangenheit nicht bewertet. Die Lehrkraft hat keine Regeln benannt, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Jedoch wurde ihr im Unterricht gezeigt, *„Wie man mit dem Mikroskop umgeht und dass man die Zeichnung beschriftet.“* (S10.2C, a15). Sie selbst achtet darauf, dass sie ihre Zeichnung *„ordentlich“* (S10.2C, a17) anlegt. Ein ähnliches Präparat hat sie bislang noch nicht unter dem Mikroskop betrachtet.

Zum Aufbau der pflanzlichen Zelle gibt Victoria an, dass diese eine Zellhülle und Chloroplasten besitzen, jedoch keinen Zellkern. Pflanzliche Zellen unterscheiden sich ihrer Auffassung nach von tierischen Zellen darin, dass nur tierische Zellen einen Zellkern besitzen. Gemäß der Aufgabenstellung stellt die Schülerin beim Zeichnen-Test jeweils drei pflanzliche und tierische Zellen dar. In ihrer Darstellung pflanzlicher Zellen überschneiden sich die gezeichneten Linien an mehreren Stellen. Victoria beschriftet ihre Zeichnung mit den Begriffen Zellplasma und Zellhülle. Ihre Zeichnung tierischer Zellen ähnelt den pflanzlichen Zellen, zeigt

jedoch Zellkerne. Sie beschriftet eine tierische Zelle mit den Begriffen Zellkern, Zellhülle und Zellplasma. Dabei grenzen die Beschriftungslinien der Begriffe Zellkern und Zellhülle nicht an die zu bezeichnenden Strukturen. Am Ende des Zeichnen-Tests kommentiert sie:

„Ich glaube, mehr weiß ich nicht. Das ist zu lange her.“ (S10.2C, a29).

Für ihre Zeichnung pflanzlicher Zellen erzielt sie 20 von 36 Punkten (55.6%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$) und für die der tierischen Zellen 18 von 36 Punkten (50.0%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$).

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen von Victoria bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung setzt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung aus einer Abfolge von 61 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 55.5$, $SD = 10.7$) zusammen (Abb. A10.105). Innerhalb des Kontexts benötigt sie mit fünfeinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 329$ s, $M = 319.0$, $SD = 11.6$) am längsten, um ihre Zeichnung fertigzustellen (Abb. A10.106). Davon beschäftigt sich Victoria 79 Sekunden (T_Liest_{MZ} $M = 71.5$, $SD = 12.5$) lang mit dem Lesen der Aufgabenstellung. Den Einführungstext beachtet sie wiederum nicht. Insgesamt mikroskopiert die Schülerin 23-mal ($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 18.8$, $SD = 5.0$) und nimmt sich dafür von allen Teilnehmenden mit 108 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 102.8$, $SD = 6.3$) am längsten Zeit. Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Victorias Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Zeichnenden Tätigkeiten geht Victoria innerhalb des Kontexts im Umfang von 73 Sekunden ($T_Zeichnet_gesamt_{MZ}$ $M = 92.8$, $SD = 15.1$) am kürzesten nach. Die eigene Zeichnung überblickt die Schülerin zwölfmal für insgesamt 32 Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 21.3$, $SD = 14.1$). Nur Pablo (S10.2D) nimmt sich dafür mehr Zeit. Bereits gezeichnete Strukturen verwirft Victoria nur ein einziges Mal. Hierfür benötigt sie acht Sekunden ($T_Verwirft_Struktur_{MZ}$ $M = 5.5$, $SD = 3.5$). Sie zeichnet daraufhin die Konturen der beiden Schließzellen neu ein. Während der gesamten Aufgabenbearbeitung lässt sie sich nicht ablenken. Abbildung A10.107 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Zu Beginn der zweiten Aufgabenstellung dreht Victoria das Zeichenblatt um 90 Grad nach rechts, bevor sie die Beschriftung ihrer mikroskopischen Zeichnung beginnt. Für die Beschriftung benötigt die Schülerin innerhalb des Kontexts mit mehr als fünf Minuten am längsten ($T_Beschriftung_Korrektur_{MZ} = 309$ s, $M = 221.3$, $SD = 57.3$). Sie nimmt diese gemäß der Vorlage vollständig vor. Im Zuge der zweiten Aufgabenstellung nimmt sie keine inhaltlichen Änderungen an der Zeichnung vor. Eine Differenzierung zwischen Mittellamelle, Zellwand und Zellmembran wird lediglich angedeutet.

Beurteilung | Victoria erzielt mit ihrer mikroskopischen Zeichnung bei der kriterialen Beurteilung 26 von 36 Punkten (72.2%, $M = 75.7$, $SD = 13.5$). In Relation zur Bearbeitungsdauer erlangt Victoria 4.7 Punkte pro Minute ($M = 5.2$, $SD = 1.1$).

Retrospektion | Sie gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihr das Zeichnen eher dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und die Zusammenhänge zu verstehen. Sie schätzt auch ein, dass sie beim Lesen und beim Zeichnen eher nicht bei der Sache war.

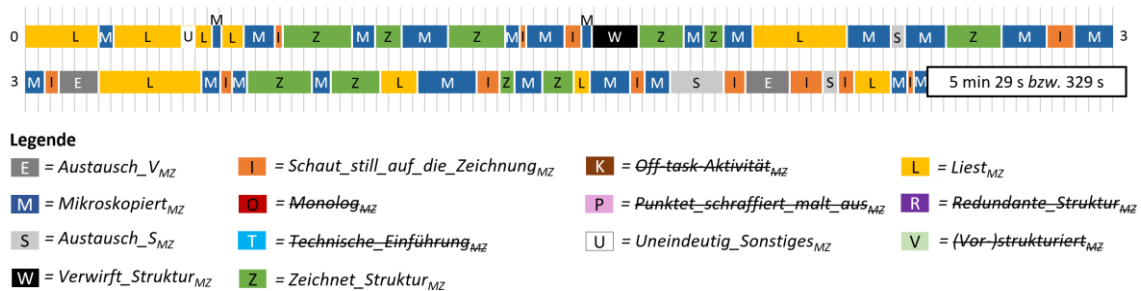


Abbildung A10.105 Abfolge der Tätigkeiten von Victoria (S10.2C) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2C in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Im Vorfeld wird deutlich, dass Victoria weitestgehend nicht mit zeichnerischen Konventionen vertraut ist und sie nur wenig fachliche Vorerfahrungen zum Aufbau pflanzlicher Zellen besitzt. Wie nachfolgend deutlich wird, wirken sich beide Gegebenheiten auf ihre Zeichnung aus. So wird beispielsweise während der Verständnisfragen deutlich, dass Victoria Schwierigkeiten mit dem Verständnis des zellulären Aufbaus hat. Auch wenn die Aufgabenstellung der mikroskopischen Zeichenaufgabe im Gegensatz zur Textgrundlage des Ablaufdiagramms es nicht abverlangt, längere Textabschnitte zu lesen, können die sprachlichen Hürden das fachliche Verständnis erschweren:

„Also zuerst gibt es in der Mitte so einen Zellkern, aber es gibt zwei. Dann gibt es zwei Zellhüllen, dann gibt es eine Zellmembran, die umrandet alles. Und in der Mitte gibt es eine Spalte oder Öffnung, auch als Stomata oder so bezeichnet. Es gibt wie ein Faden zu einem kleinen runden Kreis, Epidermiszelle oder sowas. Nein, das liegt ganz innen die Epidermiszelle und dann gibt es Epidermisirgendwas.“ (S10.2C, a40).

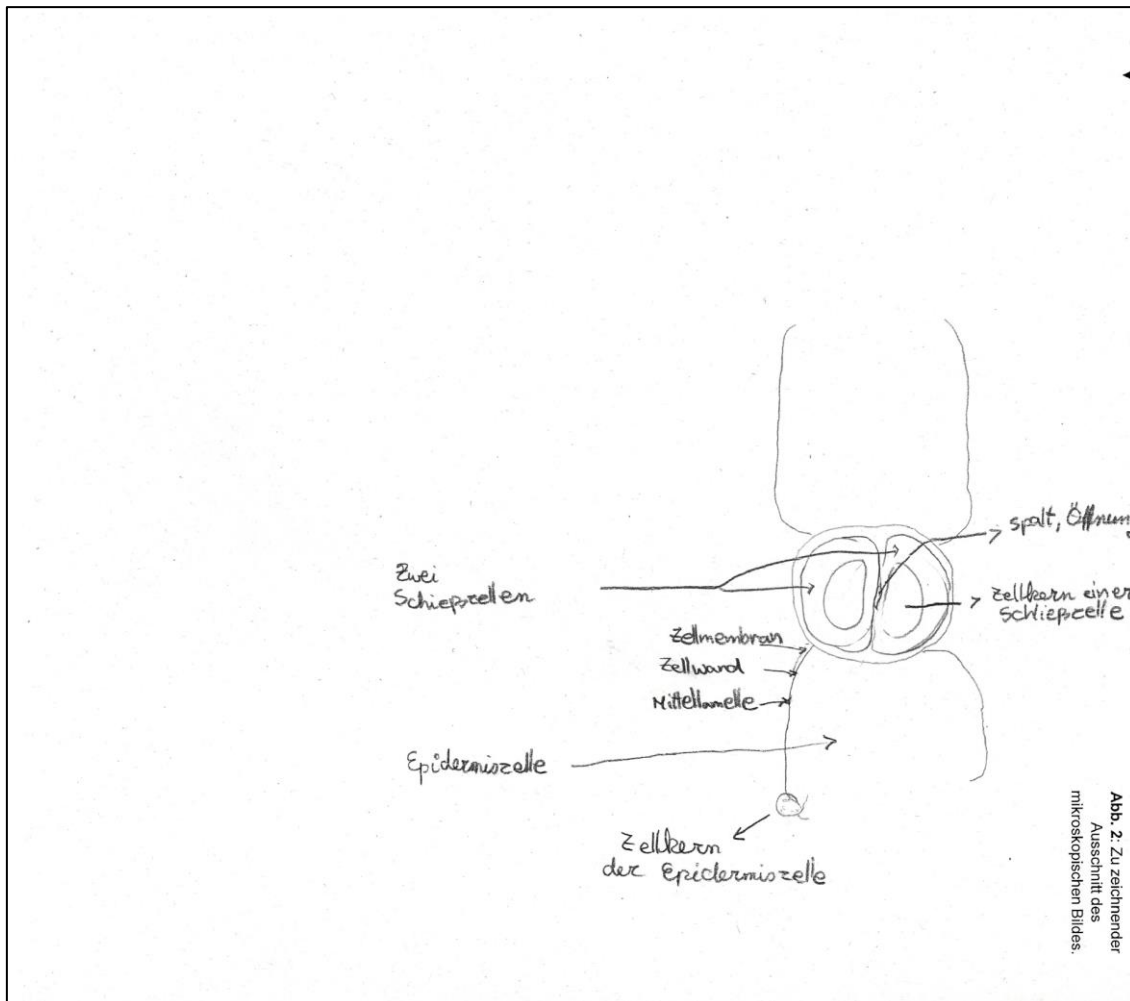


Abbildung A10.106 Zeichnung von Victoria (S10.2C) zum Kontext 10.2: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?*, um 90° nach links gedreht

Wie zuvor verdeutlicht, ist die Erstsprache der Schülerin Spanisch. Deutsch stellt nur eine Zweit- bzw. Fremdsprache dar. Der Einführungstext wird von Victoria nicht gelesen; sie blickt darauf lediglich flüchtig. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt sie zudem an, dass Sie sowohl beim Lesen als auch beim Zeichnen eher nicht aufmerksam war. Diese Einschätzung bestätigt sie auch auf die Frage, was sie beim nächsten Mal anders machen würde:

*„Ja, vielleicht mehr aufpassen. *lacht*“* (S10.2C, a54).

Bei den mündlichen Reflexionsfragen verdeutlicht sie ergänzend, dass sie sich unsicher war, welche Strukturen innerhalb des Ausschnitts darzustellen sind:

„Ja, also ich wusste nicht, bis wohin ich zeichnen musste, aber weil ich die Abbildung nicht so gut sehen konnte, die den Ausschnitt zeigt. Aber sonst war es gut.“ (S10.2C, a49).

Unabhängig vom Bildausschnitt tendiert Victoria stellenweise zu einer uneindeutigen Linieneinführung und einer zu abstrakten Darstellung. Dies ist ebenfalls bei den Zeichnungen des Zeichnen-Tests festzustellen. So überschneiden sich auch in ihrer mikroskopischen

Zeichnung einige der Linien oder sind stellenweise unterbrochen. Außerdem wird eine der beiden Schließzellen nicht geschlossen dargestellt.

Die Beschriftung der Zeichnung nimmt die Schülerin gemäß der Vorlage zwar vollständig vor, doch grenzt beispielsweise die Beschriftungslinie des Zellkerns der Epidermiszelle nicht an die zu bezeichnende Struktur. Weiterhin nimmt Victoria zeichnerisch keine Differenzierung zwischen der Mittellamelle, der Zellwand und der Zellmembran vor, sodass sie diese während der zweiten Aufgabenstellung folglich nicht korrekt beschriften kann. Da sie die Zellen nur durch eine einzige Linie begrenzt, sind mindestens zwei der zuvor genannten Begriffe falsch beschriftet, da sie dieselbe Struktur bezeichnen.

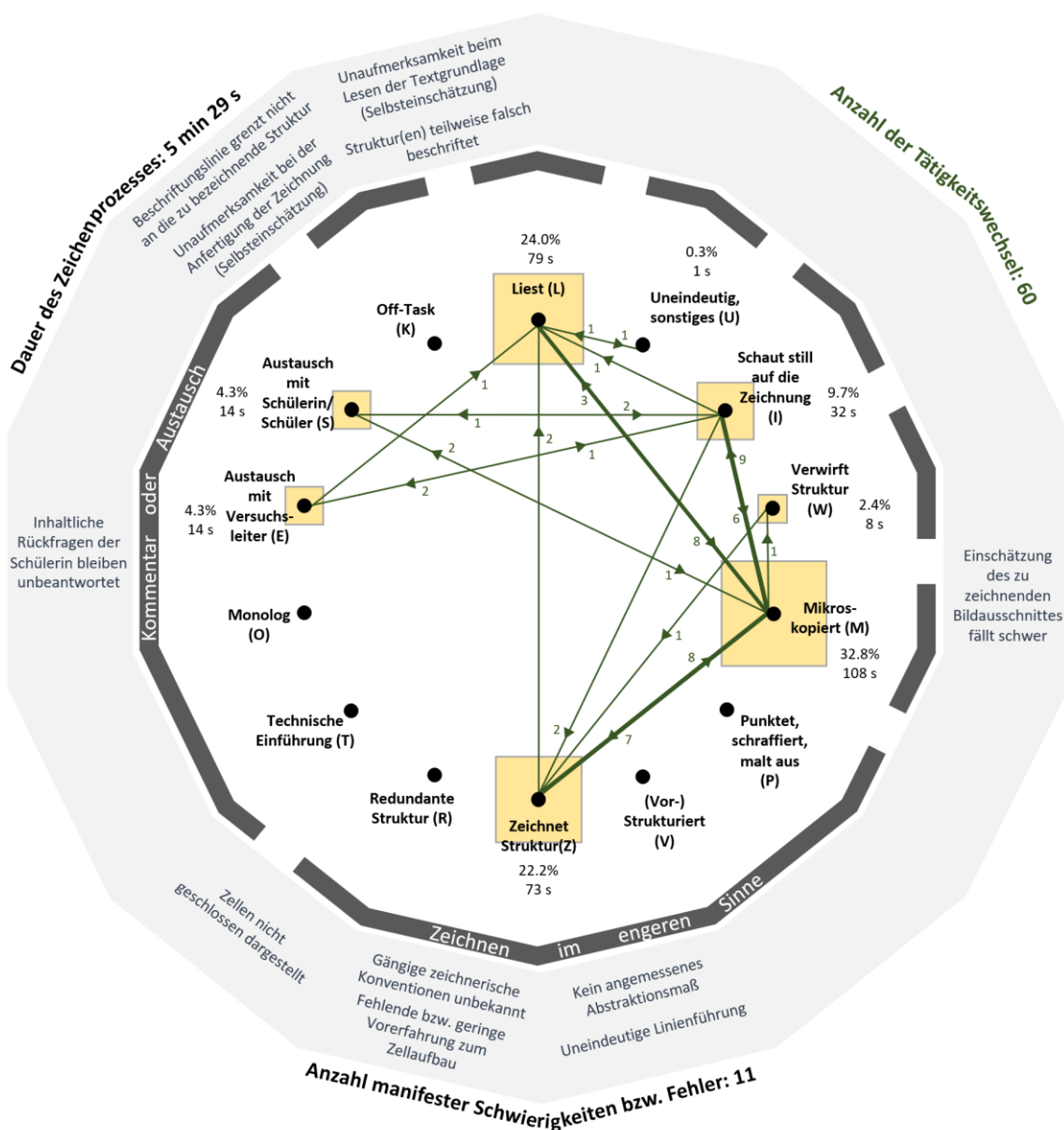


Abbildung A10.107 Zusammenfassende Darstellung des Anteils und der Dauer der Tätigkeiten, der Tätigkeitswechsel und der Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung durch Victoria (S10.2C)

Anhang 10.21 Pablo – S10.2D

Basisinformationen | Im Fach Biologie hatte Pablo zuletzt die Note Zwei und in Kunst die Note Drei im Zeugnis. Mit der von ihm gezeigten Lesegeschwindigkeit erreicht er einen PR-Wert von 29 ($M = 37.0$, $SD = 17.3$). Dieser Wert ist nach Schneider et al. (2007) dem unteren Durchschnitt durchschnittlicher Leistungen (Wertebereich: 26-50) zuzuordnen. Das gezeigte Leseverständnis entspricht einem PR-Wert von 20 ($M = 32.5$, $SD = 21.1$). Dies stellt eine unterdurchschnittliche Leistung (Wertebereich: 11-25) dar (Schneider et al., 2007). Er gibt an, dass er weder im Biologieunterricht noch außerhalb des Biologieunterrichts gerne zeichnet.

Ablaufdiagramm

Vorerfahrungen | Vor Beginn der Zeichenaufgabe kann der Schüler zwei für den Kontext relevante Informationen benennen. Seine fachliche Vorerfahrung ist als gering einzustufen. Mit ähnlichen Repräsentationsformen konnte Pablo auch außerhalb des Biologieunterrichts bereits einige Erfahrungen sammeln. Die Darstellung der hormonellen Regulation hat er bereits am Beispiel des Geschlechtshormons Testosteron kennengelernt:

„Ein paarmal. Was wir machen, sind meistens Mindmaps. [...] Dieses Prinzip hier kann man schlecht mit einer Mindmap darstellen, finde ich. Eine Darstellungsweise wie diese bisher nur bei der negativen Rückkopplung im Zusammenhang mit der hormonellen Regulation des Testosterons. In anderen Fächern, wie zum Beispiel Erdkunde, haben wir es schon häufiger gemacht.“ (S10.2D, b30, b32).

Tätigkeitsanalyse | Pablos Vorgehen während der Bearbeitung der Aufgabenstellung lässt sich in Form einer Abfolge von 77 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_{AD}$ $M = 116.0$, $SD = 46.8$) veranschaulichen (Abb. A10.108). Innerhalb des Kontexts benötigt er zur Überführung der Textinformationen in sein Schaubild (Abb. A10.109) mit achteinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_{AD} = 512$ s, $M = 832.8$, $SD = 381.9$) am wenigsten Zeit. Davon entfallen dreieinhalb Minuten ($T_Liest_vorab_{AD} = 216$ s, $M = 284.5$, $SD = 82.7$) auf das Lesen des Texts im Vorfeld und knapp eine Minute ($T_Liest_während_{AD} = 56$ s, $M = 191.0$, $SD = 120.6$) auf das wiederholte Lesen einzelner Textabschnitte. Innerhalb der Altersgruppe blickt er im geringsten Umfang auf die Textgrundlage, während er das Schaubild konstruiert. Mit dem Darstellen der Inhalte auf dem Zeichenblatt beschäftigt er sich insgesamt 111 Sekunden ($T_Zeichnet_gesamt_{AD}$ $M = 241.0$, $SD = 162.9$), wovon 94 Sekunden ($T_Zeichnet/notiert_Textinformation_{AD}$ $M = 219.5$, $SD = 158.2$) auf das Notieren von Begriffen entfallen und 17 Sekunden ($T_Explizite_Relation_{AD}$ $M = 17.5$, $SD = 6.3$) auf das Verdeutlichen der Relationen mittels Pfeilen. Er

geht 29-mal zeichnenden Aktivitäten nach ($AH_Zeichnet_gesamt_{AD}$ $M = 41.5$, $SD = 19.9$). Pablo überblickt die eigene Zeichnung regelmäßig und nimmt sich dafür 75 Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{AD}$ $M = 59.3$, $SD = 36.3$) lang Zeit. In drei Fällen verwirft er dargestellte Strukturen ($AH_Verwirft_Struktur_{AD}$ $M = 2.3$, $SD = 1.9$), benötigt dafür jedoch nur sieben Sekunden. Der Schüler lässt sich an keiner Stelle von der Aufgabenbearbeitung ablenken. Abbildung A10.110 stellt den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion des Ablaufdiagramms zusammenfassend dar.

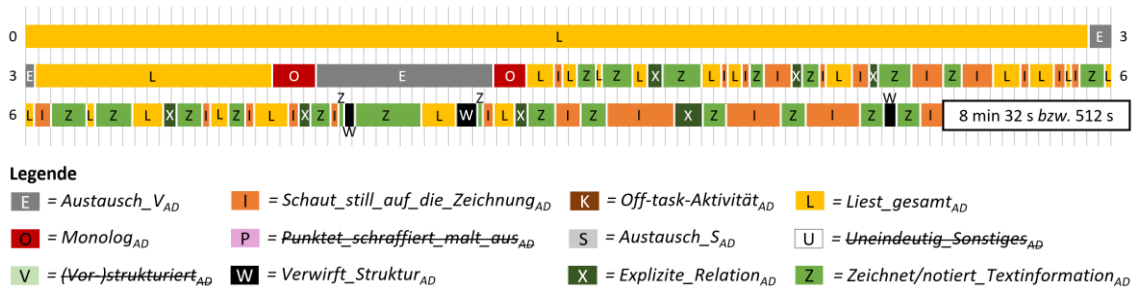


Abbildung A10.108 Abfolge der Tätigkeiten von Pablo (S10.2D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (Ablaufdiagramm)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Pablo erreicht mit seiner Zeichnung bei der kriterialen Beurteilung 20 von 24 Punkten (83.3%, $M = 85.4$, $SD = 3.6$). Er stellt insgesamt 9 von 15 Elementen (60.0%, $M = 71.7$, $SD = 13.6$) und 7 von 10 Relationen (70.0%, $M = 75.0$, $SD = 11.2$) dar. Auf Grund der überdurchschnittlich schnellen Bearbeitungsdauer erzielt der Schüler innerhalb des Kontexts die höchsten Leistungswerte: 1.9 Elemente/Relationen pro Minute ($M = 1.5$, $SD = 0.4$) sowie 2.3 Punkte pro Minute ($M = 1.7$, $SD = 0.6$). Auf Grund der ausschließlich deskriptional dargestellten Elemente lässt sich Pablos Zeichnung dem schriftorientiert abbildenden Typ III zuordnen (Tab. 9.37, 9.4.1).

Retrospektion | Pablo kann im Anschluss an die Zeichenaufgabe alle neun dargestellten Elemente benennen. Darüber hinaus nennt er zwei weitere im Text genannte Informationen, die er im Schaubild nicht dargestellt hat. Bei den Selbsteinschätzungsaussagen gibt er an, dass ihm das Schaubild einerseits dabei geholfen hat, einen Überblick zu erlangen und andererseits den Kontext zu verstehen. Diese Einschätzung bestätigt er auch im Rahmen der mündlichen Reflexionsfragen:

„Es hat schon geholfen es zu verstehen oder wieder reinzukommen.“ (S10.2D, b21).

Er gibt auch an, dass er sowohl beim Lesen des Texts als auch bei der Bearbeitung der Aufgabenstellung eher bei der Sache war. Die Auswahl der Begriffe fiel ihm seiner Einschätzung nach nicht schwer. Auch die spätere Frage, ob ihm etwas schwergefallen ist, verneint er. Da Pablo mehr als ein Drittel der Begriffe übersieht, gelangt er vor diesem Hintergrund zu keiner realistischen Selbsteinschätzung.

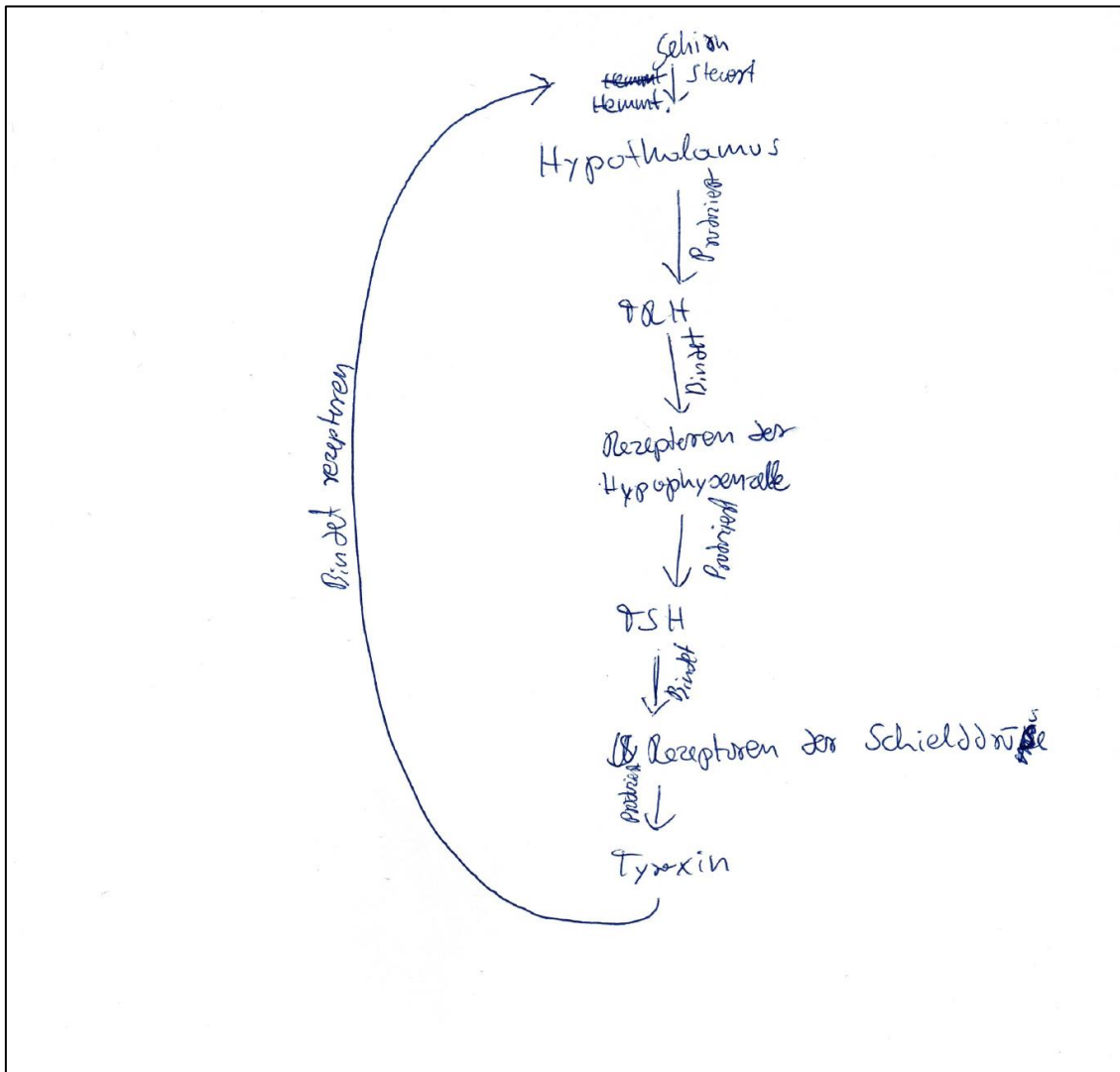


Abbildung A10.109 Zeichnung von Pablo (S10.2D) zum Kontext 10.2: Schilddrüse und hormonelle Regulation

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Bei der Erschließung der Textgrundlage nutzt Pablo Lesestrategien. Er kreist Begriffe ein und nimmt Unterstreichungen im Text vor. Sein Vorgehen bei der Textarbeit und der Anfertigung der Zeichnung beschreibt er wie folgt:

„Ich habe es mir einfach durchgelesen und dabei wichtige Schlüsselwörter entweder unterstrichen oder irgendwie markiert und das war es eigentlich. [...] Da habe ich einfach nach den Schlüsselwörtern, die ich unterstrichen hatte, gesucht und bin im Zusammenhang vom Text geblieben.“ (S10.2D, b17, b19).

Mikroskopische Zeichnung

Vorerfahrungen | Pablo gibt an, dass er bislang „vielleicht vier- oder fünfmal“ (S10.2D, a11) mikroskopisch gezeichnet hat. Er erinnert sich daran, dass er Zwiebelzellen und andere pflanzliche Zellen gezeichnet hat. Die Zeichnungen wurden nicht bewertet. Die Lehrkraft hat außerdem keine Regeln genannt, die es beim Zeichnen zu beachten gilt. Sein Vorgehen bei der Anfertigung einer mikroskopischen Zeichnung beschreibt Pablo wie folgt:

„Es kommt immer darauf an, was es jetzt ist. Einfach am Mikroskop fokussieren und dann zeichnen, einfach loslegen.“ (S10.2D, a17).

Er verdeutlicht, dass eine pflanzliche Zelle eine Zellwand, Cytoplasma und Zellorganellen besitzt. Er gibt auch an, dass eine pflanzliche Zelle seiner Erinnerung nach keinen Zellkern besitzt. Die Unterschiede zwischen pflanzlichen und tierischen Zellen liegen seiner Auffassung nach darin, dass tierische Zellen keine Zellwand besitzen und nur tierische Zellen über einen Zellkern verfügen.

Beim Zeichnen-Test stellt der Schüler jeweils drei pflanzliche und drei tierische Zellen dar. Diese grenzen jedoch nicht aneinander. Die Darstellung weicht damit von der Aufgabenstellung ab. Zwischen den einzelnen pflanzlichen Zellen befindet sich ein kleiner und zwischen den tierischen Zellen ein großer Abstand. Eine der tierischen Zellen und zwei der pflanzlichen Zellen sind nicht geschlossen dargestellt. Die Linienführung ist teilweise unterbrochen. Im Zeichenfeld der pflanzlichen Zellen beschriftet Pablo an einer Zelle das Cytoplasma und die Zellwand. Die Beschriftungslinie der Zellwand grenzt nicht an die zu bezeichnende Struktur. Im Zeichenfeld der tierischen Zellen beschriftet er das Cytoplasma und den Zellkern. Für seine Zeichnung pflanzlicher Zellen erhält er bei der kriterialen Beurteilung 22 von 36 Punkten (61.1%, $M = 60.8$, $SD = 8.8$) und für seine Zeichnung tierischer Zellen 17 von 36 Punkten (47.2%, $M = 54.0$, $SD = 8.1$). Seine fachliche Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher und tierischer Zellen ist vor diesem Hintergrund als niedrig einzustufen.

Tätigkeitsanalyse | Das Vorgehen von Pablo bei der Anfertigung der mikroskopischen Zeichnung lässt sich bezogen auf die erste Aufgabenstellung anhand einer Abfolge von 61 Tätigkeiten ($AH_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ}$ $M = 55.5$, $SD = 10.7$) visualisieren (Abb. A10.111). In Summe benötigt der Schüler für die Ausübung aller zur Anfertigung der Zeichnung (Abb. A10.112) notwendigen Tätigkeiten fünfeinhalb Minuten ($T_Alle_Tätigkeiten_bereinigt_{MZ} = 328$ s, $M = 319.0$, $SD = 11.6$). Während der Bearbeitung der Aufgabe liest er zunächst den Einführungstext und die Aufgabenstellung. Auf letztere blickt er im weiteren Verlauf mehrmals. In Summe widmet er sich dem Einführungstext und der Aufgabenstellung etwa eine Minute ($T_Liest_{MZ} = 61$ s, $M = 71.5$, $SD = 12.5$) lang. Er blickt 16-mal

($AH_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 18.8$, $SD = 5.0$) durch das Mikroskop und betrachtet das mikroskopische Präparat für 106 Sekunden ($T_Mikroskopiert_{MZ}$ $M = 102.8$, $SD = 6.3$). Auf Grund des regelmäßigen, aber nicht extrem häufigen Betrachtens des mikroskopischen Präparats lässt sich Pablos Zeichnung dem objektorientiert abbildenden Typ II zuordnen (Abb. 9.39, 9.4.2). Für die Darstellung der gesehenen Strukturen benötigt Pablo 86 Sekunden ($T_Zeichnet_Struktur_{MZ}$ $M = 76.0$, $SD = 7.4$). Innerhalb des Kontexts überblickt er die eigene Zeichnung mit 15-mal am häufigsten und mit 38 Sekunden ($T_Schaut_still_auf_die_Zeichnung_{MZ}$ $M = 21.3$, $SD = 14.1$) in Summe am längsten. Pablo verwirft an einer Stelle einen Teil der Zellwand der oberen Epidermiszelle. Er benötigt dafür nur wenige Sekunden ($T_Verwirft_Struktur_{MZ} = 5$ s, $M = 5.5$, $SD = 3.5$). Der Schüler lässt sich während der gesamten Aufgabenbearbeitung an keiner Stelle von anderen Tätigkeiten ablenken, die nicht im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung stehen. Abbildung A10.113 stellt abschließend den Anteil der Tätigkeiten am Zeichenprozess, die Tätigkeitsdauer sowie die Schwierigkeiten bzw. Fehler während der Konstruktion der mikroskopischen Zeichnung zusammenfassend dar.

Zur Beschriftung der eigenen Zeichnung im Zuge der zweiten Aufgabenstellung benötigt Pablo knapp drei Minuten ($T_Beschriftung_Korrektur_{MZ} = 178$ s, $M = 221.3$, $SD = 57.3$). Inhaltliche Korrekturen an seiner mikroskopischen Zeichnung nimmt er keine vor. Die Beschriftung ist unvollständig, da die Zellmembran nicht beschriftet wurde. Die Beschriftungslinie des Begriffs Zellkern der Epidermiszelle grenzt außerdem nicht an die zu bezeichnende Struktur.

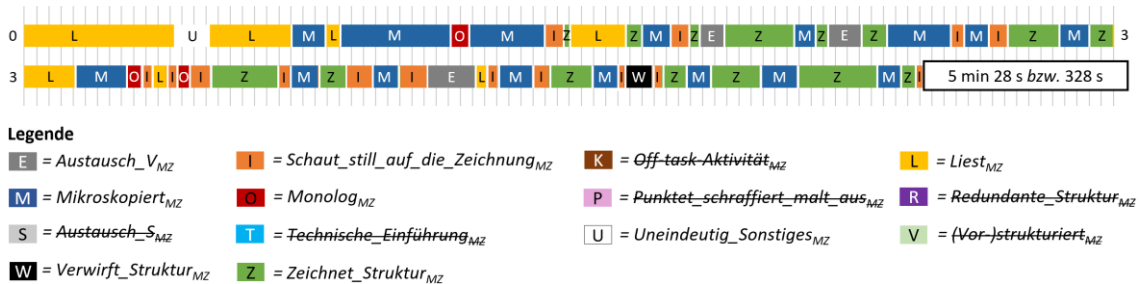


Abbildung A10.111 Abfolge der Tätigkeiten von Pablo (S10.2D) während der Bearbeitung der Zeichenaufgabe (mikroskopische Zeichnung)

Anmerkung. Informationen zur Häufigkeit und Dauer der Tätigkeiten lassen sich dem Schülerprofil S10.2D in Anhang 7 sowie den test- und phasenbezogenen Auswertungen in Anhang 9 entnehmen.

Beurteilung | Innerhalb des Kontexts erreicht er bei der kriterialen Beurteilung mit 20 von 36 Punkten (55.6 %, $M = 75.7$, $SD = 13.5$) die niedrigste Gesamtpunktzahl. In Zusammenhang mit der Bearbeitungsdauer ergibt sich mit 3.7 Punkten pro Minute ($M = 5.2$, $SD = 1.1$) ebenso der niedrigste Leistungswert innerhalb des Kontexts.

Retrospektion | Pablo gibt bei den Selbsteinschätzungsaussagen an, dass ihm das Zeichnen eher geholfen hat, einen Überblick zu erlangen, aber eher nicht dabei geholfen hat, die Zusammenhänge zu verstehen. Er schätzt auch ein, dass er beim Lesen bei der Sache und beim Zeichnen eher bei der Sache war.

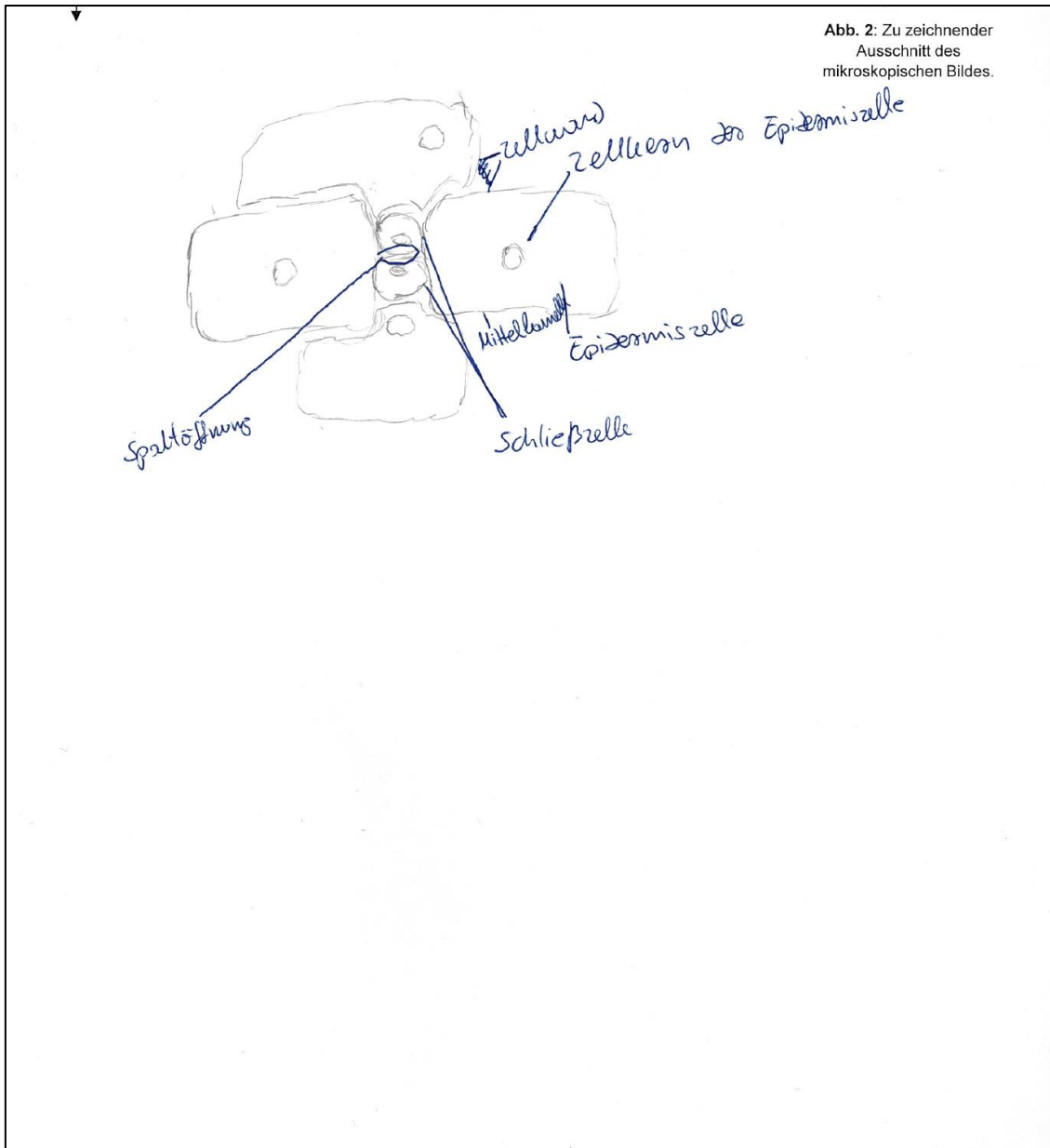


Abbildung A10.112 Zeichnung von Pablo (S10.2D) zum Kontext 10.2: *Gasaustausch und Transpiration – Wie atmen Pflanzen?*

Auffälligkeiten und Schwierigkeiten | Pablo gibt vor dem Zeichnen-Test an, dass pflanzliche Zellen keinen Zellkern besitzen. Bei der Betrachtung des mikroskopischen Präparats erkennt er, dass pflanzliche Zellen doch einen Zellkern besitzen:

„Ich sehe gerade, die haben also doch Zellkerne. [...] Ok.“ (S10.2D, a37).

Die geringe fachliche Vorerfahrung zum Aufbau pflanzlicher Zellen und die fehlende Kenntnis zeichnerischer Konventionen wirkt sich auf die mikroskopische Darstellung aus. Er beschreibt sein Vorgehen wie folgt:

„So, wie ich es normalerweise auch immer mache. Einfach loslegen und zeichnen, aber ab und zu wieder zurück durch das Mikroskop schauen, wenn ich vergessen habe, wie es ausgesehen hat.“ (S10.2D, a47).

Nachdem Pablo bereits einige Strukturen dargestellt hat, fragt er den Versuchsleiter, ob er noch mehr als das bislang Gezeichnete darstellen soll. Der Versuchsleiter verweist auf den rechts unterhalb der Aufgabenstellung gezeigten Bildausschnitt:

„Die restlichen Zellen auch oder nur den Ausschnitt? [E: Das, was du im Bildausschnitt siehst.] Ok, gut.“ (S10.2D, a34).

Nach dieser Hilfestellung erweitert Pablo seine Zeichnung. In Folge der Erweiterung stellt er mehr Zellstrukturen dar, als im Bildausschnitt zu sehen sind. Dabei gelingt ihm hinsichtlich der nebeneinander dargestellten Zellen keine angemessene Abstraktion des Gesehenen: Die dargestellten Zellen sind mit geringem Abstand zueinander auf dem Zeichenblatt positioniert und grenzen nicht natürlich aneinander. Er bildet sämtliche Strukturen durch eine Vielzahl dünner Linien ab. Die sich daraus ergebenden Formen entsprechen nur teilweise den Proportionen des mikroskopischen Präparats. An manchen Stellen sind die Umrisse der Zellen nur grob angedeutet. Durch die gestrichelte Linienführung sind einzelne Zellen nicht geschlossen dargestellt. Die Zeichnung des Schülers fällt zudem tendenziell zu klein aus. Beispielsweise ist daher der Spalt zwischen den Schließzellen nicht zu erkennen. Unter dem Mikroskop erscheinen die angefärbten Zellkerne rosa. Pablo fragt den Versuchsleiter in diesem Zusammenhang, ob er Strukturen bunt darstellen soll. In seiner Zeichnung differenziert der Schüler außerdem zeichnerisch nicht zwischen Zellwand, Zellmembran und Mittellamelle. Die gleiche Struktur wird sowohl mit dem Begriff Mittellamelle als auch dem Begriff Zellwand bezeichnet. Mindestens eine Beschriftung ist folglich falsch. Trotz der Vorlage im Zuge der zweiten Aufgabenstellung vergisst er die Beschriftung der Zellmembran. Weiterhin grenzt die Beschriftungslinie des Zellkerns nicht an die zu bezeichnende Struktur. Abschließend erkennt er nur sehr wenig Verbesserungspotential an der eigenen Zeichnung:

„Beim Zeichnen an sich nicht[s], [...]“ (S10.2D, a49).

Er merkt lediglich an, dass er die Strukturen genauer hätte darstellen können. Die Frage, ob er beim nächsten Mal etwas anders machen würde, verneint er.

Lebenslauf

Angaben zur Person

Name: Christian Alexander Scherb

Ausbildung

2016-2022	Doktorand und wissenschaftlicher Mitarbeiter in der AG Biologiedidaktik an der Universität Koblenz-Landau
2013-2015	Studium an der Universität Koblenz-Landau, Master of Education (Bildungswissenschaften, Biologie, Geografie)
2009-2013	Studium an der Universität Koblenz-Landau, Bachelor of Education (Bildungswissenschaften, Biologie, Geografie)