

# Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache von Vorschulkindern

Effekte kontext-reduzierter Gespräche auf  
konzeptuelle Vorstellungen zu Hebelwirkung und  
bildungssprachliche Lexik und Grammatik

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades eines  
Doktors der Philosophie  
am Fachbereich 5: Erziehungswissenschaften  
der Universität Koblenz-Landau

vorgelegt am 13.12.2019

von Maren Ebel

Erstgutachterin: Prof. Dr. Gisela Kammermeyer

Zweitgutachter: Prof. Dr. Alexander Kauertz



## Danksagung

Ich möchte mich zunächst bei der DFG und der Universität Koblenz-Landau bedanken, dass sie mit dem DFG-Graduiertenkolleg „Unterrichtsprozesse“ (UpGrade) sehr gute Rahmenbedingungen zur Promotion zur Verfügung gestellt haben. Ebenfalls danken möchte ich Prof. Dr. Miriam Leuchter, die mir gute Rahmenbedingungen zum Fertigstellen der Dissertation zur Verfügung gestellt hat.

Weiterhin möchte ich den Betreuer\_innen und Kolleg\_innen des Graduiertenkollegs und der Arbeitsgruppe Physikdidaktik für den hilfreichen fachlichen Austausch danken. Besonderer Dank gilt dabei meinen Betreuern Prof. Dr. Gisela Kammermeyer und Prof. Dr. Alexander Kauertz sowie Dr. Patrick Löffler, die mir immer wieder wertvolles Feedback gegeben haben.

Danken möchte ich außerdem den an den Studien teilnehmenden Kindertagesstätten: vielen Dank an die Leitungen und Erzieher\_innen, die das Durchführen der Studie in ihrer Einrichtung ermöglicht haben; danke an die Kinder für die Teilnahme an den Befragungen und der Förderung; und danke an die Eltern für das Einverständnis und das damit entgegebene Vertrauen.

Ein weiterer Dank geht an die zuverlässigen wissenschaftlichen Hilfskräfte, ohne die die Umsetzung der Hauptstudie in dieser Form nicht möglich gewesen wäre. Weiterhin danke ich Siegfried Bartling für die Anfertigung der Zeichnungen zur Einführungsgeschichte, Siegmund Bopp für die Umsetzung meiner Anpassungswünsche an den Werkzeugen und Daniel Klapp für die Unterstützung bei den Fotoaufnahmen zum Wortschatztest.

Darüber hinaus bin ich meiner Familie und engen Freunden dafür dankbar, dass sie es mir ermöglicht haben, mich ganz auf die Promotion zu fokussieren und mir Rückhalt gegeben haben. Besonderer Dank gilt hier meinem Mann, meinen Eltern und meinen Schwiegereltern.

## Abstract

Die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache beginnt schon vor dem Schuleintritt und bildungssprachliche und naturwissenschaftliche Kompetenzen werden als wichtige Faktoren für Schulerfolg angesehen (Ehlich, Bredel & Reich, 2008; Saçkes, Trundle & Bell, 2013). Die frühe Förderung dieser Kompetenzen ist deshalb sinnvoll. Lernumgebungen, die naturwissenschaftliche Konzepte fördern (Hardy, Möller & Stern, 2006; Leuchter, Saalbach & Hardy, 2014), zeichnen sich ebenso wie Lernumgebungen, die Bildungssprache fördern (Gibbons, 2006; Quehl & Trapp, 2013), dadurch aus, dass sie zum Sammeln eigener Erfahrungen (z.B. beim Experimentieren) und zum Versprachlichen und Begründen eigener Gedanken anregen (z.B. in Planungs- und Reflexionsphasen). Die zur Förderung von Bildungssprache erforderliche sprachliche Komplexität wird besonders in Gesprächen herausgefordert, die außerhalb der Experimentiersituation, d.h. kontext-reduziert, stattfinden (Gibbons, 2006; Quehl & Trapp, 2013). Bisherige Forschung untersucht allerdings entweder sprachliche oder konzeptuelle Fortschritte und dies überwiegend im schulischen Kontext. Eine gemeinsame Betrachtung beider Bereiche bei Vorschulkindern fehlt bisher. Die zentrale Forschungsfrage der Arbeit lautet daher: „Welche Effekte haben kontext-reduzierte Gespräche auf Vorstellungen von Vorschulkindern zu zweiseitigen Hebeln und deren bildungssprachliche Lexik und Grammatik?“

Die Effekte kontext-reduzierter Gespräche wurden in einem quasi-experimentellen Design (N = 90) mit drei Gruppen untersucht. Alle Gruppen nahmen an Experimentierphasen zu zweiseitigen Hebeln teil. Zwei Gruppen erhielten außerdem Planungs- und Reflexionsphasen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen. In der kontext-reduzierten Bedingung fanden die Planungs- und Reflexionsgespräche in raum-zeitlicher Trennung zum Experimentiermaterial statt, in der kontextualisierten Bedingung stand den Kindern das Material auch während der Planungs- und Reflexionsphasen zur Verfügung. Zwischen kontext-reduzierten und kontextualisierten Gesprächen konnten weder signifikante Unterschiede im naturwissenschaftlichen Konzept noch in den bildungssprachlichen Kompetenzen gefunden werden. Ein signifikanter Fördereffekt von Planungs- und Reflexionsgesprächen gegenüber der reinen Experimentierphase ohne Gespräche zeigt sich für konzeptuelle Vorstellungen zu zweiseitigen Hebeln, jedoch nicht für bildungssprachliche Lexik und Grammatik. Diese Ergebnisse lassen sich aus dem theoretischen Hintergrund nur bedingt erklären und geben Anlass für weitere Forschung.

# Inhalt

Danksagung .....	i
Abstract.....	ii
Einleitung .....	1
I. Naturwissenschaftliche Konzepte .....	3
1. Das Fachkonzept „Hebelwirkung“ .....	3
2. Naturwissenschaftliche Konzepte von Individuen.....	9
2.1 Funktionen von Konzepten .....	10
2.2 Konzepte als Repräsentationen von Sachverhalten .....	13
2.3 Besonderheiten naturwissenschaftlicher Konzepte .....	14
3. Hebelwirkung bei Vorschulkindern.....	18
3.1 Relational Complexity .....	18
3.2 Strategien zur Reduktion von relational complexity .....	21
3.3 Relational Complexity und kognitive Entwicklung.....	27
3.2.1 Studien zu Hebeln mit der Funktion „Gleichgewicht“ .....	28
3.2.2 Studien zu Hebeln mit der Funktion „Kraftverstärkung“ .....	34
4. Zusammenfassung .....	35
II. Bildungssprache.....	40
5. Bildungssprache: ein sprachliches Register.....	40
5.1 Bildungssprachliche Kommunikationssituationen .....	41
5.2 Wortschatz und Grammatik bildungssprachlicher Kommunikation.....	44
5.3 Kommunikation über naturwissenschaftliche Konzepte .....	47
5.4 Abgrenzung von Fachsprache.....	47
6. Bildungssprache bei Vorschulkindern.....	57
6.1 Kommunikationssituationen im Alltag von Vorschulkindern.....	58
6.2 Wortschatz.....	60
6.3 Grammatik .....	62
6.4 Kommunikation über Hebelwirkung als naturwissenschaftliches Konzept.....	65
7. Zusammenfassung .....	71

III. Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache von Vorschulkindern.....	73
8. Förderung von Vorschulkindern aus frühpädagogischer Sicht .....	73
8.1 Zone der nächsten Entwicklung.....	73
8.2 Ko-Konstruktivismus und Scaffolding .....	74
8.2.1 Mikro-Scaffolding.....	75
8.2.2 Makro-Scaffolding.....	76
9. Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache bei Vorschulkindern.....	77
9.1 Bestimmung der Zone der nächsten Entwicklung .....	77
9.1.1 Zone der nächsten Entwicklung zum Konzept Hebelwirkung.....	78
9.1.2 Zone der nächsten Entwicklung zu Bildungssprache über Hebelwirkung 79	
9.2 Mikro-Scaffolding durch verbale Unterstützungsmaßnahmen .....	80
9.2.1 Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte.....	80
9.2.2 Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache .....	87
9.3 Makro-Scaffolding.....	92
9.3.1 Makro-Scaffolding zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte .....	93
9.3.2 Makro-Scaffolding zur Förderung von Bildungssprache.....	96
10. Zusammenfassung .....	99
IV. Zusammenfassung, Forschungsfragen und Hypothesen .....	103
11. Zusammenfassung des Theorieteils und Verdeutlichung der Forschungslücke 103	
11.1 Naturwissenschaftliche Konzepte am Beispiel Hebelwirkung .....	103
11.2 Bildungssprache .....	104
11.3 Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und bildungssprachlicher Fähigkeiten von Vorschulkindern am Beispiel Hebelwirkung .....	105
11.3.1 Rahmenbedingungen der Lernumgebung .....	106
11.3.2 Materialauswahl für die Experimentierphase.....	108
11.3.3 Länge und Sequenzierung .....	109
11.3.4 Weitere Rahmenbedingungen der Lernumgebung.....	111
12. Forschungsfragen und Hypothesen .....	112

V. Vorstudie zur Erprobung der Methode Plan–Do–Review .....	114
13. Methode .....	114
13.1 Design .....	114
13.2 Stichprobe .....	115
13.3 Material der Intervention .....	116
13.4 Ablauf .....	121
13.4.1 Zeitlicher Rahmen der Studie .....	121
13.4.2 Ablauf der Intervention .....	121
13.5 Erhebungsinstrumente .....	123
13.5.1 Verständnis zweiseitiger Hebel .....	124
13.5.2 Bildungssprache zu Hebelwirkung .....	130
13.5.3 Bildungssprache als Erzählfähigkeit .....	135
13.5.4 Kovariate „kognitive Kapazität“ .....	138
13.6 Statistische Analysemethoden und Voraussetzungen .....	139
13.6.1 Geplante Auswertungsmethode .....	139
13.6.2 Voraussetzungsprüfung .....	139
13.6.3 Auswahl alternativer statistischer Verfahren .....	148
14. Ergebnisse .....	149
14.1 Durchführbarkeit der Lernumgebung (Forschungsfrage F <sub>V1</sub> ) .....	149
14.2 Wirksamkeit der Lernumgebung im Vergleich zum Kita-Alltag (Forschungsfrage F <sub>V2</sub> ) .....	151
14.2.1 Verständnis zweiseitiger Hebel .....	151
14.2.2 Bildungssprache zu Hebelwirkung .....	154
14.2.3 Bildungssprache als Erzählfähigkeit .....	157
15. Diskussion der Vorstudie und Konsequenzen für die Hauptstudie .....	159
VI. Hauptstudie zur Untersuchung der Effekte kontext-reduzierter Gespräche .....	164
16. Aufbau und Ablauf der Hauptstudie .....	164
16.1 Design .....	164
16.2 Stichprobe .....	166
16.3 Zeitlicher Ablauf und Schulung der Untersuchungsleiterinnen .....	168
16.4 Erhebungsinstrumente .....	170

16.4.1	Verständnis zweiseitiger Hebel.....	170
16.4.2	Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln .....	171
16.4.3	Bildungssprachliche Grammatik.....	175
16.4.4	Kovariate „kognitive Kapazität“ .....	178
17.	Statistische Analysemethoden und Voraussetzungen.....	179
17.1	Geplante Auswertungsmethode .....	179
17.2	Voraussetzungsprüfung.....	179
18.	Ergebnisse.....	186
18.1	Verständnis zweiseitiger Hebel.....	186
18.2	Wortschatz Hebelwirkung.....	191
18.3	Bildungssprachliches Grammatikverständnis .....	193
VII.	Diskussion.....	195
19.	Zusammenfassung .....	195
20	Einordnung in den Forschungsstand .....	197
20.1	Verständnis zweiseitiger Hebel.....	197
20.2	Wortschatz.....	199
20.3	Grammatik .....	200
21	Methodische Diskussion .....	200
21.1	Design und Stichprobenumfang .....	200
21.2	Erhebungsinstrumente .....	201
21.2.1	Verständnis zweiseitiger Hebel.....	201
21.2.2	Wortschatz.....	202
21.2.3	Grammatik.....	204
21.3	Intervention.....	206
21.4	Statistische Auswertung.....	209
22	Ausblick.....	209
22.1	Weiterführende Fragestellungen .....	209
22.2	Anregungen für die Praxis.....	210
	Literaturverzeichnis.....	212
	Abbildungen .....	229
	Tabellen.....	232

Lebenslauf .....	235
Erklärung.....	236
Anhang .....	237
A. Bildbasierter Test zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von zweiseitigen Hebeln.....	238
A.1 Untertest Balkenwaage (Gleichgewichtsfunktion).....	238
A.2 Untertest Werkzeuge (Kraftverstärkungsfunktion) .....	271
A.3 Protokollbogen Konzepttest .....	326
A.4 Fotos von den Modellen, die zur Erklärung der Abbildungen genutzt wurden .....	327
A.4.1 Balkenwaage .....	327
A.4.2 Scheren.....	327
A.4.3 Kneifzangen .....	327
A.4.4 Nageleisen .....	327
B. Wortschatztest zu zweiseitigen Hebeln.....	328
B.1 Wortschatztest zweiseitige Hebel (Testheft).....	328
B.2 Protokollbogen Wortschatztest.....	374
C. Förderskript.....	375
C.1 Einführungsgeschichte für alle Gruppen.....	375
C.2 Skript „kontext-reduziert“ .....	381
C.3 Skript „kontextualisiert“ .....	417
C.4 Skript „ohne Gespräche“ .....	459
C.5 zusätzliche Hinweise, auf die dem Skript verwiesen wird .....	471
D. Implementationskontrolle.....	485
D.1 Protokoll zur Förderung im Projekt .....	485
D.2 Beobachterversion des Protokolls.....	486

# Einleitung

Naturwissenschaftliche Konzepte und Bildungssprache gelten als wichtige Faktoren für Schulerfolg, weshalb frühe Förderung als notwendig erachtet wird (Ehlich, Bredel & Reich 2008; Saçkes, Trundle & Bell 2013).

Sprache ist ein Werkzeug, um konzeptuelles Wissen zu kommunizieren und konzeptuelles Wissen ist notwendig, um Sprache Bedeutung zu verleihen (Carey, 2000; Roelcke, 2017; Szagun, 2013). Um naturwissenschaftliche Konzepte sprachlich auszudrücken, ist Bildungssprache erforderlich (Schleppegrell, 2004). Sowohl Bildungssprache als auch naturwissenschaftliche Konzepte sind notwendig, um mit naturwissenschaftlichen Situationen und Sachverhalten kompetent umgehen zu können (Hardy & Kempert, 2011; Norris & Phillips, 2003). Dies gilt in vereinfachter Form auch schon für Vorschulkinder (Carstensen, Lankes & Steffensky, 2011; Hardy & Kempert, 2011). Auf der Ebene des Fachwissens sollen diese in der Lage sein, „Wissen über einfache Begriffe und Konzepte in alltagsnahen Zusammenhängen anzuwenden“ (Carstensen et al., 2011, S. 655). Sprachlich sollen Kinder Dinge oder Vorgänge benennen, beschreiben oder erklären (Carstensen et al., 2011). Es wird angenommen, dass Experimentiersituationen, geeignet sind, um sowohl den Erwerb konzeptuellen Wissens als auch die sprachlichen Kompetenzen zu fördern (Gibbons, 2006; Gottwald, 2016). Zur Förderung von Bildungssprache sollen Gespräche über das Experiment kontext-reduziert, d.h. außerhalb der Experimentiersituation und ohne handelnden Zugriff auf das Material, stattfinden (Gibbons, 2006). Dies ist allerdings noch kaum erforscht. Ziel dieser Arbeit ist es daher, zu untersuchen, ob im Rahmen eines Experimentierangebotes Vorschulkinder sowohl im Erwerb von naturwissenschaftlichen Konzepten als auch im Erwerb der zugehörigen bildungssprachlichen Fähigkeiten gefördert werden können und welchen Effekt kontext-reduzierte Planungs- und Reflexionsphasen auf naturwissenschaftliche Konzepte und bildungssprachliche Fähigkeiten von Vorschulkindern haben.

Der Theorieteil der Arbeit gliedert sich in die übergeordneten Themenbereiche „Naturwissenschaftliche Konzepte“ (Kapitel I), „Bildungssprache“ (Kapitel II) und „Förderung durch Experimentieren“ (Kapitel III). Die Themenbereiche sind weitgehend analog aufgebaut. In jedem Themenbereich werden zunächst die Begriffe definiert, relevante Theorien beschrieben und schließlich der Forschungsstand zu Vorschulkindern dargestellt:

In Teil I der Arbeit wird zunächst das naturwissenschaftliche Konzept „Hebelwirkung“ erläutert (Kapitel 1). Anschließend wird geklärt, was in dieser Arbeit unter naturwissenschaftlichen Konzepten verstanden wird (Kapitel 2) und auf die Entwicklung des Konzeptes Hebelwirkung bei Vorschulkindern eingegangen (Kapitel 3). Kapitel 4 fasst den Themenbereich „Naturwissenschaftliche Konzepte“ zusammen und leitet ein Fazit für die Förderung ab.

Teil II beginnt mit der Definition von Bildungssprache als Register (Kapitel 5), welches in bestimmten Kommunikationssituationen auftritt und mit bestimmten lexikalischen und grammatikalischen Merkmalen einhergeht. Im Anschluss an diese allgemeine Beschreibung von Bildungssprache wird der Bezug zur Kommunikation über naturwissenschaftliche Konzepte hergestellt und die Abgrenzung zu Fachsprache wird diskutiert. In Kapitel 6 wird der Entwicklungsstand von Vorschulkindern im Bereich Bildungssprache beleuchtet. In diesem Rahmen wird auch auf die bildungssprachlichen Mittel eingegangen, die zur Kommunikation über Hebelwirkung notwendig sind. Eine Zusammenfassung des Themenbereichs „Bildungssprache“ erfolgt in Kapitel 7.

Der Themenbereich „Förderung“ wird in Teil III behandelt. Hier wird zunächst geklärt, was in dieser Arbeit unter „Förderung“ verstanden wird (Kapitel 8). Es wird eine ko-konstruktivistische Perspektive eingenommen, die anschließend auf die Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache bei Vorschulkindern bezogen und mit Hilfe des aktuellen Forschungsstandes konkretisiert wird (Kapitel 9). In Kapitel 10 werden die wesentlichen Erkenntnisse zur ko-konstruktivistischen Förderung von Bildungssprache und naturwissenschaftlichen Konzepten bei Vorschulkindern zusammengefasst und die Forschungsdesiderate werden aufgezeigt.

Der Theorieteil schließt in Teil IV mit einer Zusammenfassung, die die für die vorliegende Arbeit zentrale Forschungslücke verdeutlicht (Kapitel 11) und in die Formulierung der Forschungsfragen und Hypothesen mündet (Kapitel 12).

Um die zentrale Forschungsfrage der Arbeit nach den Effekten kontext-reduzierter Gespräche auf naturwissenschaftliche Konzepte und bildungssprachliche Lexik und Grammatik am Beispiel Hebelwirkung untersuchen zu können, wird im Rahmen einer Vorstudie eine Lernumgebung entwickelt und erprobt, welche in Teil V der Arbeit berichtet wird. Zunächst werden in Kapitel 13 das quasi-experimentelle Design und die statistischen Analysemethoden der Vorstudie beschrieben. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt in Kapitel 14. Diese werden in Kapitel 15 mit Blick auf die Eignung der Lernumgebung für die Hauptstudie diskutiert.

Die Hauptstudie wird in Teil VI beschrieben. Kapitel 16 enthält Angaben zum Aufbau und Ablauf der Hauptstudie. In Kapitel 17 wird auf die statistischen Analysemethoden eingegangen. Die Ergebnisse werden in Kapitel 18 dargestellt.

Teil VII beginnt mit einer Zusammenfassung der Arbeit und der Beantwortung der zentralen Forschungsfrage (Kapitel 19). Anschließend werden die Ergebnisse der Hauptstudie in den Forschungsstand eingeordnet (Kapitel 20). In Kapitel 21 wird die Methodik der Hauptstudie diskutiert. Die Arbeit schließt mit einem Ausblick für weitere Forschung und Anregungen für die Praxis (Kapitel 22).

# I. Naturwissenschaftliche Konzepte

Was unter naturwissenschaftlichen Konzepten zu verstehen ist, wird oft nicht hinreichend explizit definiert (diSessa, 2014). Die wenigen expliziten Definitionen, die sich finden lassen, unterscheiden sich darin, ob sie eher kognitionspsychologisch (z.B. Carey, 2000; diSessa & Sherin, 1998) oder fachwissenschaftlich (z.B. Roeling, 2015; Wodzinski, 2015) ausgerichtet sind. Aus kognitionspsychologischer Sicht sind naturwissenschaftliche Konzepte, wie andere Konzepte auch, mentale Repräsentationen von Individuen, die im Laufe des Lebens erworben und verändert werden (Carey, 2000). Aus fachwissenschaftlicher Perspektive sind naturwissenschaftliche Konzepte allgemeingültiges Wissen, das von Experten geteilt wird und das als Ziel naturwissenschaftlicher Lehr-Lern-Prozesse gesehen werden kann (Wodzinski, 2015). In der vorliegenden Arbeit stellt Hebelwirkung ein solches Fachkonzept dar, welches in Kapitel 1 beschrieben wird. Über dieses Fachkonzept können Individuen (hier: Vorschulkinder) in unterschiedlichem Maße verfügen. In Kapitel 2 werden naturwissenschaftliche Konzepte als individuelle mentale Repräsentationen definiert und die Begrifflichkeiten am Beispiel des Hebels „Schere“ erläutert. Im Anschluss daran wird auf den Entwicklungsstand von Vorschulkindern bzgl. des naturwissenschaftlichen Konzeptes Hebelwirkung eingegangen (Kapitel 3). Das Kapitel schließt mit einer Zusammenfassung, aus der ein Fazit für die Förderung abgeleitet wird (Kapitel 4).

## 1. Das Fachkonzept „Hebelwirkung“

Hebelwirkung ist eine naturwissenschaftliche Gesetzmäßigkeit, die für alle Hebel gilt. Ein Hebel wird definiert als ein um eine feste Achse drehbarer, starrer Körper (Nienhaus, 2017). Er besteht aus einem Drehpunkt (= feste Achse) und zwei Hebelarmen (= starrer Körper; ebd.).

Diese Bedingungen erfüllen viele Werkzeuge, wie z.B. Stemmeisen, Nageleisen, Scheren, Zangen und Nussknacker, aber auch Balkenwaagen, welche aus dem Physikunterricht, aus Kinderkauf läden sowie vielen entwicklungspsychologischen Studien gut bekannt sein dürften. Daher wird zunächst am Beispiel „Balkenwaage“ erläutert, wie ein Hebel „funktioniert“ bzw. welche physikalischen Gesetzmäßigkeiten dahinterstehen (Hebelwirkung bzw. Hebelgesetz).

Abbildung 1 zeigt eine Balkenwaage mit je einem Gewicht auf jedem Hebelarm. Ob die Waage im Gleichgewicht bleibt, hängt von zwei Faktoren ab:

- (1) wie schwer die Gewichte sind (bzw. fachlich korrekter: welche Kraft sie auf den Hebelarm ausüben)
- (2) in welchem Abstand zum Drehpunkt das jeweilige Gewicht auf dem Hebelarm angebracht wurde (Länge des Hebelarms).

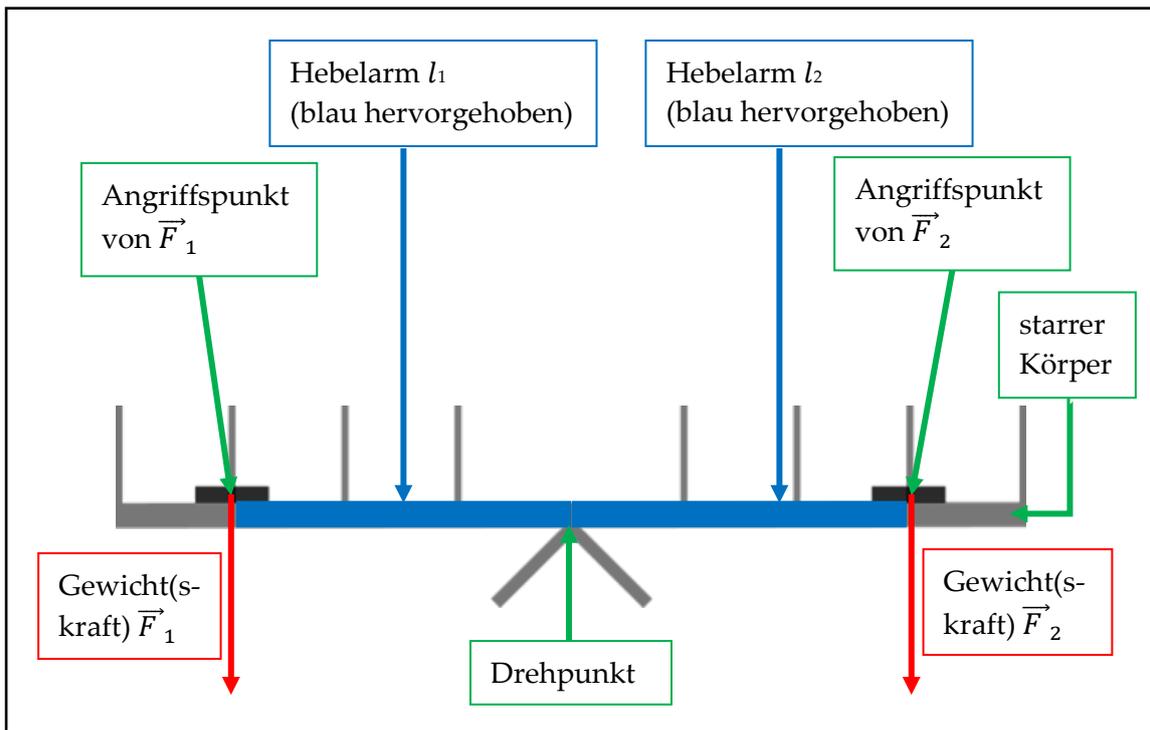


Abbildung 1. Verortung der Fachbegriffe am Beispiel Balkenwaage. In der Physik werden typischerweise Balkenwaagen verwendet, bei denen die Gewichte unter den Hebelarmen angebracht werden. Dennoch wird hier das Modell von Siegler (1976) Balkenwaage gewählt, da diese in den folgenden Kapiteln von Bedeutung ist.

Die Waage ist dann im Gleichgewicht, wenn das Produkt aus der Länge des Hebelarms und dem Betrag der Kraft, die senkrecht am Hebelarm angreift, auf beiden Seiten gleich ist (Nienhaus, 2017):

$$|\vec{F}_1| \cdot l_1 = |\vec{F}_2| \cdot l_2$$

mit

$|\vec{F}|$  Betrag der Kraft, die am Hebelarm angreift

$l$  Abstand des Angriffspunktes vom Drehpunkt (Hebelarm)

Das Produkt aus dem Betrag der Kraft, die am Hebelarm senkrecht angreift, und dem Abstand des Angriffspunktes vom Drehpunkt entspricht in diesem Fall dem Drehmoment (Giancoli, 2010). Eine Balkenwaage ist also immer dann im Gleichgewicht, wenn das Drehmoment auf beiden Seiten gleich groß ist. Abbildung 1 veranschaulicht dies für zwei gleich schwere Gewichte ( $|\vec{F}_1| = |\vec{F}_2|$ ), die im gleichen Abstand vom Drehpunkt auf den Hebelarmen angebracht wurden ( $l_1 = l_2$ ).

Legt man mehrere Gewichte auf die gleiche Stelle eines Hebelarmes, führt dies zu einer größeren Kraft  $\vec{F}$ . Dies ist in Abbildung 2 dargestellt, indem am linken Hebelarm nun zwei dieser gleich schweren Gewichte an der gleichen Stelle angebracht wurden. Am rechten Hebelarm wurde im gleichen Abstand zum Drehpunkt nur ein solches Gewicht angebracht. Somit wirkt links eine größere Kraft als rechts ( $|\vec{F}_1| > |\vec{F}_2|$ ), der Abstand der

Gewichte vom Drehpunkt ist aber weiterhin auf beiden Seiten gleich ( $l_1 = l_2$ ). Dadurch ergibt sich am linken Hebelarm ein größeres Drehmoment als am rechten ( $|\vec{F}_1| \cdot l_1 > |\vec{F}_2| \cdot l_2$ ) und die Balkenwaage kippt nach links.

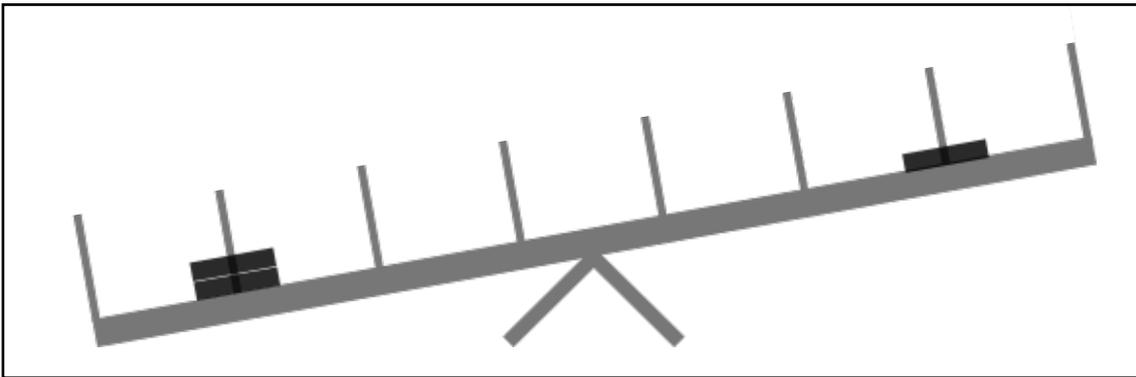


Abbildung 2. Balkenwaage mit ungleichen Drehmomenten. Die Balkenwaage ist nicht im Gleichgewicht, weil die Gewichte auf beiden Hebelarmen verschieden sind, aber die Längen der Hebelarme gleich.

Legt man mehrere Gewichte in verschiedenen Abständen zum Drehpunkt auf einen Hebelarm (vgl. Abbildung 3), muss für jedes Gewicht das Drehmoment bestimmt werden und die einzelnen Drehmomente des Hebelarms müssen aufsummiert werden:

$$|\vec{F}_1| \cdot l_1 + |\vec{F}_2| \cdot l_2 = |\vec{F}_3| \cdot l_3 + |\vec{F}_4| \cdot l_4$$

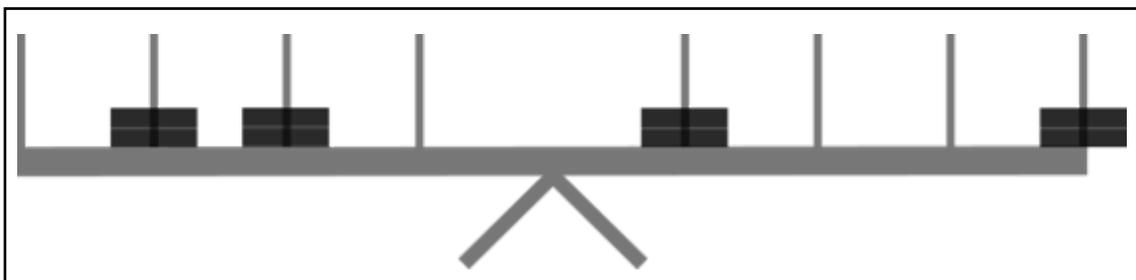


Abbildung 3. Balkenwaage mit Gewichten, die an mehreren Stellen angebracht wurden. Dennoch ist die Waage im Gleichgewicht, da die Summe der Drehmomente auf beiden Seiten gleich ist.

Aus physikalischer Sicht folgen alle Hebel diesen Gesetzmäßigkeiten. Allerdings haben Hebel äußerlich verschiedene Erscheinungsformen und Menschen machen sich Hebelwirkung auf unterschiedliche Arten zu Nutze (Schwelle, 2016). Diese perzeptuellen und nutzungsbedingten Unterschiede können den Lernprozess beeinflussen (Ferretti, Butterfield, Cahn & Kerkman, 1985; Ferretti & Butterfield, 1986; Schwelle, 2016). Daher werden im Folgenden weitere Merkmale von Hebeln angeführt, die bei der Gestaltung von Lehr-Lern-Situationen zu berücksichtigen sind. Hebel können nach Schwelle (2016) unterschieden werden...

- (1) hinsichtlich der Anzahl der Hebelarme in einfache und doppelte Hebel.  
Balkenwaage, Stemmeisen und Nageleisen sind einfache Hebel, d.h. sie entsprechen exakt der oben gegebenen Definition eines starren Körpers, der um eine

Achse drehbar ist. Schere, Zange und Nussknacker sind doppelte Hebel, d.h. sie bestehen aus zwei starren Körpern, die am Drehpunkt verbunden sind. Sie entsprechen somit immer noch obiger Definition und Funktionsweise, allerdings liegen bei doppelten Hebeln beide Hebelarme doppelt vor (vgl. Abbildung 4).

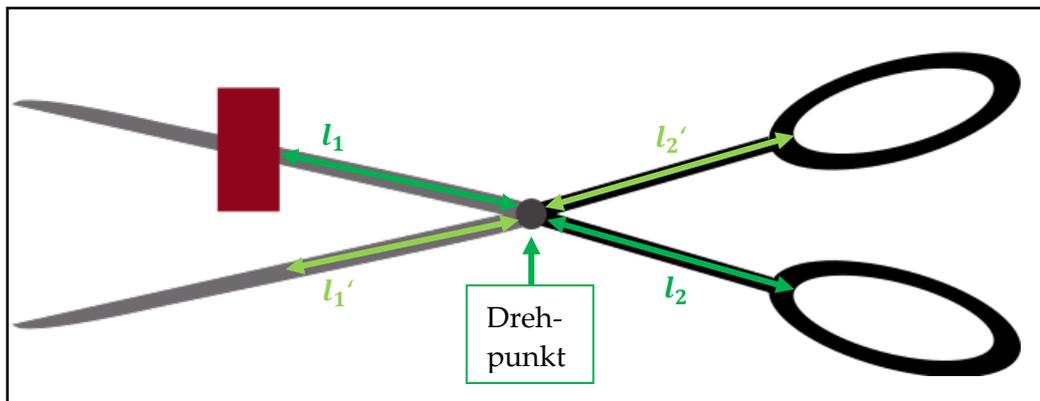


Abbildung 4. Die Schere, ein doppelter zweiseitiger Hebel (in Anlehnung an Nienhaus, 2017, S. 99)

- (2) nach der Lage des Drehpunktes in ein- und zweiseitige Hebel (Barmeier et al., 2010).

Bei zweiseitigen Hebeln liegt der Drehpunkt zwischen den Hebelarmen (ebd.). Dies ist z.B. bei Balkenwaagen (vgl. Abbildung 1), Scheren (vgl. Abbildung 4), Nageleisen und Zangen der Fall.

Bei einseitigen Hebeln liegen Last und Kraft vom Drehpunkt aus gesehen auf der gleichen Seite des starren Körpers, sodass sich beide Hebelarme überlagern (ebd.). Dies trifft z.B. auf Stemmeisen und Nussknacker zu (vgl. Abbildung 5).

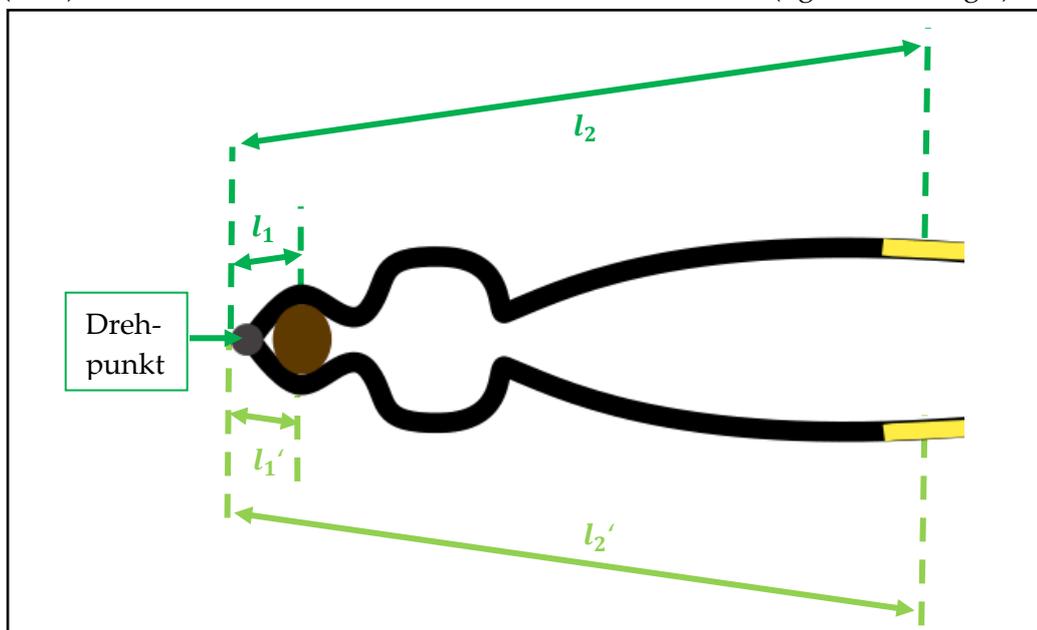


Abbildung 5. Der Nussknacker, ein doppelter einseitiger Hebel (in Anlehnung an Barmeier et al., 2010).

- (3) nach ihrer Verwendungsweise in Hebel zur Kraftverstärkung (o.g. Werkzeuge) oder zum Herstellen bzw. Überprüfen eines Gleichgewichts (z.B. Balkenwaage) genutzt werden (Naber, 2016; Schwelle, 2016).

Bei Balkenwaagen steht die Gleichgewichtsfunktion von Hebeln im Vordergrund, da es hier i.d.R. darum geht zwei Drehmomente miteinander zu vergleichen.

Wird der Hebel zur Kraftverstärkung eingesetzt, wie dies z.B. bei Werkzeugen der Fall ist, soll eine Last mit möglichst geringem Kraftaufwand bearbeitet oder bewegt werden. Die Hebelarme können deshalb in Kraft- und Lastarm unterschieden werden. Am Kraftarm (z.B. Griff einer Schere) wirkt eine Kraft. Am Lastarm (z.B. Schneide einer Schere) wird eine Last (z.B. Papier oder Karton) angebracht, wobei die Last aus physikalischer Sicht ebenfalls eine einwirkende Kraft ist. Im Beispiel Schere entspricht die Last der Kraft, die dem Versuch des Durchtrennens entgegenwirkt. Der Lastarm ist der Teil der Schneide, der zwischen Drehpunkt und Angriffspunkt der Last liegt. Die Kraft resultiert aus dem Druck, der mit den Händen ausgeübt wird. Der Angriffspunkt der Kraft entspricht der Stelle, an der die Hand den Griff berührt. Da die Grifflöcher bei Scheren immer am Ende des Griffs sind, entspricht die Länge des Kraftarms also der Grifflänge.

Kraftersparnis kann erreicht werden, indem die einzelnen Größen (Last, Kraft, Länge des Lastarms, Länge des Kraftarms) variiert werden. Am Beispiel Schere bedeutet das, dass weniger Kraft aufgewendet werden muss, wenn der zu schneidende Karton nahe am Drehpunkt angesetzt wird und mehr Kraft aufgewendet werden muss, wenn er an der Spitze der Schneide angesetzt wird. Würde man den Griff der Schere nicht in den vorgesehenen Grifföchern am Ende des Griffs greifen, sondern näher am Drehpunkt, müsste ebenfalls mehr Kraft aufgewendet werden. Bei der Schere ist also die Kraftersparnis am größten, wenn man sie an den Grifföchern anfasst (möglichst langer Kraftarm) und den Karton nahe am Drehpunkt ansetzt (möglichst kurzer Lastarm).

- (4) nach der Offensichtlichkeit der einzelnen Bestandteile, d.h. Drehpunkt, Hebelarme bzw. Lastarm und Kraftarm sowie einwirkende Kräfte (Gewichte, Last und Kraft).

Bei Balkenwaagen und Werkzeugen ist i.d.R. gut erkennbar, an welcher Stelle die Last und an welcher die Kraft angreift bzw. wo die Gewichte positionierbar sind. Balkenwaagen und einige Werkzeuge (z.B. Zangen, Scheren, Nussknacker) weisen außerdem auch einen perzeptuell gut wahrnehmbaren Drehpunkt auf.

Sind diese Hebel zweiseitige Hebel, ist darüber hinaus gut erkennbar, dass es zwei Hebelarme gibt, da der Drehpunkt zwischen ihnen liegt. Bei einseitigen Hebeln ist dies i.d.R. schwieriger zu erkennen (Schwelle, 2016).

- (5) in Bezug auf die Variierbarkeit der einzelnen Bestandteile, d.h. ob Lastarm, Kraftarm, Drehpunkt, Last und Kraft jeweils festgelegt sind oder variiert werden können.

Bei Balkenwaagen und vielen Werkzeugen ist der Drehpunkt festgelegt (z.B. durch eine Schraube, deren Position nicht verändert werden kann). Bei einem Brett, das auf einem Keil aufliegt, kann der Drehpunkt allerdings durch Verschieben des Keils variiert werden.

Der Angriffspunkt der Kraft ist beispielsweise bei einer Schere durch die Positionierung der Grifflöcher festgelegt. Eine Kneifzange kann hingegen an beliebigen Stellen am Griff angefasst werden, wodurch hier der Angriffspunkt der Kraft variabel ist und somit die Länge des Kraftarms trotz gleichbleibender Grifflänge variiert werden kann.

Beim Lastarm der beiden Werkzeuge verhält es sich umgekehrt: Hier ist der Angriffspunkt bei der Schere variabel (an der Spitze der Schneide, nah am Drehpunkt oder an einer beliebigen Stelle dazwischen), sodass der Lastarm bei gleichbleibender Länge der Schneide variiert werden kann. Bei der Kneifzange ist dies nicht möglich, da sich die gesamte Schneide im gleichen Abstand zum Drehpunkt befindet.

Die Kraft kann bei der Balkenwaage durch verschiedene Gewichte oder verschiedene Anzahlen mehrerer gleich schwerer Gewichte an beiden Hebelarmen variiert werden. Bei Werkzeugen kann man den eigenen Kraftaufwand variieren, indem man unterschiedlich fest drückt. Man kann spüren, dass man bei verschiedenen langen Kraftarmen unterschiedlich fest drücken muss, um die gewünschte Wirkung zu erzielen (sofern alle anderen Variablen gleich gehalten werden und die Unterschiede im notwendigen Kraftaufwand groß genug sind).

Die Last bei Werkzeugen kann bei Scheren und Zangen beispielsweise durch unterschiedliche Materialstärken variiert werden. Dickes Material erfordert bei gleichem Abstand zum Drehpunkt ein größeres Drehmoment auf der Seite des Kraftarms als dünnes Material. Anschaulich ausgedrückt: Möchte man mit einer Kneifzange (Länge des Lastarms ist festgelegt) einmal einen dicken und einmal einen dünnen Draht durchtrennen und fasst die Kneifzange in beiden Fällen an der gleichen Stelle am Griff an (Länge des Kraftarms ist gleich), muss man beim dicken Draht fester drücken als beim dünnen, um den Draht zu durchtrennen.

Die Unterscheidung von Hebeln nach Anzahl der Hebelarme, Position des Drehpunktes, ihrer Verwendungsweise sowie Offensichtlichkeit und Variierbarkeit ihrer Bestandteile hat keinen Einfluss auf die Gültigkeit des Hebelgesetzes, sondern dient vielmehr dazu, Lernenden die Einsicht in die Anwendbarkeit des Hebelgesetzes auf alle diese Erscheinungsformen von Hebeln zu erleichtern. Die Kriterien ermöglichen es, Hebel nach dem Grad der Ähnlichkeit zu beurteilen. Je mehr Eigenschaften zwei Hebel gemeinsam haben, desto ähnlicher sind sie.

Schere und Kneifzange wären somit relativ ähnliche Hebel: Sie sind beide doppelte,

zweiseitige Hebel mit der Funktion Kraftverstärkung und offensichtlichen Bestandteilen. Der Unterschied besteht darin, dass bei der Schere der Lastarm recht einfach variiert werden kann, indem das Papier an unterschiedlichen Stellen angesetzt wird. Dies ist bei der Kneifzange nicht möglich. Dagegen kann bei der Kneifzange der Kraftarm (durch Anfassen nah am Drehpunkt oder am Ende des Griffs) variiert werden, was bei der Schere durch die Grifflöcher nicht möglich ist.

Extrem unähnliche Hebel wären Balkenwaage und Locher. Die Balkenwaage ist ein einfacher zweiseitiger Hebel mit Gleichgewichtsfunktion. Drehpunkt, Hebelarme und einwirkende Kräfte sind offensichtlich und lediglich der Drehpunkt ist festgelegt. Ein Locher ist ein doppelter einseitiger Hebel mit Kraftverstärkungsfunktion und Kraft- und Lastarm können nicht variiert werden. Offensichtlich ist beim Locher lt. Schwelle (2016) nur die aufgewendete Kraft.

Lernende können sich darin unterscheiden, inwiefern sie über das Hebelgesetz im gesamten oder in Teilen (z.B. Bedeutung des Kraftarms) verfügen und ob sie diese Regeln bereits auf alle Erscheinungsformen von Hebeln anwenden können. Sie können also in unterschiedlichem Maße über das naturwissenschaftliche Konzept Hebelwirkung verfügen. Im folgenden Kapitel wird definiert, was individuelle naturwissenschaftliche Konzepte kennzeichnet.

## 2. Naturwissenschaftliche Konzepte von Individuen

Aus kognitionspsychologischer Sicht sind Konzepte *mentale Repräsentationen* (Eckes, 1996), was auch für naturwissenschaftliche Konzepte gilt (Carey, 2000). Eine *Repräsentation* ist etwas, das für etwas Anderes steht, z.B. für ein Objekt oder einen Sachverhalt (Rasch, 2006). Ein *Sachverhalt* umfasst Eigenschaften, Verhältnisse oder Ereignisse (ebd.).

Eine Schere an sich wäre beispielsweise ein Objekt, das bildlich (z.B. als Zeichnung), sprachlich (durch das Wort „Schere“) oder mental (als Vorstellung oder Erinnerung) repräsentiert werden kann. Eine Schere kann also mental repräsentiert werden, ist aber an sich noch kein Sachverhalt. Sie wird zu einem Sachverhalt, wenn sie in Relation zu etwas steht. Sprachlich würde sich dies in Aussagen wie den Folgenden ausdrücken: „Die Schere hat eine Schneide“ (Objekt und eines seiner Teile) oder „Hans hat mit der Schere das Geschenkpapier zugeschnitten“ (Ein Ereignis, bei dem das Objekt eine Rolle spielt). Aber nicht alle mental repräsentierten Objekte und Sachverhalte stellen Konzepte dar, sondern nur solche, die bestimmte Grundfunktionen erfüllen (Eckes, 1996). Diese Grundfunktionen werden in Kapitel 2.1 beschrieben und am Beispiel des Objekts „Schere“ verdeutlicht. Anschließend wird auf die Unterscheidung zwischen Repräsentationen von Objekten und Sachverhalten eingegangen (Kapitel 2.2). Schließlich werden Besonderheiten naturwissenschaftlicher Konzepte erläutert (Kapitel 2.3).

## 2.1 Funktionen von Konzepten

Alle Konzepte zeichnen sich durch drei Grundfunktionen aus: *Kategorisierung*, *Inferenz* und *Kommunikation* aus (Eckes, 1996). Mentale Repräsentationen, die diese Funktionen nicht erfüllen, sind demnach keine Konzepte. Im Folgenden werden die drei Grundfunktionen erläutert und am Beispiel Schere konkretisiert.

### **Kategorisierung**

Im Gedächtnis repräsentierte Objekte (z.B. Scheren) werden im Laufe von Entwicklungs- und Lernprozessen anhand bestimmter Kriterien (z.B. das Verfügen über eine Schneide und einen Griff) zu *Kategorien* zusammengefasst (Eckes, 1996; Klix, 1996). Dafür werden die Merkmale von Objekten betrachtet und solche mit gleichen relevanten Merkmalen zusammengefasst (Klix, 1996). Dies ermöglicht es uns bspw. Scheren von anderen Gegenständen zu unterscheiden, oder sie gemeinsam mit ähnlichen Gegenständen zu Oberkategorien zusammenzufassen (z.B. zur Kategorie „Schneidewerkzeuge“). Je nachdem, welche Merkmale als relevant angesehen werden, sind unterschiedliche Kategoriebildungen möglich (ebd.). So können Scheren nicht nur als Schneidewerkzeuge kategorisiert werden (Dinge, mit denen man etwas schneiden kann), sondern auch als Hebel (Dinge, deren Funktionsweise dem Hebelgesetz entspricht). Es gibt unterschiedliche Arten von Kategorien: solche mit Prototypenstruktur und solche mit klaren Definitionen und Grenzen (Eckes, 1996).

Kategorien mit Prototypenstruktur finden sich vor allem bei Alltagskonzepten (ebd.). Sie dienen dazu, dass wir uns in unserem Alltag zurechtfinden und flexibel und situationsangemessen handeln können. Hierzu würde die Kategorie „Schneidewerkzeug“ passen. Klare Abgrenzungen sind dafür oftmals nicht nötig und für die meisten Begriffe lassen sich keine klaren Definitionen angeben (ebd.).

Klar definierte und trennscharfe Kategorien charakterisieren naturwissenschaftliche Konzepte (Eckes, 1996). Sie haben die Funktion, die Welt systematisch zu ordnen und möglichst widerspruchsfrei und vollständig zu erklären (vgl. diSessa & Sherin, 1998; Wodzinski, 2015). Sie nutzen daher z.T. andere Merkmale zur Kategorisierung und / oder ein anderes Abstraktionsniveau (vgl. Chi, 2013). Dies trifft auf die Kategorie „Hebel“ zu. Physikalische Konzepte dienen dazu, strukturelle und funktionale Gemeinsamkeiten zwischen Gegenständen zu finden, mit Hilfe derer beschrieben bzw. erklärt werden kann, nach welchen physikalischen Gesetzmäßigkeiten sich die Gegenstände verhalten (vgl. diSessa & Sherin, 1998). Gegenstände, die mit den gleichen Gesetzen beschreibbar sind, werden einer gemeinsamen Kategorie zugeordnet (vgl. Hebelwirkung in Kapitel 1). Am Beispiel Schere lässt sich der Unterschied zwischen Alltagskonzept und physikalischem Fachkonzept veranschaulichen:

Im Alltag ist relevant, dass eine Schere ein Werkzeug zum Schneiden ist. Scheren zeichnen sich also u.a. durch das Merkmal „kann schneiden“ (bzw. kann zum Schneiden verwendet werden) aus. Ist dieses Merkmal für Scheren definitiv? Wenn ja, wäre eine Schere, die so stumpf ist, dass sie nicht mehr schneidet, keine Schere mehr.

Dennoch würden die meisten Menschen sie als Schere bezeichnen (z.B. in der Aussage: „Ich kann das Papier mit dieser Schere nicht schneiden, weil sie zu stumpf ist.“). Demnach ist „kann schneiden“ kein definitives Merkmal für Scheren. Hingegen haben alle Scheren eine Schneide, einen Griff und etwas, das beide Scherenhälften zusammenhält. Dies gilt aber bspw. auch für Saitenschneider und Kneifzangen, genügt also noch nicht, um eindeutig alle Scheren als solche zu klassifizieren. Eine eindeutige und klar umgrenzte Definition für Scheren anzugeben erscheint also nicht trivial. Dennoch erkennen wir eine Schere, wenn wir eine sehen, und betrachten sie i.d.R. als Schneidewerkzeug. Im Alltag machen uns die angedeuteten Definitionsschwierigkeiten zwischen Scheren und Saitenschneidern oder scharfen und stumpfen Scheren daher selten Probleme. Ob „Schere“ und „Saitenschneider“ verschiedene Arten von Schneidewerkzeugen bezeichnen oder Saitenschneider besondere Scheren sind, ist im Alltag i.d.R. völlig irrelevant. Wichtiger ist, dass man die Gegenstände unterscheiden kann und weiß, wie sie verwendet werden.

Aus physikalischer Sicht stellt sich die Frage, ob eine Schere eine Schere ist und wie sie sich von Saitenschneidern abgrenzen lässt, nicht. Eine physikalische Frage wäre: Welcher Zusammenhang besteht zwischen der Funktionsweise der Schere, dem eingesetzten Kraftaufwand und dem Resultat (ob das Material geschnitten wurde oder nicht). Dies verweist auf das Hebelgesetz, welches gleichermaßen für Saitenschneider und Kneifzangen aber auch für Balkenwaagen gilt. Es wird also eine Oberkategorie für Gegenstände eingeführt, die dem gleichen Gesetz folgen (vgl. Kapitel 1).

Neue bzw. unbekannte Gegenstände können anhand ihrer Merkmale daraufhin untersucht werden, ob sie einer Kategorie angehören. So können Gegenstände mit Schneide und Griff der Kategorie Schneidewerkzeuge (Alltagskonzept) zugeordnet werden. Gegenstände, die die Definition von Hebeln erfüllen, können als Hebel erkannt werden, wenn man über dieses Fachkonzept verfügt.

### **Inferenz**

Indem Gegenstände einer Kategorie zugeordnet werden, lassen sich die Regeln für Ihre Funktionsweise ableiten. Die Kategorisierung eines Gegenstandes ermöglicht also *Inferenzen*, d.h. Schlussfolgerungen auf Basis des Vorwissens (Eckes, 1996). Solche Inferenzen können zur Lösung von Problemen eingesetzt werden. Dies gilt gleichermaßen für Alltags- und Fachkonzepte, auch wenn sich die Merkmale zur Kategorisierung und die Schlussfolgerungen, die aus den Konzepten abgeleitet werden, stark unterscheiden.

Scheren sind bspw. im Alltag als Schneidewerkzeuge relevant. Hat man gerade keine Schere zur Hand, möchte aber eine Schnur durchtrennen, kann man die Umgebung nach anderen Gegenständen mit Schneide und Griff absuchen und sie als Ersatz für die Schere verwenden. Auf diese Weise könnte ein Messer als hinreichend geeigneter Ersatz eingeordnet werden. Dabei ist bspw. irrelevant, ob das Messer ein Hebel ist oder was es sonst mit der Schere gemeinsam hat.

Auch das fachwissenschaftliche Konzept Hebelwirkung kann alltagspraktische Bedeutung beim Gebrauch von Schneidewerkzeugen haben. Eine alltägliche Problemstellung,

die mit Hilfe des Hebelgesetzes gelöst werden kann, wäre das Durchtrennen einer dicken, reißfesten Schnur. Das Durchtrennen einer solchen Schnur erfordert einen vergleichsweise hohen Kraftaufwand. Aus dem Hebelgesetz ergibt sich, dass die vom Menschen einzusetzende Kraft umso geringer wird, je länger der Griff der Schere ist und je näher die Schnur auf der Schneide in Richtung Griff platziert wird. Das Hebelgesetz macht also keine Aussage darüber, was als Ersatz für eine Schere genutzt werden kann, sondern vielmehr darüber, wie eine Schere besonders kraftsparend eingesetzt werden kann.

### Kommunikation

Konzeptuelles Wissen ist mit Worten verbunden, was *Kommunikation* ermöglicht (Carey, 2000; Szagun, 2013). Die Verbindung von Konzepten und Sprache veranschaulicht das semiotische Dreieck (vgl. Abbildung 6).

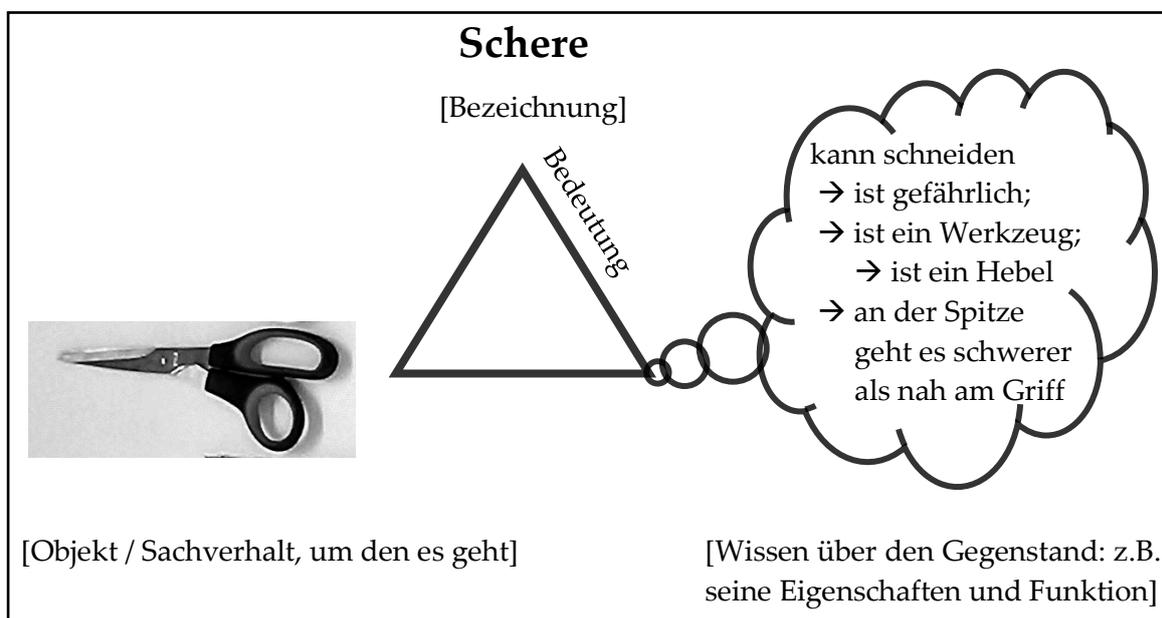


Abbildung 6. Semiotisches Dreieck (in Anlehnung an Roelcke 2017)

Das semiotische Dreieck enthält zum einen das Objekt oder den Sachverhalt, um den es geht (Roelcke, 2017). Im einfachsten Fall ist dies ein Gegenstand in der Welt, z.B. eine Schere. Auf diesen Gegenstand bezieht sich die sprachliche Bezeichnung (im Beispiel: „Schere“), welche sämtliche sprachlichen Aspekte wie Schreibweise und grammatikalische Eigenschaften des Wortes beinhaltet, allerdings nicht die Bedeutung (ebd.). Die rein sprachliche Bezeichnung wäre also inhaltsleer, wenn nicht Sprecher und Hörer sie mit ihrem Wissen über das Objekt anreichern, d.h. mit dem entsprechenden Konzept verknüpfen würden, und ihr dadurch Bedeutung verleihen (Murphy, 2010; Osburg, 2016). Dies gilt besonders dann, wenn auf den Gegenstand nicht zeigend verwiesen werden bzw. der Sachverhalt nicht nonverbal kommuniziert werden kann (Cummins, 2008; Osburg, 2016).

Sprachliche Bedeutung entsteht nach diesem Modell aus einem Zusammenspiel von sprachlicher Form und konzeptuellem Wissen: Sprache kann Objekte und Sachverhalte

der realen Welt repräsentieren. Sie erhält ihre Bedeutung aber aus den mentalen Repräsentationen, die die Kommunikationspartner über diese Dinge oder Sachverhalte haben. Insofern überrascht es nicht, dass schon bei Kita<sup>1</sup>-Kindern Wortschatz und naturwissenschaftliches Wissen deutlich korrelieren (Steffensky et al., 2018). Dennoch scheinen Wortschatz und naturwissenschaftliches Wissen unterscheidbare Kompetenzen zu sein (ebd.).

## 2.2 Konzepte als Repräsentationen von Sachverhalten

Bisher wurden Konzepte als Repräsentationen einzelner Objekte (z.B. Scheren) betrachtet. Es wurde erläutert, dass Konzepte auch Sachverhalte repräsentieren können und dass ein Objekt alleine noch keinen Sachverhalt ausmacht, da ein Sachverhalt immer Relationen umfasst, z.B. Ding und Eigenschaft oder die Beziehung zwischen zwei Dingen (Rasch, 2006). Es stellt sich also die Frage, inwiefern die bisherigen Ausführungen auf die Repräsentation von Sachverhalten übertragen werden können.

Eine Kategorisierung lässt sich nur vornehmen, wenn die Merkmale von Objekten (z.B. Scheren) mit in Betracht gezogen werden (z.B. Scheren sind Gegenstände, die einen Griff und eine Schneide haben, i.d.R. zum Schneiden genutzt werden, ...). Dies impliziert, dass Kategorien immer schon mindestens die Größe eines Sachverhalts (Objekt + ein Merkmal) haben.

Daraus folgt, dass auch Inferenzen immer mindestens einen Sachverhalt umfassen, da Wissen über Eigenschaften von Kategorien auf neue Objekte übertragen werden. Darüber hinaus können mit Hilfe der Inferenzfunktion auch Kategorien zueinander in Beziehung gesetzt werden (bspw., wenn zum Durchtrennen der dicken, reißfesten Schnur mit Hilfe des Vorwissens nach einem Schneidewerkzeug (Alltagskonzept) mit Hebelwirkung (Fachkonzept) gesucht wird und daraufhin eine Schere mit möglichst langem Griff genutzt wird). Auch diese Verknüpfung von Konzepten verweist auf Sachverhalte.

Zur sprachlichen Repräsentation von Sachverhalten ist es notwendig, neben den Kategoriebezeichnungen auch Merkmale und Verknüpfungen zwischen Kategorien sprachlich auszudrücken. Hierfür sind bestimmte sprachliche Mittel nötig, z.B. Präpositionen und Satzkonnektoren (vgl. Novak & Cañas, 2008; Patterson, 2001). Es ist grundsätzlich möglich, die gesamte konzeptuelle Struktur mit sprachlichen Mitteln auszudrücken (Carey, 2000; Eckes, 1996; Klix, 1996). Sachverhalte heißen in diesem Zusammenhang auch *Propositionen* (Engelkamp & Zimmer, 2006).

Propositionen können als Prädikat-Argument-Struktur gesehen werden (ebd.). Eine Proposition enthält demnach ein Prädikat und mindestens ein Argument. Typischerweise werden Prädikate durch Verben ausgedrückt und Argumente durch Subjekte oder Objekte (vgl. Engelkamp & Zimmer, 2006; Murphy, 2010). Allerdings können auch Präpositionen, Nomen und Adjektive als Prädikate fungieren (Murphy, 2010).

Eine Proposition enthält also mindestens ein Prädikat und ein Argument, z.B.: „Die

---

<sup>1</sup> Kita ist die gängige Abkürzung für Kindertagesstätte.

Schere [Argument] ist lang [Prädikat]" (vgl. Engelkamp & Zimmer, 2006; Rasch, 2006). Im Beispiel stellt „Schere“ das Subjekt dar und „lang sein“ die Relation. Die Anzahl der Argumente, die ein Prädikat mindestens haben muss und darüber hinaus haben kann, hängt vom Prädikat ab (Murphy, 2010). Beispielsweise erfordert „haben“ (im Sinne von „verfügen über“) zwei Argumente (z.B. Schere und Schneide für die Aussage „Eine Schere hat eine Schneide“). Gibt man nur ein Argument an, ist der Satz unvollständig („Eine Schere hat“ oder „hat eine Schneide“). Das Verb bzw. Prädikat „schneiden“ erfordert nur ein Argument (z.B. „Die Schere schneidet“), kann aber auch ein weiteres Argument umfassen (z.B. „Die Schere schneidet das Papier“).

Propositionen können wie in den bisher genannten Beispielen für sich stehen (im Folgenden „einfache Propositionen“) oder als Argumente genutzt werden, um Propositionen höherer Ordnung zu bilden. Ein Beispiel für eine Proposition höherer Ordnung ist die Beschreibung des Hebelgesetzes an der Balkenwaage aus Kapitel 1:

„Die Waage ist dann im Gleichgewicht, wenn das Produkt aus der Länge des Hebelarms und dem Betrag der Kraft, die am Hebelarm angreift, auf beiden Seiten gleich ist“. Sie besteht aus mehreren einfachen Propositionen, die auf unterschiedliche Art verknüpft werden.

Der Satz lässt sich zunächst in die Aussage „Die Waage ist im Gleichgewicht“ (Prädikat: „im Gleichgewicht sein“; Argument: „Waage“) und die darauffolgende Bedingung unterteilen. Die Bedingung ist selbst ein Zusammenschluss aus mehreren ineinander geschachtelten Propositionen, bei denen die Prädikate z.T. nicht mehr explizit aufgeführt werden.

Die übergeordnete Bedingung ist „Das Produkt ist auf beiden Seiten gleich“ (Prädikat: „gleich sein“; Argumente: „Produkt“ und „beide Seiten“). Durch eine weitere Proposition wird das Produkt näher bestimmt: „Das Produkt [wird gebildet] aus der Länge und dem Betrag“ (implizites Prädikat: bilden; Argumente: „Länge“ und „Betrag“), wobei Länge und Betrag durch weitere Propositionen näher beschrieben werden als

- (1) Die Länge des Hebelarms [wird bestimmt].
- (2) Der Betrag der Kraft [wird bestimmt].
- (3) Die Kraft greift am Hebelarm an.

Aus den Ausführungen zu Propositionen kann für die Definition von Konzepten als mentale Repräsentationen gefolgert werden, dass sie Sachverhalte repräsentieren, die mindestens einer einfachen Proposition entsprechen, aber meist mehrere miteinander verbundene Propositionen umfassen.

### 2.3 Besonderheiten naturwissenschaftlicher Konzepte

Naturwissenschaftliche Konzepte sind – wie andere Konzepte auch – mentale Repräsentationen mit den Grundfunktionen Kategorisierung, Inferenz und Kommunikation (vgl. Carey, 2000), die mindestens einer Proposition entsprechen (vgl. Kapitel 2.2).

Mit der Frage, wie ein naturwissenschaftliches Konzept einer Person strukturiert ist (d.h. welche Propositionen oder Verknüpfungen von Propositionen es enthält) und wie sich diese Struktur im Laufe der Entwicklung verändert bzw. durch Lehr-Lern-Prozesse verändern lässt, beschäftigen sich Conceptual-Change-Theorien. Besonders prominent sind in der aktuellen Diskussion die Framework-Theorie und der Fragmentierungsansatz (vgl. z.B. diSessa, 2013; Frède et al., 2011; Kleickmann, Hardy, Pollmeier & Möller, 2011; Schneider & Hardy, 2013).

Theorie-Ansätze gehen davon aus, dass bereits Kinder vernetzte Wissensstrukturen zur Erklärung naturwissenschaftlicher Phänomene heranziehen, auch wenn sich diese deutlich von wissenschaftlichen Theorien unterscheiden (Vosniadou, 2013). Aktuelle Studien deuten aber darauf hin, dass v.a. bei jungen Kindern eher fragmentierte Vorstellungen vorliegen, welche sich im Laufe längerfristiger Lernprozesse bestenfalls zu vernetzten, wissenschaftlich korrekten Wissensstrukturen entwickeln (vgl. diSessa, 2013; Frède et al., 2011; Kleickmann et al., 2011; Schneider & Hardy, 2013). Dies spricht gegen Theorie-Ansätze.

Der Fragmentierungsansatz nimmt an, dass zu Beginn und im Verlauf naturwissenschaftlicher Lernprozesse Individuen nicht über ein zusammenhängendes Repräsentationssystem zum jeweiligen naturwissenschaftlichen Inhalt verfügen und dass sie Wissenslücken mit Alltagskonzepten „überbrücken“. Sie kategorisieren Beobachtungen zu naturwissenschaftlichen Themen daher häufig anders als entsprechende Fachwissenschaftler\_innen und ziehen auch andere Schlüsse daraus. Ihr Wissen wirkt dadurch aus fachwissenschaftlicher Sicht inkohärent. Für die vorliegende Arbeit erscheint daher der Fragmentierungsansatz geeigneter, da er davon ausgeht, dass Vorstellungen von Kindern keine zusammenhängenden Wissensstrukturen darstellen, sondern einzelne Wissens- oder Vorstellungsfragmente herangezogen werden, um naturwissenschaftliche Phänomene zu erklären (diSessa, 2013). Er wird im Folgenden näher beschrieben.

Vertreter des Fragmentierungsansatzes kritisieren, dass in den meisten Conceptual-Change-Theorien der Begriff „Konzept“ genutzt wird, ohne hinreichend explizit zu definieren, was unter dem Begriff „naturwissenschaftliches Konzept“ zu verstehen ist (diSessa & Sherin, 1998; diSessa, 2014). diSessa und Sherin (1998) reagieren darauf, indem sie die Begriffe *coordination class* und *causal net* einführen. Unter *coordination class* verstehen sie die Kompetenz, eine bestimmte Art von Information in der Welt „zu sehen“. Hierfür werden ein *causal net* und Strategien benötigt.

Ein *causal net* ist ein Begriffsnetz, in dem bestimmte Begriffe in bestimmten Zusammenhängen stehen. Diese Zusammenhänge können bei physikalischen Fachkonzepten (z.B. Hebelwirkung) auch in Formeln ausgedrückt werden (diSessa & Sherin, 1998), d.h. ein *causal net* zu Hebelwirkung umfasst Begriffe wie Lastarm, Kraftarm und Kraft und mathematisch beschreibbare Zusammenhänge zwischen diesen Begriffen (vgl. Kapitel 1 für Hebelwirkung).

Die Strategien werden nicht näher definiert, sie könnten aber ein Verweis auf die Kategorisierungs- und Inferenzfunktion sein, da allein das Vorhandensein von Begriffsnetzen noch nicht bedeutet, dass sie auch genutzt werden (*träges Wissen*, Renkl, 1996).

Die Kombination aus Strategien und Begriffsnetz macht die coordination class aus. Eine coordination class ermöglicht, dass Informationen innerhalb einer Situation integriert werden können (Inferenz) und dass Situationen als vergleichbar bzw. invariant erkannt werden (Kategorisierung).

Die coordination class ist somit das naturwissenschaftliche Konzept, da es Verknüpfungen von Begriffen enthält und für Kategorisierungs- und Inferenzprozesse genutzt wird. Das causal net entspricht der mentalen Repräsentation von Beziehungen zwischen Begriffen, also Sachverhalten (bzw. Propositionen) und die Strategien entsprechen der Verwendung dieser mentalen Repräsentationen, also den Grundfunktionen Kategorisierung und Inferenz. Die Kommunikationsfunktion wird von diSessa und Sherin (1998) nicht erwähnt.

Im Fragmentierungsansatz werden naturwissenschaftliche Konzepte (coordination class) von Alltagsvorstellungen unterschieden (diSessa & Sherin, 1998; diSessa, 2014). Das Unterscheidungskriterium ist das causal net, welches bei naturwissenschaftlichen Konzepten vorhanden ist, bei Alltagsvorstellungen aber nicht.

Alltagsvorstellungen werden als *phenomenological primitives* bzw. *p-prims* bezeichnet (diSessa und Sherin 1998). P-prims sind fachunspezifische Überzeugungen mit dem Umfang einfacher Propositionen. Das können allgemeine Alltagsvorstellungen sein wie z.B. „Mehr Anstrengung erzeugt einen stärkeren Effekt“ (diSessa, 1993). Mehrere einzelne p-prims können in fachspezifischen Situationen gemeinsam aktiviert werden, ohne konzeptuell miteinander verknüpft zu sein. Sie werden stellvertretend für ein causal net genutzt, um Situationen zu erkennen und zu erklären. Die Kombination einzelner p-prims in der Anwendungssituation kann dazu führen, dass Erklärungen inkonsistent sind und / oder im Konflikt zum jeweiligen Fachkonzept stehen.

P-prims können ebenfalls als Konzepte bezeichnet werden, da sie die Grundfunktionen Kategorisierung und Inferenz erfüllen (auf Kommunikation geht der Fragmentierungsansatz nicht ein) und Sachverhalte repräsentieren. Allerdings sind sie von naturwissenschaftlichen Konzepten zu unterscheiden, da sie kein *causal net* darstellen und zu inkonsistenten oder fachlich falschen Schlussfolgerungen führen können (vgl. diSessa & Sherin, 1998).

Nach dem Fragmentierungsansatz können Alltagskonzepte zu Fachkonzepten weiterentwickelt werden, wenn

- gelernt wird, welche p-prims in welchen Situationen gewinnbringend genutzt werden können (diSessa, 2014). Dies könnte als Aufbau tragfähiger Zwischenkonzepte gesehen werden, sodass ein phänomenspezifisches tragfähiges Wissensnetz aufgebaut wird (vgl. Kleickmann et al., 2011; Leuchter et al., 2014).

- das bisherige Wissensnetz durch fachlich korrekte Propositionen ergänzt wird (vgl. Chi, 2013).
- angemessene Strategien zur Herstellung von Integration oder Invarianz genutzt werden, d.h. auch die Strategien können veränderungsbedürftig sein (diSessa und Sherin 1998). Bspw. macht es einen Unterschied ob Ereignisse als zeitliche Abfolge oder als Ursache-Wirkungs-Kette gesehen werden (diSessa, 2014) oder ob ein Phänomen als Objekt oder Prozess eingeordnet wird (Chi, 2013). Zur fachlich korrekten Interpretation müssen die relevanten Aspekte der Situation erkannt und richtig eingeordnet werden (Chi, 2013; diSessa, 2014).

Daraus ergibt sich, dass mit fortschreitendem, gelingendem Lernprozess eine Annäherung an das Fachkonzept erfolgt, d.h. es werden fachlich korrekte Propositionen erworben (die z.T. aus p-prims hervorgehen können). Aus diesen wird allmählich ein Begriffsnetz aufgebaut und es werden angemessene Strategien zur Anwendung des Begriffsnetzes entwickelt. Unklar bleibt aber, bis zu welchem Zwischenstand im Lernprozess von Alltagskonzepten auszugehen ist bzw. ab wann von einem naturwissenschaftlichen Konzept gesprochen werden kann. Genügt eine fachlich zutreffende Proposition oder muss das gesamte Fachkonzept völlig zutreffend repräsentiert werden, um die mentale Repräsentation „naturwissenschaftliches Konzept“ nennen zu können?

In der vorliegenden Arbeit stehen die Vorstellungen von Vorschulkindern zu Hebelwirkung und deren sprachliche Repräsentation im Fokus. Mit dem Fragmentierungsansatz kann davon ausgegangen werden, dass bei jungen Kindern kein kohärentes Konzept vorliegt, sondern eher p-prims genutzt werden. Das Ziel der Förderung wäre es somit, angemessene p-prims zu tragfähigen Zwischenvorstellungen weiter zu entwickeln und diese um fachlich korrekte Propositionen zu ergänzen. Um die Wirksamkeit von Lehr-Lern-Prozessen beurteilen zu können, ist es somit sinnvoll, den Fokus auf einzelne fachlich korrekte Propositionen, also Teilkonzepte von Hebelwirkung, zu legen. Teilkonzepte von Hebelwirkung können als Propositionen höherer Ordnung angesehen werden, wie das Teilkonzept „Kraftarm“ zeigt. Es lässt sich (bei Konstanthaltung von Lastarm und Last) wie folgt ausdrücken: „Je länger der Kraftarm ist, desto geringer ist die benötigte Kraft“. In dieser Aussage sind zwei einfache Propositionen proportional (je...desto...) verknüpft: „Der Kraftarm ist lang“ und „Der Kraftaufwand ist gering“. Dies lässt darauf schließen, dass ein naturwissenschaftliches (Teil-)Konzept mindestens die fachlich korrekte Verknüpfung zweier einfacher Propositionen erfordert. Naturwissenschaftliche Konzepte werden in der vorliegenden Arbeit daher definiert als

*mentale Repräsentationen naturwissenschaftlicher Sachverhalte, die die Grundfunktionen Kategorisierung, Inferenz und Kommunikation erfüllen und der fachlich korrekten Verknüpfung von mindestens zwei einfachen Propositionen entsprechen.*

### 3. Hebelwirkung bei Vorschulkindern

Inwiefern Vorschulkinder über fachwissenschaftlich korrekte Vorstellungen von Hebelwirkung verfügen können, beantwortet die Relational Complexity Theory. Sie berücksichtigt sowohl konzeptuelles Wissen, als auch Strategien und schlussfolgerndes Denken und bietet eine Erklärung für viele empirische Ergebnisse zu typischen kognitiven Leistungen von Vorschulkindern (Andrews & Halford, 1998). Ein weiterer Vorteil dieser Theorie ist, dass sie bereits auf den zweiseitigen Hebel „Balkenwaage“ bezogen wurde (vgl. Andrews, Halford, Murphy & Knox, 2009; Halford, Andrews, Dalton, Boag & Zielinski, 2002). Sie scheint daher als theoretische Basis für die entwicklungspsychologische Einordnung des Konzepts „Hebelwirkung“ besonders geeignet und wird im Folgenden erläutert. Zunächst wird *relational complexity* definiert und auf die Aufgaben der Balkenwaage bezogen (Kapitel 3.1). Anschließend werden Strategien zum Umgang mit *relational complexity* beschrieben, welche unterschiedlichen Niveaus der Aufgabenbearbeitung an der Balkenwaage zugeordnet werden können (Kapitel 3.2). In Kapitel 3.3 wird schließlich der Entwicklungsstand von Vorschulkindern beschrieben.

#### 3.1 Relational Complexity

Nach der *Relational Complexity Theory* ist eine Aufgabe umso komplexer, je mehr interagierende Variablen zur Lösung des komplexesten Teilschrittes der Aufgabe gleichzeitig repräsentiert werden müssen (Halford, Wilson & Phillips, 1998)<sup>2</sup>. Es geht also immer um Beziehungen zwischen Variablen oder Entitäten. Zwei interagierende Variablen (bzw. miteinander in Beziehung stehende Entitäten) bilden eine zweifache Relation, Aufgaben mit drei interagierenden Variablen beinhalten eine dreifache Relation und Aufgaben mit vier interagierenden Variablen mindestens eine vierfache (ebd.). Hebelwirkung entspricht mindestens einer vierfachen Relation und ist somit vergleichsweise komplex (Halford et al., 2002).

Aufgaben stellen eine Verarbeitungsanforderung (*processing demand*) an die Person, die die Aufgabe bearbeitet (Halford et al., 1998). Komplexere Aufgaben erfordern mehr kognitive Ressourcen, um gelöst zu werden (ebd.). Das Maximum der verfügbaren Ressourcen einer Person ist die Verarbeitungskapazität dieser Person (ebd.). Die Verarbeitungskapazität eines Erwachsenen liegt lt. Halford et al. (1998) bei drei- bis fünffachen Relationen. Allerdings können Menschen je nach Inhalts- und Strategiewissen Aufgaben oberhalb ihres Komplexitätsniveaus bewältigen, wenn sie die in Kapitel 3.2 beschriebenen Strategien zur zweitweisen Reduktion von *relational complexity* bei der Aufgabenbearbeitung nutzen (Halford et al., 1998).

---

<sup>2</sup> Zur Beurteilung dieser Komplexität wird nur die am wenigsten anspruchsvolle für Menschen verfügbare Strategie herangezogen.

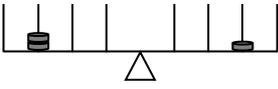
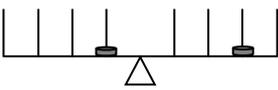
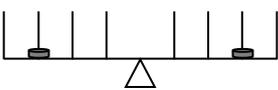
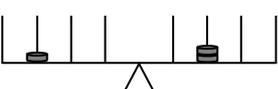
Die Verarbeitungskapazität von Hebelwirkung wurde bisher nahezu ausschließlich am Beispiel „Balkenwaage“ untersucht. Die Balkenwaage wurde zur Untersuchung kognitiver Entwicklung erstmals von Inhelder und Piaget (1958) eingesetzt. Inzwischen finden sich in der Literatur verschiedene Varianten der Aufgabenstellung:

In einigen Studien haben die Probanden die Aufgabe einzuschätzen, wie sich eine gegebene Balkenwaage mit einer bestimmten Konstellation von Gewichten verhält (Beurteilungsaufgaben, z.B. Amsel, Goodman, Savoie & Clark, 1996; Ferretti et al., 1985; Jansen & van der Maas, 2002), in anderen sollen sie bestimmte Zustände (i.d.R. das Gleichgewicht der Waage) selbst herstellen (Produktionsaufgaben, z.B. McFadden, Dufresne & Kobasigawa, 1987; Metz, 1993; Surber & Gzesh, 1984; Wilkening & Anderson, 1991). Außerdem variieren die Studien auch in der Ausgestaltung der Balkenwaage, z.B. ob Gewichte in Form von Puppen oder Scheiben aus Holz oder Metall verwendet werden und wie viele Stellen für das Anbringen der Gewichte am Hebelarm zur Verfügung gestellt werden (Naber, 2016). Trotz dieser Unterschiede kommen die Studien zu vergleichbaren Ergebnissen (ebd.). Aus Sicht der Relational Complexity Theory lässt sich das damit erklären, dass die Anzahl der interagierenden Variablen dennoch gleich ist, da immer eine vergleichbare Anzahl an Relationen zur Lösung berücksichtigt werden muss. Allerdings kann die Schwierigkeit der Aufgaben an der Balkenwaage variiert werden, indem auch Aufgaben eingesetzt werden, bei denen nicht alle Relationen berücksichtigt werden müssen. Ein Beispiel hierfür sind die Aufgabentypen von Siegler (1976, 1978), die in den meisten Studien zur Balkenwaage genutzt werden (Naber, 2016).

Sieglers Aufgaben beziehen sich auf Balkenwaagen, die an jedem Hebelarm über eine bestimmte Anzahl von Stäben verfügen, auf die Gewichte gesteckt werden. Solche Balkenwaagen werden als reale Objekte oder als Abbildungen (vgl. die in Tabelle 1 abgebildeten Beispiele) in vielen Studien verwendet (Naber, 2016). Als Gewichte werden i.d.R. mehrere identische Scheiben verwendet (ebd.).

Je nachdem, ob die Anzahl der auf den Hebelarmen platzierten Gewichte und deren Abstand vom Drehpunkt auf beiden Hebelarmen gleich ist oder nicht, lassen sich sechs Aufgabentypen unterscheiden (Siegler, 1976). Davon sind drei Aufgabentypen Non-Konflikt-Aufgaben und drei Konflikt-Aufgaben. Bei Konflikt-Aufgaben sind sowohl Abstand als auch Gewicht verschieden, bei Non-Konflikt-Aufgaben ist höchstens eines von beiden verschieden. Sowohl Konflikt- als auch Non-Konflikt-Aufgaben werden jeweils in Gewichts-, Abstands- und Balance-Aufgaben unterteilt. Bei Gewichts-Aufgaben neigt sich die Balkenwaage auf die Seite mit mehr Gewichten. Bei Abstandsaufgaben neigt sich die Balkenwaage auf die Seite, auf der die Gewichte mit dem größeren Abstand vom Drehpunkt angebracht sind. Bei Balance-Aufgaben bleibt die Waage im Gleichgewicht. Daraus ergeben sich die in Tabelle 1 dargestellten sechs Aufgabentypen (Naber, 2016; Siegler, 1976).

Tabelle 1:  
*Aufgabentypen nach Siegler (1976)*

Aufgabentyp	Beispiel	Gewicht	Abstand	Ergebnis
Non-Konflikt Gewicht (NG)		≠	=	Waage neigt sich zur Seite mit mehr Gewichten (im Beispiel nach links)
Non-Konflikt Abstand (NA)		=	≠	Waage neigt sich zur Seite mit größerem Abstand (im Beispiel nach rechts)
Non-Konflikt Balance (NB)		=	=	Waage im Gleichgewicht (bleibt wie abgebildet)
Konflikt Gewicht (KG)		≠	≠	Waage neigt sich zur Seite mit mehr Gewichten (im Beispiel nach rechts)
Konflikt Abstand (KA)		≠	≠	Waage neigt sich zur Seite mit größerem Abstand (im Beispiel nach links)
Konflikt Balance (KB)		≠	≠	Waage im Gleichgewicht (bleibt wie abgebildet)

Im Folgenden werden die einzelnen Aufgabentypen näher beschrieben. Dabei werden die in Tabelle 1 angegebenen Abkürzungen für die Aufgabentypen verwendet.

Zur Lösung der Non-Konflikt-Aufgaben genügen binäre Relationen, da bei NG-Aufgaben der Abstand konstant ist, bei NA-Aufgaben das Gewicht und bei NB-Aufgaben beides. Man kann diese Aufgaben also lösen, wenn man über die kognitive Kapazität zur Bewältigung binärer Relationen verfügt und über das nötige Wissen. Für NG-Aufgaben muss man wissen, dass ein größeres Gewicht bzw. eine größere Anzahl gleicher Scheiben schwerer ist und dass sich die Waage deshalb auf der Seite mit mehr Scheiben nach unten neigen wird. Bei NA-Aufgaben muss man wissen, dass ein größerer Abstand dazu führt, dass sich die Waage auf dieser Seite nach unten neigt. Bei NB muss man wissen, dass die Waage in Balance bleibt, wenn Gewicht und Abstand auf beiden Seiten gleich sind. NB-Aufgaben können aber auch mit alleiniger Betrachtung des Gewichts oder des Abstands, also einer binären Relation, gelöst werden, da beide auf beiden Seiten gleich sind. Ein Nichtbeachten einer der beiden Dimensionen (Gewicht / Abstand) führt hier nicht zu einer fehlerhaften Lösung. Anhand des Antwortverhaltens an der NB-Aufgabe lässt sich somit nicht erkennen, ob nur anhand der gleichen Abstände, nur anhand der gleichen Gewichte oder anhand der Überprüfung von Gewicht und Abstand (zwei binäre Relationen) geantwortet wurde, dass die Waage im Gleichgewicht bleibt.

Die Überprüfung und das in Beziehung setzen von Gewicht und Abstand ist lediglich bei KB-Aufgaben notwendig. Sie erfordern mindestens zwei binäre Relationen (Vergleich der Gewichte, Vergleich der Abstände), die miteinander in Beziehung gesetzt werden müssen (Fazit aus beiden Vergleichen ziehen). Je nach Anordnung der Gewichte auf den Hebelarmen ist allerdings nur eine rechnerische Lösung nach der in Kapitel 1 angegebenen Formel möglich, d.h. zur erfolgreichen Bearbeitung muss man das Problem in seiner gesamten Komplexität erfassen (Verarbeitung der vierfachen Relation) sowie über das zur Lösung notwendige Wissen verfügen (Kenntnis darüber, dass diese Relation der Vergleich von Ergebnissen zweier Multiplikationen ist). Verfügt man zwar über das notwendige Wissen bzgl. der Bedeutung von Gewicht und Abstand, kann die vierfache Relation aber nicht bewältigen, können Strategien zur Reduktion von relational Complexity herangezogen werden.

### 3.2 Strategien zur Reduktion von relational complexity

Eine Strategie zur Reduktion von relational complexity ist die Bündelung mehrerer Relationen nach konzeptuellen Gesichtspunkten bzw. das Bilden von *conceptual chunks* (Halford et al., 1998). Am Beispiel der Balkenwaage wurde in Kapitel 1 bereits das Drehmoment als Bündelung des Produkts aus Hebelarm und Kraft vorgestellt. Der Vorteil dieses conceptual chunking liegt am Beispiel Hebelwirkung darin, dass (im einfachsten Fall, d.h. bei nur einem Angriffspunkt pro Seite) aus der vierfachen Relation eine zweifache geworden ist: Sind die Drehmomente gegeben, müssen nur zwei Variablen verglichen werden. Der Nachteil besteht aber darin, dass bei alleiniger Bekanntheit eines Drehmoments nicht klar ist, wie lang der Hebelarm und wie groß die einwirkende Kraft ist. Wir kennen nur das Produkt. Ist nur der Chunk gegeben, fehlt also ein Teil der Information, nämlich die Information über die Relationen, die im Chunk zusammengefasst sind. Wird von der Person, die die Aufgabe bearbeitet, selbst ein Chunk gebildet, sind die in ihm zusammengefassten Relationen für den Denkprozess ebenfalls nicht verfügbar, solange mit dem Chunk gearbeitet wird (ebd.).

Eine andere Strategie besteht darin, die Gesamtaufgabe in einzelne Segmente zu gliedern, die der eigenen Verarbeitungskapazität entsprechen (*Segmentierung*; Halford et al., 1998). Soll der Lösungsalgorithmus selbst entwickelt werden, müssen die Struktur der Aufgabe und die zur Lösung notwendigen Relationen repräsentiert werden. Segmentierung alleine reduziert die Komplexität also nicht unbedingt, sondern ist eher eine Möglichkeit, mit den Nachteilen des Chunking umzugehen, da die Chunks schrittweise wieder aufgelöst und bearbeitet werden können.

Um von Segmentierung und Chunking profitieren zu können, muss eine Person also sowohl Wissen über das Konzept als auch eine ausreichende kognitive Kapazität zur Repräsentation des „gechunken“ Problems verfügen (ebd.). Sofern eine Person nicht über das notwendige Wissen und / oder die notwendige kognitive Kapazität zur korrekten Repräsentation des Gesamtproblems verfügt, sagt die Theorie vorher, dass das Problem auf einer niedrigeren Komplexitätsebene repräsentiert wird, indem die Relationen

vereinfacht (und dadurch evtl. fehlerhaft) repräsentiert werden oder Teile des Problems unberücksichtigt bleiben (Andrews & Halford, 1998; Andrews et al., 2009).

Mit Hilfe von Sieglers Aufgaben an der Balkenwaage kann erhoben werden, auf welcher Komplexitätsstufe eine Person das Konzept Hebelwirkung verarbeitet. Hierfür wird aus dem Antwortverhalten der Person über mehrere Aufgaben hinweg geschlossen, inwiefern sie bei der Lösung der Aufgaben das Gewicht und den Abstand berücksichtigt und zueinander in Beziehung setzt (Naber, 2016). Um das Antwortverhalten der Probanden zu analysieren, greifen die meisten Studien entweder direkt oder im Anschluss an eine statistische Analyse auf die Regeln von Siegler (1976, 1978) zurück (Naber, 2016).

Den Probanden werden hierfür mindestens vier Aufgaben pro Aufgabentyp gegeben und anschließend die Antworten daraufhin untersucht, zu welcher der folgenden Regeln sie passen, d.h. welche Strategie der jeweilige Proband anwendet. Die Regeln basieren auf „Entscheidungsbaumen“ aus aufeinanderfolgenden binären Entscheidungen, die zunehmend komplexer werden (vgl. Siegler, 1976, S. 485 und Naber, 2016, S. 36).

**Regel 1** (vgl. Abbildung 7)

Der Proband vergleicht die Gewichte. Wenn diese gleich sind, konstatiert er, die Waage sei im Gleichgewicht, ohne weitere Faktoren zu berücksichtigen. Wenn sie verschieden sind, wird geschlossen, dass sich die Waage zur Seite mit mehr Gewichten neigt, ohne weitere Faktoren zu berücksichtigen. Gelöst werden demnach Non-Konflikt- und Konflikt-Aufgaben zum Gewicht und Non-Konflikt-Aufgaben zur Balance. Für die anderen Aufgabentypen können außerdem die dieser Regel entsprechenden falschen Antworten vorhergesagt werden (vgl. Siegler 1978).

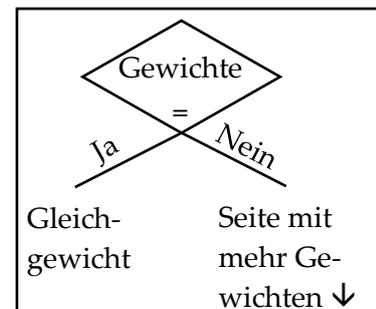


Abbildung 7. Entscheidungsbaum zu Regel 1

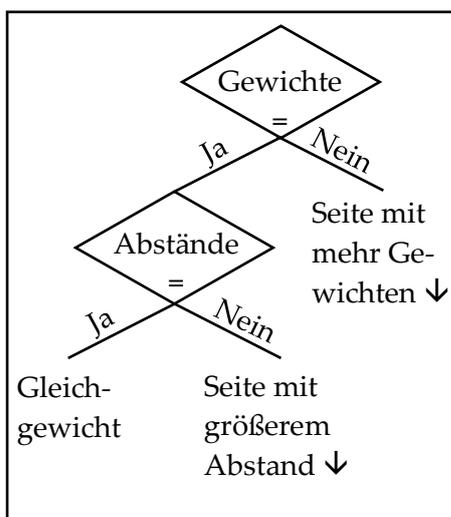


Abbildung 8. Entscheidungsbaum zu Regel 2

**Regel 2** (vgl. Abbildung 8)

Der Proband vergleicht die Gewichte. Wenn sie verschieden sind, wird geschlossen, dass sich die Waage zur Seite mit mehr Gewichten neigt, ohne weitere Faktoren zu berücksichtigen. Wenn sie ungleich sind, wird nun auch der Abstand berücksichtigt und vorausgesagt, dass sich die Waage auf die Seite mit dem größeren Abstand neigt bzw. dass sie im Gleichgewicht ist, wenn Gewicht und Abstände gleich sind. Alle Non-Konflikt-Aufgaben sowie die Konflikt-Gewicht-Aufgaben werden gelöst. Für die anderen beiden Konflikt-Aufgabentypen können wieder charakteristische Fehler vorhergesagt werden.

**Regel 3** (vgl. Abbildung 9)

Regel 3 erweitert Regel 2 für den Fall mit ungleichen Gewichten: Nun wird auch bei ungleichen Gewichten zusätzlich der Abstand überprüft und nur bei gleichen Abständen die Seite mit dem größeren Gewicht gewählt. Bei ungleichen Gewichten und ungleichen Abständen wird dann geprüft, ob auf einer Seite sowohl das größere Gewicht als auch der größere Abstand vorliegt. Falls ja, wird vorausgesagt, dass sich die Waage zu dieser Seite neigt. Falls nein, wird bei Regel 3 geraten. Somit werden alle Non-Konflikt-Aufgaben gelöst und alle Konflikt-Aufgaben werden mit 33-prozentiger Wahrscheinlichkeit richtig geraten.

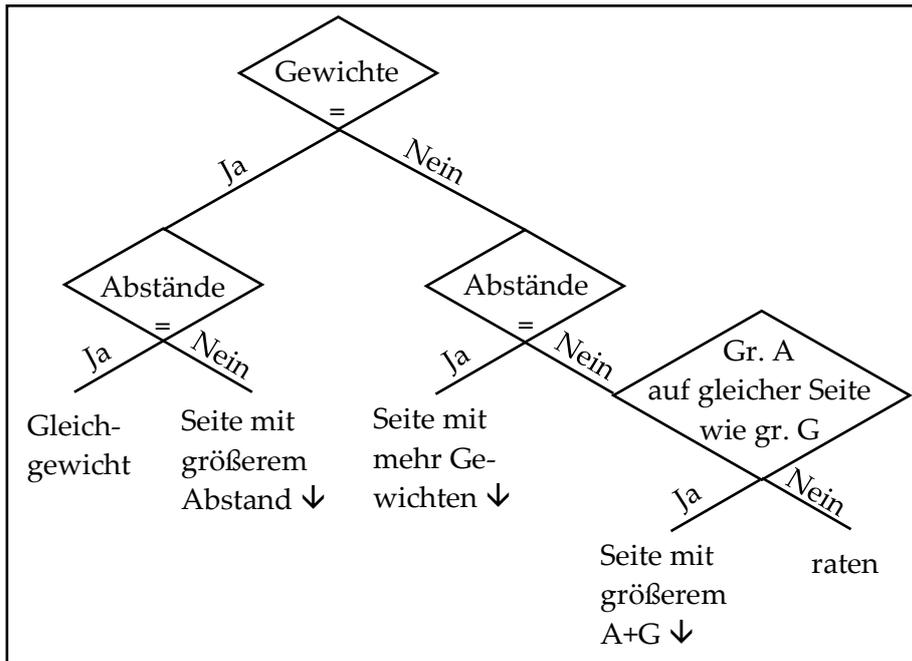


Abbildung 9. Entscheidungsbaum zu Regel 3

**Regel 4** (vgl. Abbildung 10)

Regel 4 erweitert Regel 3, sodass nicht mehr geraten werden muss. Es wird auf beiden Seiten das Drehmoment bestimmt und die Drehmomente werden verglichen. Somit wird korrekt vorhergesagt, dass sich die Waage zur Seite mit dem größeren Drehmoment neigt, bzw. dass sie bei gleichen Drehmomenten im Gleichgewicht ist. Alle Aufgabentypen werden korrekt gelöst.

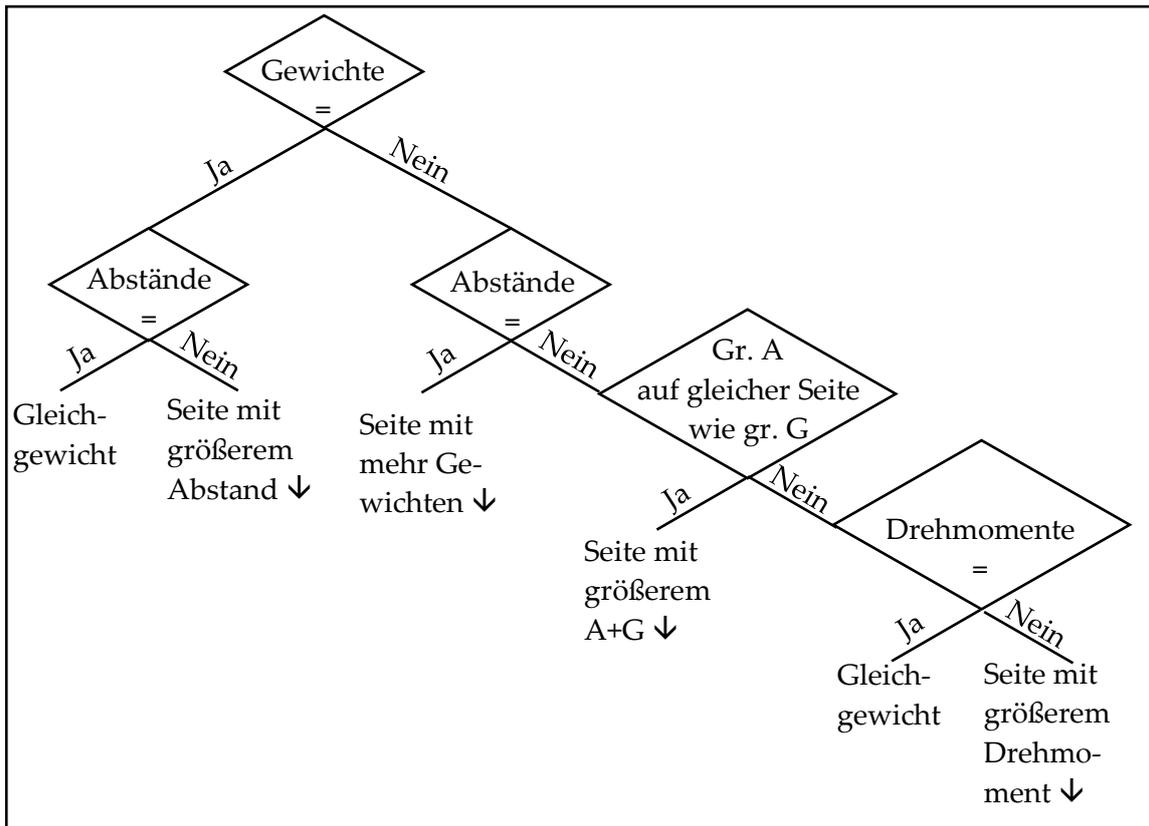


Abbildung 10. Entscheidungsbaum zu Regel 4

Nach Siegler's Beurteilungsschema wird der Proband einer bestimmten Regel zugeordnet, wenn 80% seiner Antworten dieser Regel entsprechen (Siegler & Chen, 2002). In Studien mit statistischen Auswertungsverfahren wird hingegen mittels Latenter Klassenanalyse (z.B. Jansen & van der Maas, 2002) oder Varianzanalyse (Surber & Gzesh, 1984; Wilkening & Anderson, 1982) geprüft, ob die Probanden unterschiedlichen Gruppen angehören. Für die varianzanalytische Auswertung müssen die Aufgaben an der Balkenwaage allerdings leicht verändert gestellt werden (vgl. z.B. Wilkening & Anderson, 1991): Es werden auf einem Hebelarm Gewicht und Abstand wie üblich vorgegeben, auf dem anderen Hebelarm allerdings nicht. Der Proband soll die Waage nun durch das Anbringen von Gewichten auf der noch leeren Seite der Waage in einen gewünschten Zustand (i.d.R. Gleichgewicht) bringen. Dabei wird ihm entweder der Abstand oder das Gewicht vorgegeben, das jeweils andere soll er entsprechend auswählen, um den Zielzustand zu erreichen.

Im Vergleich zur Entscheidungsbaummethode liegt der Vorteil von statistischen Auswertungen darin, dass auch Antwortmuster gefunden werden können, die nicht den vorher erwarteten Regeln entsprechen (Jansen & van der Maas, 2002; Wilkening, 1988; Zelazo & Müller, 2002). Dies ist insbesondere deshalb bedeutsam, weil die Entscheidungsbaummethode annimmt, dass im ersten Schritt immer das Gewicht geprüft wird. Eine Alternative zu Regel 1, die besagt, dass ausschließlich der Abstand und nicht das Gewicht berücksichtigt wird, kommt in diesem System nicht vor. Nach Siegler's Auswertungsmethode kann daher nicht ermittelt werden, ob tatsächlich alle Kinder zuerst das

Gewicht berücksichtigen und der Abstand, wenn überhaupt, erst im zweiten Schritt geprüft wird. Es kann also nicht zwischen Komplexität und Wissen unterschieden werden. Außerdem impliziert die Entscheidungsbaummethode, dass selbst Probanden, die über die arithmetische Lösungsstrategie verfügen, diese nur anwenden, wenn die Aufgabe ohne sie nicht lösbar ist. Zudem ist Regel 3 laut Siegler und Chen (2002) eine Sammelkategorie für alle Personen, die nicht (mehr) Regel 2 und (noch) nicht Regel 4 angehören. Ergänzend wurden drei Regeln vorgeschlagen, die Regel 3 weiter ausdifferenzieren (Normandeau, Larivée, Roulin & Longeot, 1989):

- eine Additionsregel, bei der das jeweilige Drehmoment fälschlicherweise als Summe aus Abstand und Gewicht berechnet wird und nicht als Produkt dieser Variablen.
- eine Regel der qualitativen Proportionalität (QP-Regel), bei der der Proband davon ausgeht, dass sich Unterschiede in Gewicht und Abstand bei Konflikt-Aufgaben ausgleichen. Bei einigen Konflikt-Aufgaben führt diese Strategie zu einer korrekten Lösung, bei anderen kann die Lösung allerdings nicht augenscheinlich bestimmt werden. Sie müssten rechnerisch gelöst werden, wozu Probanden, die der QP-Regel folgen, nicht in der Lage sind.
- eine Regel, bei der Gewichte und Abstände entweder als groß oder klein eingeteilt werden. Als groß gelten drei oder mehr Gewichte auf einem Angriffspunkt bzw. Gewichte auf den äußeren beiden Angriffspunkten und als klein zwei oder weniger Gewichte auf einem Angriffspunkt bzw. Gewichte auf den inneren beiden Angriffspunkten (Klahr & Siegler, 1978).

Durch Studien mittels Latenter Klassenanalyse konnten die Additionsregel und die Regel der qualitativen Proportionalität anstelle von Regel 3 (Boom & ter Laak, 2007) bzw. ergänzend zu Regel 3 (Jansen & van der Maas, 2002) identifiziert werden.

Die Diskussion der Auswertungsmethoden von Studien an der Balkenwaage sprechen dafür, Sieglers Regeln für diese Arbeit ausdifferenzieren. Sie werden im Folgenden mit Hilfe der Relational Complexity Theory zu vier Komplexitätsniveaus von Lösungsverhalten an der Balkenwaage weiterentwickelt.

- Niveau 1: Berücksichtigung nur eines Teilkonzeptes (Gewicht [Sieglers Regel 1] oder Abstand)
- Niveau 2: getrennte Berücksichtigung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 2)
- Niveau 3: fehlerhafte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (z.B. Addition)
- Niveau 4: korrekte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 4)

Die Niveaus werden nachfolgend beschrieben. Empirische Studien zur Einordnung von Vorschulkindern werden in Kapitel 3.3 dargestellt.

#### **Niveau 1: Berücksichtigung nur eines Teilkonzeptes (Gewicht oder Abstand)**

Sieglers Entscheidungsbäume basieren auf der Beobachtung, dass die meisten Kinder Gewicht als dominante Dimension nutzen, d.h. dieses bei der Lösung der Aufgaben immer zuerst berücksichtigen (vgl. Entscheidungsbäume auf Seite 22-24). Würde man nur

aufgrund dieser Entscheidungsbäume urteilen, würde das Lösungsverhalten von Probanden, die den Abstand als dominante Dimension erwerben / nutzen und dadurch auf Niveau 1 ausschließlich anhand des Abstands entscheiden, nicht als regelhaft erkannt werden. Aus Sicht der *Relational Complexity Theory* ist aber nicht davon auszugehen, dass die Berücksichtigung des Abstands kognitiv anspruchsvoller ist als die Berücksichtigung des Gewichts. Die Beobachtung, dass von den meisten Kindern dennoch das Gewicht vor dem Abstand berücksichtigt wird, wird damit erklärt, dass im Alltag häufiger Erfahrungen mit Auswirkungen verschiedener Gewichte gemacht werden als mit Auswirkungen verschiedener Abstände (Halford et al., 2002). Sieglers Regel 1 sollte daher so erweitert werden, dass die ausschließliche Berücksichtigung des Abstands ebenfalls als regelhaftes Verhalten auf Niveau 1 erfasst wird.

### **Niveau 2: getrennte Berücksichtigung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 2)**

Entsprechend Sieglers Regel 2 berücksichtigen Kinder in Niveau 2 sowohl das Gewicht als auch den Abstand, können diese aber noch nicht integrieren. Sie würden also alle Non-Konflikt-Aufgaben korrekt lösen, scheitern aber weiterhin an KB-Aufgaben. KG-Aufgaben werden auf dieser Stufe gelöst, wenn Gewicht die dominante Dimension ist, die bei der Aufgabenlösung berücksichtigt wird (vgl. Sieglers Regel 2). Entsprechend der *Relational Complexity Theory* müsste auch Regel 2 für die dominante Berücksichtigung des Abstands ergänzt werden, da in diesem Fall anstelle der KG-Aufgaben die KA-Aufgaben korrekt gelöst werden würden. Siegler (1978) würde Probanden mit diesem Antwortmuster vermutlich Regel 3 zuordnen, obwohl sie von der kognitiven Komplexität aus Sicht der *Relational Complexity Theory* auf Stufe 2 anzusiedeln sind: Geht man von einem Entscheidungsbaum aus, wird zunächst eine Dimension geprüft und wenn diese noch nicht zu einer Entscheidung führt, wird auch die zweite Dimension geprüft. Ob zuerst das Gewicht und dann der Abstand geprüft wird oder umgekehrt, macht keinen Unterschied für die Komplexität des Denkprozesses.

### **Niveau 3: fehlerhafte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (z.B. Addition)**

Eine Steigerung zu Niveau 2 besteht darin, nicht nur zu beachten, dass Gewicht und Abstand eine Rolle spielen, sondern sie müssen auch in Beziehung zueinander gesetzt werden. Es müssen also alle Non-Konflikt-Aufgaben gelöst werden sowie charakteristische Fehler bei Konflikt-Aufgaben auftreten, die z.B. darauf zurückzuführen sind, dass die Summen von Gewicht und Abstand an beiden Hebelarmen verglichen werden oder dass davon ausgegangen wird, dass sich Unterschiede in Gewicht und Abstand an beiden Hebelarmen ausgleichen, ohne dies mathematisch zu bestimmen (bspw., wenn auf alle Konflikt-Aufgaben mit „Balance“ geantwortet wird). Aus Sicht der *Relational Complexity Theory* wäre die Ursache für dieses Verhalten, dass zwar schon erkannt wird, dass sowohl Gewicht als auch Abstand eine Rolle spielen und diese interagieren, dass aber die zugehörige kognitive Operation noch die kognitive Kapazität übersteigt. Da die vierfache Relation nicht repräsentiert werden kann, wird auf alternative Verknüpfungsstrategien zurückgegriffen, die auf der Ebene dreifacher Relationen anzusiedeln sind.

Allerdings müssen zur Anwendung einer Additionsstrategie nacheinander zwei dreifache Relationen und eine binäre ausgeführt werden, indem die Summe aus Abstand und Gewicht auf jeder Seite berechnet und diese dann verglichen werden.

#### **Niveau 4: korrekte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 4)**

Niveau 4 entspricht der korrekten Lösung aller Aufgaben, d.h. die vierfache Relation der Aufgabe wird konsequent berücksichtigt.

### **3.3 Relational Complexity und kognitive Entwicklung**

Kinder unter fünf Jahren können nur eine binäre Relation gleichzeitig sicher berücksichtigen, Kinder ab fünf Jahren bereits zwei aufeinanderfolgende binäre Relationen (Halford et al., 2002). Außerdem können Kinder ab fünf Jahren grundsätzlich auch dreifache Relationen verarbeiten (Andrews & Halford, 1998). Die vorgenannten Werte für Kinder gelten aber nur, wenn das jeweilige Kind über das notwendige konzeptuelle Inhalts- und Strategiewissen verfügt (ebd.), da es dann auch auf Chunking und Segmentierung zurückgreifen kann. Das Bilden von konzeptuellen Chunks und Sequenzierungen könnte also eine Erklärung dafür sein, warum Kinder bei Aufgaben in vertrauten Domänen oftmals komplexere Probleme lösen können, als in weniger vertrauten Domänen. Denn nicht nur die Verarbeitungskapazität spielt nach der *Relational Complexity Theory* eine wichtige Rolle, sondern auch, ob die Person über das notwendige konzeptuelle Inhalts- und Strategiewissen verfügt, um die Aufgabe bewältigen zu können (Halford et al., 2002).

Um Aufgaben zu Hebelwirkung an der Balkenwaage lösen zu können, muss man bspw. zuerst einmal wissen, dass die Waage sowohl auf beide Seiten kippen, als auch in der Waagerechten stehen bleiben kann. Außerdem muss man wissen, dass sowohl Gewicht als auch Abstand eine Rolle spielen. Und schließlich muss man wissen, wie diese zusammenhängen. Da der Zusammenhang eine vierfache Relation darstellt und Vorschulkinder noch nicht über die nötige Verarbeitungskapazität verfügen, kann das Konzept Hebelwirkung nach der *Relational Complexity Theory* von Vorschulkindern noch nicht vollständig erworben werden. Das Zerlegen der Aufgabe in Segmente, die der Verarbeitungskapazität entsprechen, kann laut *Relational Complexity Theory* nur erfolgen, wenn die vierfache Relation der Aufgabe erkannt wird. Eine angemessene Segmentierung können Vorschulkinder daher nicht eigenständig vornehmen. Die Vereinfachung der Aufgabe durch Chunking ist möglich, wenn bereits Wissen über die Rolle und den Zusammenhang von Gewicht und Abstand erworben wurde und Drehmomente ermittelt werden können. Es ist daher nach der *Relational Complexity Theory* wahrscheinlich, dass Kinder im Vorschulalter das Gesamtproblem nicht repräsentieren können (also Niveau 4 nicht erreichen) und daher entweder nur einen Teil des Problems (nur Gewicht oder nur Abstand) repräsentieren (Niveau 1), die Teile des Problems (Gewicht und Abstand) separat repräsentieren (Niveau 2) oder eine alternative Verknüpfungsstrategie (z.B. Addition oder QP-Regel) nutzen (Niveau 3; Andrews & Halford, 1998; Andrews et al., 2009).

Nachfolgend werden die Ergebnisse von Studien zu Hebelwirkung am Beispiel Balkenwaage bei Vorschulkindern den Komplexitätsniveaus aus Kapitel 3.2 zugeordnet (Kapitel 3.2.1). Diese berücksichtigen allerdings nur die Gleichgewichtsfunktion von Hebeln und nicht die Kraftverstärkung. Daher werden in Kapitel 3.2.2 ergänzend die Ergebnisse einer Studie zum Verständnis einseitiger Hebel von sechs- bis siebenjährigen Kindern dargestellt.

### *3.2.1 Studien zu Hebeln mit der Funktion „Gleichgewicht“*

Studien zum konzeptuellen Verständnis der Hebelwirkung von Kindern im Vorschulalter (Fünf- bis Sechsjährige) nutzen nahezu ausschließlich das Beispiel „Balkenwaage“. In Ausnahmefällen wird auf ähnliche Beispiele wie die Wippe zurückgegriffen. Einen differenzierten Überblick über diese Studien gibt Naber (2016). Die Erhebungsmethoden wurden bereits in Kapitel 3.1 beschrieben. In Studien zur Balkenwaage wird untersucht, inwiefern Kinder die Auswirkungen von Gewichten und deren Abständen zum Drehpunkt berücksichtigen (Naber, 2016). In Kapitel 3.1 wurden vier Komplexitätsniveaus beschrieben. Für jedes Komplexitätsniveau werden im Folgenden Ergebnisse empirischer Studien zum entsprechenden Lösungsverhalten von Vorschulkindern angeführt.

#### **Niveau 1: Berücksichtigung nur eines Teilkonzeptes (Gewicht oder Abstand)**

Personen, die Aufgaben zur Balkenwaage auf Niveau 1 lösen, berücksichtigen entweder nur den Abstand oder nur das Gewicht. Sie repräsentieren die Aufgabe also als binäre Relation. Dies scheint für die meisten Vorschulkinder zuzutreffen, da die meisten Studien (z.B. Ferretti et al., 1985; Jansen & van der Maas, 2002) zu dem Ergebnis kommen, dass die Mehrheit der Vorschulkinder Sieglers Regel 1 anwendet. Somit scheint auch die Mehrheit der Vorschulkinder die Bedeutung des Gewichts an der Balkenwaage vor dem Abstand zu erwerben. Dies zeigte sich auch in einer Studie, die 60 fünf- und siebenjährige Kinder untersuchte (McFadden et al., 1987). Es wird berichtet, dass 72 % der Kinder entsprechend Sieglers Regel 1 antworteten. Weitere 11 % der Kinder nahmen an, dass sich die Waage auf der Seite mit dem geringeren Gewicht nach unten neigen würde (ebd.). Zudem wurden in dieser Studie neben Beurteilungs- auch Produktionsaufgaben eingesetzt. Ein Unterschied zwischen Beurteilungs- und Produktionsaufgaben zeigt sich v.a. für ältere Kinder, aber kaum für Kinder im Vorschulalter: Betrachtet man bei Produktionsaufgaben das Lösungsverhalten von Kindern, die bei Beurteilungsaufgaben Regel 1 verwenden, berücksichtigen 64 % der Siebenjährigen aber nur 28 % der Fünfjährigen den Abstand. Dies ist aber nicht darauf zurückzuführen, dass diese Kinder bei Produktionsaufgaben ein höheres Niveau erreichen, sondern darauf, dass sie den Abstand anstelle des Gewichts zur Lösung der Aufgabe heranziehen. Somit bleibt auch bei Produktionsaufgaben die Mehrheit sowohl der Fünf- als auch der Siebenjährigen auf Niveau 1. Aus den Ergebnissen von Halford et al. (2002) lässt sich folgern, dass 61 % der Fünf- bis Sechsjährigen entweder nur den Abstand oder nur das Gewicht berücksichtigen.

Ergebnisse zu einzelnen Aufgabentypen werden in Studien zur Balkenwaage selten berichtet. In der Studie von Amsel et al. (1996) lösen ca. 75 % der Sechsjährigen jeweils

mindestens dreiviertel der NG- und NB-Aufgaben, aber nur 13 % lösen mindestens dreiviertel der NA-Aufgaben. Inwiefern diese 13 % aber auf Niveau 1 oder 2 anzusiedeln sind, kann dieser Studie nicht entnommen werden, da nicht klar ist, inwiefern sie ebenfalls die Gewichtssitems korrekt gelöst haben. Ein relativ ähnliches Bild berichtet Roth (1974) für Produktionsaufgaben an einer stark vereinfachten Balkenwaage (nur zwei Angriffspunkte je Seite). Interessant ist bei dieser Studie, dass die Abstandsaufgabe sowohl durch Veränderung des Abstands als auch durch Veränderung des Gewichts lösbar ist: Die Waage befindet sich zu Beginn der Aufgabe im Gleichgewicht (auf jeder Seite ein identisches Gewicht am äußeren Angriffspunkt). Nun wird das Gewicht auf einer Seite der Waage am weiter innenliegenden Angriffspunkt angebracht und die Probanden sollen die Waage durch Veränderung wieder ins Gleichgewicht bringen. Es wurde nicht vorgegeben, welche Variable zu verändern war. 24 % der Kinder im Vorschulalter lösten beide Aufgaben dieses Typs richtig. Am häufigsten wählten Kinder im Vorschulalter die Strategie, eines der bereits angebrachten Gewichte an den passenden Angriffspunkt zu verschieben, d.h. den Abstand wieder auszugleichen. Eine Strategie, bei der der ungleiche Abstand durch das Verändern der Gewichte ausgeglichen wurde, kam seltener vor. In der Studie von van der Maas und Jansen (2003) werden zwar sowohl Lösungshäufigkeiten für Itemtypen als auch Regelzuordnungen angegeben, aber für die jüngste untersuchte Altersgruppe der sechs- bis siebenjährigen Kinder (N = 39) ist nur die Lösungshäufigkeit der Items eindeutig angegeben. An der Studie nahmen Personen im Alter zwischen 6 und 15 sowie 18 und 25 Jahren teil. Gewichtsaufgaben (sowohl Konflikt als auch Non-Konflikt) und NB-Aufgaben werden von nahezu allen Sechs- bis Siebenjährigen gelöst (90 – 96 %). Der Altersdurchschnitt für Regel 1 wird mit rund acht Jahren angegeben. Auch die Ergebnisse dieser Studie deuten also darauf hin, dass die meisten Kinder im letzten Kita- und ersten Grundschuljahr überwiegend das Gewicht zur Lösung der Aufgaben heranziehen. Um mehr Einblicke in die Komplexität der Denkprozesse zu gewinnen, wurden in dieser Studie außerdem die Antwortzeiten gemessen. Je mehr Gewichte pro Angriffspunkt verwendet wurden, desto länger benötigten die Probanden, die Regel 1 zugeordnet wurden, um zu beurteilen, ob die Gewichte auf beiden Seiten gleich oder verschieden sind. Wie groß der Unterschied in der Anzahl der Gewichte auf beiden Seiten der Balkenwaage war, spielte aber keine Rolle für die Antwortzeit.

Am aufschlussreichsten für die vorliegende Arbeit erscheint die Studie von Ferretti und Butterfield (1986), da für jedes Kind überprüft wurde, ob es vorrangig das Gewicht oder vorrangig den Abstand bei der Beurteilung der Aufgaben nutzt. In der Studie wurde untersucht, wie sich verschiedene Schwierigkeitsniveaus der Aufgaben auf das Lösungsverhalten auswirken. Variiert wurde die Offensichtlichkeit bzw. *Perceptual Salience* der Unterschiede in den Drehmomenten innerhalb der jeweiligen Aufgabentypen. Bei Aufgaben, bei denen die Drehmomente lediglich um 1 verschieden waren, wurden 36 % der Fünf- bis Siebenjährigen Stufe 1 zugeordnet und 32 % waren nicht klassifizierbar. Bei Aufgaben mit deutlich unterschiedlichen Drehmomenten (Differenz von 18 – 30) wurden nur noch 23 % der Fünf- bis Siebenjährigen Stufe 1 zugeordnet und nur noch

14 % waren nicht klassifizierbar. Die übrigen 63 % der Kinder erreichten Niveau 2 oder höher bei Aufgaben mit deutlich unterschiedlichen Drehmomenten. Zudem konnten an einer vereinfachten Balkenwaage (weniger Angriffspunkte und weniger Gewichte) bereits Zwei- bis Dreijährige ein Lösungsverhalten zeigen, das Sieglers Regel 1 entspricht (Halford et al., 2002). Bei nicht vereinfachten Aufgaben fand hingegen Siegler (1978), dass keines der zehn untersuchten dreijährigen Kinder Regel 1 anwendete aber schon sieben der zehn Vierjährigen. Erst Fünfjährige erreichten in dieser Studie relativ zuverlässig Regel 1 (neun von zehn Kindern).

Die Varianz in der Lösungshäufigkeit bei Kindern im Vorschulalter deutet ebenfalls darauf hin, dass sich die Konstruktion der Aufgaben u.U. erheblich auf die Lösungshäufigkeit insbesondere bei jungen Kindern auswirkt. Aktuelle Studien, die Perceptual Saliency u.a. mit Hilfe von Eyetracking untersuchen, kommen zu dem Schluss, dass diese die Aufmerksamkeit besonders in neuen Situationen lenkt (Horstmann, Becker & Ernst, 2016), bzw. dann, wenn sie nicht durch top-down-Prozesse gesteuert wird (Christie, 2017). Dies legt nahe, Effekte von Perceptual Saliency in Aufgaben zur Balkenwaage so zu interpretieren, dass die Probanden das jeweilige Niveau noch nicht hinreichend sicher erreicht haben, um ihre Aufmerksamkeit auch in Aufgaben mit geringen Unterschieden zwischen den Drehmomenten auf die für dieses Niveau relevanten Hinweisreize zu lenken. Dies könnte darauf hindeuten, dass das notwendige Wissen gerade erst erworben wurde und noch nicht ausreichend gefestigt ist.

Weitere Hinweise in diese Richtung geben zwei Studien, bei denen untersucht wurde, ob Kinder im Kita-Alter bei Aufgaben zur Balkenwaage tatsächlich das Gewicht berücksichtigen (Metz, 1993; Schrauf, Call & Pauen, 2011).

Metz (1993) videografierte 48 Kinder im Alter von drei bis fünf Jahren und analysierte ihr Verhalten bei verschiedenen Aufgaben, die alle das Ziel hatten, eine Balkenwaage mit einer Waagschale auf jeder Seite ins Gleichgewicht zu bringen. Die Aufgaben unterschieden sich in den Gewichtssets, die den Kindern zur Verfügung gestellt wurden. Die Sets bestanden aus einer geraden Anzahl von Gewichten. Je nach Aufgabe war ein Teil der Gewichte identisch, ein anderer Teil unterschied sich in der Größe, im Gewicht oder in Größe und Gewicht. Nachdem die Versuchsperson die Gewichte auf die Waagschalen verteilt hatte, konnte sie das Verhalten der Waage beobachten und wurden bei nicht vorhandenem Gleichgewicht aufgefordert, das Ergebnis zu korrigieren. Eine detaillierte Videoanalyse ergab, dass die Mehrzahl der Fünfjährigen die Gewichtsunterschiede bereits beim Verteilen der Gewichte berücksichtigte und bei dennoch entstehendem Ungleichgewicht die Waage erfolgreich durch gezieltes Umverteilen von Gewichten ins Gleichgewicht bringen konnte. Die Mehrheit der Drei- und Vierjährigen platzierte die gleiche Anzahl von Gewichten in jede Waagschale (ohne Rücksicht auf die tatsächlichen Gewichtsunterschiede) und versuchte das auftretende Ungleichgewicht auszugleichen, indem die Waage per Hand in die Waagrechte gebracht wurde oder indem zwar Gewichte umgeschichtet wurden, aber noch das Verständnis fehlte, dass Gewichte aus der unteren Waagschale in die obere gelegt werden müssen, um die Waage ins Gleichgewicht zu bringen.

Schrauf et al. (2011) untersuchten je 20 Kinder der Altersgruppen drei Jahre, dreieinhalb Jahre und vier Jahre an einer sehr einfachen Balkenwaage mit je einer Plattform am Ende jeder Seite: Auf einer Seite der Waage saß ein Stofftier auf der Plattform, die Plattform auf der anderen Seite der Waage war leer. Die Waage war entsprechend zur Seite des Stofftiers geneigt. Die Kinder sollten nun durch das Platzieren eines Gewichtes auf der leeren Plattform die Waage auf diese Seite kippen. Es gab zwei Gewichte, die gleich aussahen, aber unterschiedlich schwer waren. Die Hälfte der Kinder wurde in eine plausible Bedingung eingeteilt, in der nur das schwerere Gewicht die Waage nach unten kippen ließ. Die andere Hälfte der Kinder war in der unplausiblen Bedingung, in der der Untersuchungsleiter außer Sichtweite der Kinder die Waage so manipulierte, dass sie nur bei Verwendung des leichten Gewichtes kippte. Jedes Kind absolvierte 12 Versuche an dieser Aufgabe. Bei drei- und dreieinhalbjährigen Kindern zeigte sich kein Unterschied zwischen der unplausiblen und der plausiblen Bedingung. Vierjährige machten in der plausiblen Bedingung deutlich weniger Fehler als die beiden jüngeren Altersgruppen, in der unplausiblen Bedingung machten sie hingegen mehr Fehler. Die Autor\_innen schließen daraus, dass Vierjährige bereits Erwartungen dazu haben, dass das schwerere Gewicht die Waage zum Umschlagen bringen sollte, das leichtere aber nicht.

### **Niveau 2: getrennte Berücksichtigung von Gewicht und Abstand**

Auf dieser Stufe werden zwei aufeinanderfolgende binäre Relationen vollzogen, d.h. es wird zunächst geprüft, ob beide Gewichte übereinstimmen und anschließend, ob auch die Abstände übereinstimmen – dies entspräche Sieglers Regel 2. Nach der Relational Complexity Theory ist aber auch das umgekehrte Vorgehen (zuerst Abstände und anschließend Gewichte vergleichen) auf Niveau 2 einzuordnen. Auf Niveau 2 werden also sowohl das Gewicht als auch der Abstand berücksichtigt, sie können aber noch nicht integriert werden. Daher werden die meisten Konflikt-Aufgaben auf diesem Niveau falsch gelöst. Die Relational Complexity Theory geht davon aus, dass Kinder ab fünf Jahren grundsätzlich in der Lage sind, zwei binäre Relationen nacheinander zu vollziehen.

Allerdings ordnen Studien an Kindern im Vorschulalter bei Beurteilungsaufgaben nur 0 bis 22 % der Kinder in Regel 2 ein (Ferretti et al., 1985; Halford et al., 2002; McFadden et al., 1987; Siegler, Strauss & Levin, 1981) und selbst im Alter von neun Jahren kommen Regel 1 und 2 noch gleich häufig bei je 40 % der Probanden vor (Jansen & van der Maas, 2002). Die Aufgabengestaltung scheint hier aber eine Rolle zu spielen: Bei Aufgaben mit hinreichender perzeptueller Salienz (Unterschied der Drehmomente  $\geq 3$ ) erreichen über 30 % der Fünfjährigen Niveau 2 (Ferretti & Butterfield, 1986).

van der Maas und Jansen (2003) geben das Durchschnittsalter für Regel 2 mit rund 10 Jahren an. Sechs- bis Siebenjährige lösten in dieser Studie Distanzaufgaben nur zu 16 % (Non-Konflikt) bzw. 11 % (Konflikt). Acht- bis Neunjährige lösten bereits 47 % der NA-Aufgaben, aber ebenfalls nur 15 % der KA-Aufgaben. Die Analyse der Antwortzeiten ergab, dass Regel-2-Benutzer\_innen den Abstand bei allen Aufgaben berücksichtigten (nicht nur bei Aufgaben mit gleichen Gewichten, wie es die Entscheidungsbäume annehmen). Sie konnten schneller entscheiden, ob sich die Abstände unterscheiden, wenn

die Gewichte nah am Drehpunkt oder nah am äußeren Ende der jeweiligen Seite der Waage platziert waren. Wenn die Gewichte nahe der Mitte der jeweiligen Seite der Waage platziert waren, wurde mehr Zeit zum Antworten benötigt. Zudem hatte die Differenz der Abstände einen Effekt auf die Antwortzeit. Waren die Unterschiede in den Abständen größer, benötigten die Regel-2-Benutzer\_innen länger um zu antworten. Die Autoren vermuten, dass durch die größere perzeptuelle Saliens der Abstand ausgiebiger berücksichtigt wird, Regel-2-Benutzer\_innen aber noch nicht wissen, wie sie Abstand und Gewicht integrieren sollen.

### **Niveau 3: fehlerhafte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (z.B. Addition)**

Auf Niveau 3 werden Gewicht und Abstand nicht nur nacheinander berücksichtigt, sondern in Beziehung zueinander gesetzt. Allerdings ist die für Niveau 4 notwendige Multiplikationsregel noch nicht verfügbar. Es müssen also alle Non-Konflikt-Aufgaben gelöst werden sowie charakteristische Fehler bei Konflikt-Aufgaben auftreten, die auf alternative Verknüpfungsstrategien zurückzuführen sind. Nach der Relational Complexity Theory kann auf dieser Stufe für Vorschulkinder nicht eindeutig bestimmt werden, ob Probleme bei der Lösung von Konflikt-Aufgaben durch mangelndes Wissen oder mangelnde kognitive Kapazität auftreten.

In einigen Studien werden keine (z.B. Siegler, 1976) und in anderen nur 5 % der Kinder im Vorschulalter auf diesem Niveau kategorisiert (z.B. Ferretti et al., 1985; Jansen & van der Maas, 2002; Siegler et al., 1981). Erst am Ende des Grundschulalters zeigt ein nennenswerter Anteil von Kindern Lösungsverhalten auf Niveau 3 (Jansen & van der Maas, 2002). van der Maas und Jansen (2003) geben ein Durchschnittsalter von rund 13 Jahren für Regel 3 an. Für die Anwendung einer Kompensationsstrategie lag das Durchschnittsalter in dieser Studie bei knapp 16 Jahren. Nutzer\_innen dieser Regeln antworten (im Gegensatz zu Regel-2-Nutzer\_innen) bei erhöhter Saliens des Abstands schneller.

Bei Variation der perzeptuellen Saliens im Sinne der Produktdifferenz (Ferretti & Butterfield, 1986) sind die Ergebnisse schwierig zu interpretieren, da die Kriterien für Regel 3 strenger erscheinen als die für Regel 4: Kinder, die Regel 3 zugeordnet wurden, durften insgesamt fünf Fehler machen, wovon maximal zwei bei den Non-Konflikt-Aufgaben und maximal drei bei den Konflikt-Aufgaben liegen durften. Je nach Drehmomentsunterschied in den Aufgaben erreichten 0 – 14 % der Fünf- bis Siebenjährigen dieses Kriterium. Regel 4 wurde in dieser Studie vergeben, wenn insgesamt höchstens vier Fehler bei 24 Aufgaben gemacht wurden. Dieses Kriterium erreichen 5 – 22 % der Kinder im Alter von fünf bis sieben Jahren. Allerdings kann nicht davon ausgegangen werden, dass alle diese Kinder alle Aufgabentypen hinreichend beherrschen, da das Kriterium auch dann erreicht wird, wenn alle bis auf einen Aufgabentyp vollständig korrekt gelöst werden. Es erscheint daher sinnvoller, die Ergebnisse dieser Studie für Regel 3 und Regel 4 gemeinsam zu Komplexitätsniveau 3 zuzuordnen. Demnach erreichen in dieser Studie 9 bis 31 % der Kinder im Alter von fünf bis sieben Jahren Niveau 3. Zudem wurden evtl. auch deshalb höhere Lösungshäufigkeiten erzielt, weil sämtliche Gewichte an einem Hebelarm auf dem gleichen Angriffspunkt angebracht wurden. In den meisten anderen Studien kommen auch Items vor, bei denen Gewichte auf zwei oder mehr Angriffspunkten eines Hebelarms angebracht sind.

Eine andere Art, die Komplexität der Aufgabe zu reduzieren, stellt die einarmige Balkenwaage mit einer Skala aus Tiersymbolen dar, die Andrews et al. (2009) einsetzen (vgl. Abbildung 11). Jeder schwarze Punkt steht für ein Tiersymbol.

An der einarmigen Balkenwaage sollten die Versuchspersonen einschätzen, wie weit sich der Hebelarm senkt. Der Vergleich von Abstand und Gewicht zwischen zwei Hebelarmen fällt dadurch weg und es genügt zur Lösung der Aufgabe, Abstand und Gewicht an diesem einen Hebelarm korrekt zu verknüpfen. Bei dieser dreifachen Relation zeigten immerhin

knapp 10 % der Kinder im Vorschulalter eine multiplikative Verknüpfung und weitere knapp 29 % eine additive.

#### **Niveau 4: korrekte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 4)**

Niveau 4 entspricht der korrekten Lösung aller Aufgaben, d.h. die vierfache Relation der Aufgabe wird konsequent berücksichtigt. Nach der Relational Complexity Theory verfügen Vorschulkinder nicht über die hierfür notwendige kognitive Kapazität, was sich auch in den bisher zitierten Studien bestätigt. Erst im Jugendalter zeigt ein nennenswerter Anteil von Kindern ein entsprechendes Lösungsverhalten (z.B. Jansen & van der Maas, 2002). Das Durchschnittsalter für Regel 4 lag bei van der Maas und Jansen (2003) bei rund 19 Jahren, wobei an der Studie keine Probanden im Alter zwischen 15 und 17 Jahren teilnahmen.

Die Hürde, um Niveau 4 zu erreichen, liegt v.a. in der Lösung der KB-Aufgaben. Diese werden i.d.R. erst dann richtig gelöst, wenn die Multiplikationsregel erworben wurde (Siegler, 1976) und es gibt nur in Ausnahmefällen alternative Strategien (auf Niveau 3 bei entsprechender Konfiguration von Gewicht und Abstand), die ebenfalls zu einer korrekten Lösung führen. van der Maas und Jansen (2003) setzten sowohl KB-Aufgaben ein, die mittels Kompensationsregel korrekt gelöst werden können (Variante A), als auch solche, die nur durch Multiplikationsregel gelöst werden können (Variante B). Sechs- bis siebenjährige Kinder lösen bei beiden Aufgabentypen nur 2 %, Acht- bis Neunjährige erreichen ebenfalls nicht mehr als 5 %. Mit zunehmendem Alter steigt der Prozentsatz korrekt gelöster Aufgaben bei beiden Varianten an und Variante A wird häufiger gelöst als Variante B. Allerdings löst die Altersgruppe der 18 bis 25-jährigen im Schnitt auch nur 53 % der KB-Aufgaben der Variante A und 43 % der Variante B.

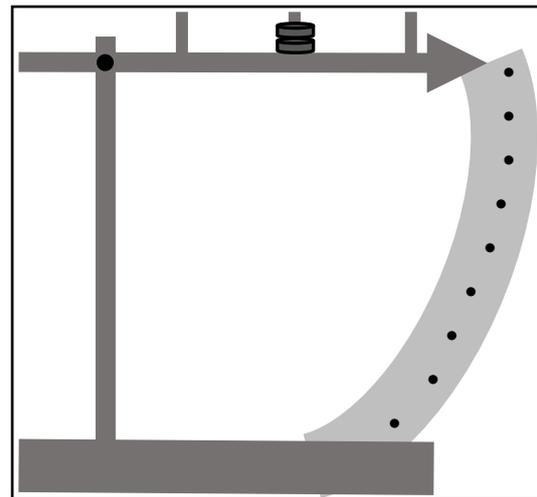


Abbildung 11. Schematische Darstellung der von Andrews et al. (2009) verwendeten einarmigen Balkenwaage

### *3.2.2 Studien zu Hebeln mit der Funktion „Kraftverstärkung“*

Studien, die das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung im Hinblick auf Kraftverstärkung untersuchen, bieten gegenüber Studien an der Balkenwaage die Möglichkeit, das Verständnis des Hebelkonzeptes differenzierter zu betrachten, da der Abstand am Lastarm und Kraftarm zu berücksichtigen ist (Naber, 2016). Dies ist bedeutsam, weil eine Vergrößerung des Abstands am Kraftarm bewirkt, dass eine Last mit geringerer Kraft bearbeitet werden kann, wohingegen eine Verlängerung des Lastarms bewirkt, dass eine größere Kraft aufgewendet werden muss. Es geht hier also um die genauere Betrachtung der Effekte von Abständen auf den notwendigen Kraftaufwand und deren gezielte Nutzung z.B. bei der Verwendung von Werkzeugen. Studien zu diesen Teilkonzepten der Hebelwirkung liegen für Vorschulkinder bisher nicht vor, sondern lediglich eine Untersuchung zu sechs- bis siebenjährigen Kindern (Naber, 2016) und wenige Studien mit älteren Kindern (Duisman & Meschenmoser, 2009a; Schwelle, Lohrmann & Hartinger, 2012; Schwelle, Hartinger, Lohrmann & Groß Ophoff, 2013; Schwelle, 2016).

Im Folgenden wird besonders auf die Studie von Naber (2016) zu sechs- bis siebenjährigen Kindern eingegangen, da diese für die Untersuchung des Verständnisses von Hebelwirkung bei Vorschulkindern wegen der ähnlichen Altersgruppe am aufschlussreichsten ist. In dieser Studie wurden nur einseitige Hebel eingesetzt. Erhoben wurde das konzeptuelle Wissen von 384 Erstklässler\_innen zur Hebelwirkung am Beispiel Schubkarre mit je vier Aufgaben zur Last, zum Lastarm und zum Kraftarm. Es wurde ein bildbasierter Paper-Pencil-Test eingesetzt. Für jede Aufgabe waren drei Schubkarren abgebildet, die sich nur im jeweiligen Zielmerkmal (z.B. Länge des Kraftarms, d.h. der Griffe) unterscheiden. Die Kinder sollten die Schubkarre auswählen, mit der sich die Last am leichtesten transportieren lässt. Wissen zum Kraftarm wurde zusätzlich zum Beispiel Schubkarre auch am Beispiel Schraubenschlüssel mit zwei Aufgaben erhoben.

Laut Naber (2016) entspricht dieses Aufgabenformat der Komplexität von Non-Konflikt-Aufgaben dahingehend, dass nur eine Variable variiert wird; allerdings müssen für die Beantwortung drei Schubkarren verglichen werden, bei der Balkenwaage hingegen nur zwei Seiten der Waage. Dadurch könnten Non-Konflikt-Aufgaben an der Balkenwaage geringfügig leichter sein als Aufgaben zur Hebelwirkung an Werkzeugen nach dem von Naber (2016) entwickelten Testverfahren. Dennoch ist davon auszugehen, dass der Vergleich dreier Bilder hinsichtlich einer Variablen von Kindern im Vorschulalter bewältigt werden kann, da bereits zwei binäre Relationen nacheinander ausgeführt werden können. Fehlerhafte Antworten auf die Testitems sollten daher i.d.R. auf ein mangelndes konzeptuelles Wissen zurückgeführt werden können.

Es zeigte sich, dass 64,13 % der getesteten Kinder mindestens drei der vier Aufgaben zur Last korrekt beantworteten, d.h. die Mehrheit der Erstklässler verfügt bereits über die korrekte Vorstellung, dass kleine Gewichte leichter in einer Schubkarre transportiert werden können als große. 36,52 % der Kinder beantworteten mindestens drei der vier Aufgaben zum Lastarm korrekt, d.h. gut ein Drittel der Erstklässler\_innen verfügt be-

reits über die korrekte Vorstellung, dass sich eine Last im Schubkarren leichter transportieren lässt, wenn das Gewicht näher am Drehpunkt liegt. Allerdings beantwortete die Mehrheit der Kinder nur eine oder gar keine Aufgabe zum Kraftarm korrekt (am Beispiel Schubkarre 75 % und am Beispiel Schraubenschlüssel 84 %). Am Beispiel einseitiger Hebel bestätigt sich somit weitgehend das für die Balkenwaage skizzierte Bild, dass Kinder im Alter von fünf bis sieben Jahren überwiegend Aufgaben zu Gewicht und Last korrekt lösen, aber noch große Schwierigkeiten mit der Beurteilung des Effektes des Abstands haben – und dies stärker am Kraftarm als am Lastarm. Die Unterschiede zwischen Last, Lastarm und Kraftarm am Beispiel Schubkarre sind sowohl in der Lösungshäufigkeit als auch hinsichtlich der Kinder, die mindestens drei von vier Aufgaben eines Typs korrekt beantworten, signifikant. Als Erklärung wird angeführt, dass im Alltag zu den verschiedenen Teilkonzepten unterschiedlich häufig Erfahrungen gesammelt werden können. Am seltensten können Erfahrungen mit variierenden Kraftarmen gemacht werden, da diese bei Werkzeugen häufig eine vorgegebene Länge haben (Naber, 2016). Diese Erklärung wird auch in der Studie von Duismann und Meschenmoser (2009b) gestärkt: nur 50 % der 12 bis 16-jährigen (N = 4084) wählten bei einer vergleichbaren Aufgabe zum Kraftarm am Beispiel Schraubenschlüssel die korrekte Antwort, obwohl Personen dieser Altersgruppe an der Balkenwaage i.d.R. Abstandsitens korrekt beantworteten (Jansen & van der Maas, 2002). Allerdings nahmen an dieser Studie nur Schüler\_innen mit Förderbedarf „Lernen“ teil (Lehmann & Hoffmann, 2009). Das konzeptuelle Wissen über Hebelwirkung bei acht- bis neunjährigen Kindern (N = 202) untersuchten Schwelle et al. (2013) mit einem Paper-Pencil-Test, in dem Aufgaben zu Wippe, Nussknacker und Brechstange vorkamen und die Kinder ihre Antworten auch begründen sollten. Für die Begründungen wurden teilweise Antwortmöglichkeiten vorgegeben und teilweise wurde ein offenes Antwortformat verwendet. Es zeigte sich, dass ca. zwei Drittel der untersuchten Kinder eine vereinfachte Aufgabe zur Verknüpfung von Gewicht und Abstand am Beispiel Wippe lösen konnten, aber nur 17 % der Kinder eine Begründung formulierte, die das Hebelgesetz zumindest in Ansätzen beinhaltete. Oftmals zogen die Kinder Oberflächenmerkmale heran, die nicht darauf hindeuteten, dass konzeptuelles Wissen zur Beantwortung der Fragen herangezogen wurde.

#### 4. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde Hebelwirkung als naturwissenschaftliches Fachkonzept gewählt. In Kapitel 1 wurde aufgezeigt, dass zum Verständnis von Hebelwirkung sowohl die Größe der Kraft als auch der Abstand ihres Angriffspunktes vom Drehpunkt an beiden Hebelarmen berücksichtigt werden muss. Das Produkt aus dem Betrag der Kraft, die am Hebelarm angreift, und dem Abstand ihres Angriffspunktes vom Drehpunkt bildet das Drehmoment. Ist dieses an beiden Hebelarmen gleich groß, ist der Hebel (z.B. eine Balkenwaage) im Gleichgewicht. Hebelwirkung ist demnach ein naturwissenschaftliches Konzept, das in Bezug zu weiteren Konzepten (z.B. Hebel, Drehmoment, Hebelarm, Drehpunkt) steht.

Aus fachdidaktischer Perspektive sind weitere Merkmale von Hebeln bedeutsam: Bei der Anwendung des Hebelgesetzes auf Werkzeuge tritt die Gleichgewichtsfunktion in den Hintergrund, da Werkzeuge zur Kraftverstärkung eingesetzt werden. Deshalb ist bei Werkzeugen eine Unterscheidung in Lastarm und Kraftarm bzw. Last und Kraft sinnvoll. Kraftersparnis kann durch entsprechende Variation einer oder mehrerer Variablen (Last, Lastarm, Kraft, Kraftarm) erreicht werden. Außer in ihrer Verwendungsweise (Gleichgewicht bzw. Kraftverstärkung) können sich Hebel auch in der Lage des Drehpunktes (ein- und zweiseitige Hebel) unterscheiden, sowie in der Anzahl der Hebelarme (einfache und doppelte Hebel) und darin, welche Bestandteile (Last, Lastarm, Kraft, Kraftarm) festgelegt sind bzw. variiert werden können. Außerdem sind die einzelnen Bestandteile (Last, Lastarm, Kraft, Kraftarm) nicht bei allen Hebeln gleichermaßen augenscheinlich erkennbar.

Individuen können in unterschiedlichem Maße über konzeptuelles Wissen zu Hebelwirkung verfügen. Nach dem Fragmentierungsansatz (Kapitel 2.3) sind individuelle Konzepte von Hebelwirkung, die dem Hebelgesetz voll entsprechen, als *coordination class* bzw. naturwissenschaftliches Konzept zu bezeichnen. Gänzlich fehlende Vorstellungen vom Hebelgesetz sind hingegen kein naturwissenschaftliches Konzept, da allenfalls unzusammenhängende Alltagsvorstellungen (p-prims) zur Lösung von Aufgaben zu Hebelwirkung herangezogen werden. Inwiefern durch Lehr-Lern-Prozesse erreichte „Zwischenvorstellungen“ als naturwissenschaftliche Konzepte zu bezeichnen sind, kann mit Hilfe des Fragmentierungsansatzes nicht eindeutig bestimmt werden. Dies ist aber für die vorliegende Arbeit relevant, weshalb eine Arbeitsdefinition gegeben wurde. Naturwissenschaftliche Konzepte von Individuen wurden definiert als *mentale Repräsentationen naturwissenschaftlicher Sachverhalte, die die Grundfunktionen Kategorisierung, Inferenz und Kommunikation erfüllen und der fachlich korrekten Verknüpfung von mindestens zwei einfachen Propositionen entsprechen*.

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Definition naturwissenschaftlicher Konzepte basiert im Wesentlichen auf der kognitionspsychologischen Definition von Konzepten im Allgemeinen (vgl. Kapitel 2.1). Diese impliziert, dass Konzepte Sachverhalte repräsentieren, da sie nicht nur Objekte, sondern auch deren Merkmale oder Beziehungen zwischen Objekten umfassen (vgl. Kapitel 2.2) und berücksichtigt darüber hinaus die fachliche Korrektheit und Netzwerkstruktur (Verknüpfung von Propositionen) von causal nets, die naturwissenschaftliche Konzepte auszeichnen (Kapitel 2.3). Sie geht damit über p-prims hinaus, erfordert aber nicht das Verfügen über das Gesamtkonzept (z.B. Hebelwirkung), um von einem naturwissenschaftlichen Konzept sprechen zu können. Die Bezeichnung „naturwissenschaftliches Konzept“ kann sich dadurch auch auf Teilkonzepte (z.B. die Bedeutung des Kraftarms oder Abstands) von Vorschulkindern beziehen.

Inwiefern Vorschulkinder das Konzept Hebelwirkung bereits verstehen können, kann mit Hilfe der Relational Complexity Theory untersucht werden. Die Theorie geht davon aus, dass Aufgaben eine Verarbeitungsanforderung (processing demand) an die Person

stellen, die die Aufgabe bearbeitet und diese Anforderung umso größer ist, je mehr interagierende Variablen zur Lösung des komplexesten Teilschrittes der Aufgabe gleichzeitig repräsentiert werden müssen. Hebelwirkung entspricht mindestens einer vierfachen Relation und ist somit vergleichsweise komplex. Um mit dieser Komplexität umzugehen, können mit Hilfe konzeptuellen Wissens Chunks gebildet werden, z.B. indem an der Balkenwaage Gewicht und Abstand als Drehmoment repräsentiert werden. Sequenzierung ermöglicht es, die Aufgabe in mehrere Teilschritte zu untergliedern. Die Aufgabe kann aber nur dann sequenziert werden, wenn sie in ihrer gesamten Komplexität repräsentiert wird. Die Relational Complexity Theory geht davon aus, dass Vorschulkinder zwei aufeinander folgende binäre Relationen oder eine dreifache Relation vollziehen können. Sie wären demnach noch nicht in der Lage Hebelwirkung als Gesamtkonzept im Sinne der multiplikativen Verknüpfung zu repräsentieren. Deshalb würden sie laut Relational Complexity Theory das Problem vereinfacht repräsentieren, z.B. indem sie Gewicht und Abstand getrennt repräsentieren oder das Chunking mit einer alternativen Strategie (z.B. Addition statt Multiplikation) vornehmen. Um untersuchen und beschreiben zu können, welche Lösungsstrategien Vorschulkinder anwenden, wurden in Anlehnung an Siegler vier Komplexitätsniveaus beschrieben:

- Niveau 1: Berücksichtigung nur eines Teilkonzeptes (Gewicht [Sieglers Regel 1] oder Abstand)
- Niveau 2: getrennte Berücksichtigung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 2)
- Niveau 3: fehlerhafte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (z.B. Addition)
- Niveau 4: korrekte Verknüpfung von Gewicht und Abstand (Sieglers Regel 4)

Vorschulkinder sind nach den Annahmen der Relational Complexity Theory kognitiv in der Lage, Niveau 2 oder 3 zu erreichen. Allerdings gilt dies nur, wenn sie über das notwendige konzeptuelle Wissen verfügen. Der Forschungsstand zum Verständnis von Hebelwirkung bei Vorschulkindern deutet darauf hin, dass Niveau 2 und 3 für Vorschulkinder grundsätzlich erreichbar zu sein scheinen, sie aber i.d.R. nicht über das notwendige konzeptuelle Wissen verfügen:

Vorschulkinder operieren an Aufgaben zur Balkenwaage überwiegend auf Niveau 1 und berücksichtigen überwiegend das Gewicht. Nur wenige Kinder berücksichtigen in diesem Alter den Abstand an Stelle des Gewichts (Niveau 1) oder zusätzlich zum Gewicht (Niveau 2). Konflikt-Aufgaben, insbesondere KB-Aufgaben werden von Vorschulkindern i.d.R. nicht gelöst. Wenn KG- oder KA-Aufgaben von Vorschulkindern richtig gelöst werden, basiert dies i.d.R. darauf, dass die Kinder auf eine Dimension vertrauen und die Aufgabe nur nach dieser Dimension beurteilen. Sie behandeln dann entweder die KG- oder die KA-Aufgaben so, als wären sie Non-Konflikt-Aufgaben.

Werden Hebel mit Fokus auf Kraftverstärkung untersucht, zeigt sich ebenfalls, dass Kinder kaum Wissen darüber haben, wie sich der Abstand bzw. eine Veränderung der Länge des Hebelarms auswirkt. Hierfür liegen allerdings nur wenige Studien vor und in diesen wurden überwiegend einseitige Hebel eingesetzt.

Zudem gibt es erste Hinweise darauf, dass Wissen über Last- und Kraftarm bis zum

Beginn der Grundschulzeit nicht in gleichem Maße erworben wird. Dies lässt sich nicht darauf zurückführen, dass die Aufgaben unterschiedliche kognitive Kapazität erfordern, sondern wird i.d.R. dadurch erklärt, dass Werkzeuge im Alltag nur bestimmte Erfahrungen zulassen und z.B. die Länge des Kraftarms häufig nicht oder nicht ausreichend (um einen spürbaren Effekt zu erzielen) variiert werden kann.

Es ist daher davon auszugehen, dass Vorschulkinder Vorstellungen zu Gewicht und Abstand aufbauen können, die mit Non-Konflikt-Aufgaben an der Balkenwaage erhoben werden. Kinder, die Gewicht und / oder Abstand berücksichtigen, müssten auch NB-Aufgaben lösen, da sowohl Abstand als auch Gewicht bei diesen Aufgaben gleich ist und zur Lösung somit die Berücksichtigung eines Merkmals ausreicht. Sie dienen daher nicht der Unterscheidung zwischen Niveau 1 und 2, sondern nur der Überprüfung des Wissens, dass die Waage bei gleichem Abstand und gleichem Gewicht im Gleichgewicht ist. Bei Konflikt-Aufgaben entsteht das Problem, dass bei fehlerhaften Lösungen unklar ist, ob der Fehler auf mangelnde kognitive Kapazität oder mangelndes Wissen (oder beides) zurückzuführen ist. Zudem ist fraglich, ob in einer Förderung die Verknüpfung von Gewicht und Abstand angestrebt werden sollte, wenn diese von Vorschulkindern nur fehlerhaft repräsentiert werden kann.

Bei Hebeln mit der Funktion Kraftverstärkung kann analog zur Balkenwaage eine binäre Relation ebenfalls dadurch erreicht werden, dass nur eine der Variablen Last (entspricht Anzahl der Gewichte an der Balkenwaage), Lastarm oder Kraftarm (entspricht dem Abstand an der Balkenwaage) gleichzeitig variiert wird, sodass die Variation in der Variablen direkt mit der Variation des Kraftaufwandes in Beziehung steht, der nötig ist um die Last zu bearbeiten (entspricht dem Ausschlag der Waage).

In Anbetracht des Forschungsstandes erscheint es gewinnbringend, Kindern gezielt Erfahrungsmöglichkeiten mit Hebeln zu bieten, die v.a. differenzierte Erfahrungen zur Veränderung des Abstands sowohl bei Balkenwaagen als auch bei Hebeln mit der Funktion Kraftverstärkung ermöglichen. Da Wissen über Auswirkungen einer veränderten Last (zumindest am Beispiel Schubkarre) noch nicht von allen Erstklässlern erworben wurde und im Vorschulalter an der Balkenwaage vereinzelt die Fehlvorstellung beobachtet wurde, dass sich die Waage auf der Seite mit dem geringsten Gewicht nach unten neigt, sollten ebenfalls Erfahrungen zum Teilkonzept Gewicht ermöglicht werden.

Aus didaktischer Sicht sollte auf Hebel mit offensichtlichen Merkmalen zurückgegriffen werden, da es im Vorschulalter v.a. um die Entwicklung eines grundlegenden Verständnisses geht (vgl. Leuchter et al., 2014). Im Schulunterricht kann dieses Grundverständnis aufgegriffen und weiter abstrahiert werden, sodass Hebelarme und Drehpunkt auch erkannt werden, wenn sie nicht offensichtlich sind (vgl. Schwelle, 2016). Zweiseitige Hebel erscheinen für die vorliegende Arbeit günstiger als einseitige Hebel, da sie das Vorhandensein von zwei Hebelarmen offensichtlich machen, sofern auch der Drehpunkt deutlich erkennbar ist.

Aufgrund des kognitiven Entwicklungsstandes von Vorschulkindern und ihres Wissensstandes zu Hebelwirkung wird als Ziel der Konzeptentwicklung zu Hebelwirkung

in der vorliegenden Arbeit nicht die Verknüpfung von Gewicht bzw. Last und Abstand angestrebt, sondern das sichere Verfügen über die jeweiligen Teilkonzepte Last, Lastarm und Kraftarm an verschiedenen Werkzeugen sowie an der Balkenwaage Gewicht und Abstand bei Non-Konflikt-Aufgaben. Diese können sprachlich als einzelne Propositionen dargestellt werden. Mit der sprachlichen Darstellung naturwissenschaftlicher Konzepte befasst sich Teil II der Arbeit. Am Ende des Kapitels werden Vorschläge für Propositionen zu Hebelwirkung gemacht, die für Vorschulkinder angemessen sind (Kapitel 6.4).

## II. Bildungssprache

Sprache macht es möglich, über Konzepte zu kommunizieren (vgl. Kapitel 2). Sie dient in diesem Zusammenhang vornehmlich als Denkwerkzeug. Das Kommunizieren über abstrakte Sachverhalte, z.B. naturwissenschaftliche Konzepte, und der Gebrauch von Sprache als Denkwerkzeug sind zwei wesentliche Funktionen, die mit Bildungssprache in Zusammenhang gebracht werden (Morek & Heller, 2012). In Kapitel 5 wird erläutert, was in dieser Arbeit unter Bildungssprache verstanden wird und welche sprachlichen Mittel zur Kommunikation über Hebelwirkung nötig sind. Kapitel 6 berichtet den Entwicklungsstand von Vorschulkindern im Bereich Bildungssprache und leitet daraus ab, welche sprachlichen Mittel zur Kommunikation über Hebelwirkung bei Vorschulkindern erwartet werden können. Abschließend erfolgt eine Zusammenfassung und ein Fazit für die Förderung von Bildungssprache (Kapitel 7).

### 5. Bildungssprache: ein sprachliches Register

Beschreibungen von Bildungssprache werden unter einer Vielzahl von Bezeichnungen und Modellen vorgenommen (vgl. z.B. Gogolin & Duarte, 2016; Snow & Uccelli, 2009). Für das Konstrukt Bildungssprache liegt daher bislang keine einheitliche Definition vor (Morek & Heller, 2012; Snow & Uccelli, 2009). Trotz dieser Heterogenität besteht weitgehend Einigkeit darin, Bildungssprache als *sprachliches Register* im Sinne Hallidays zu beschreiben (vgl. z.B. Gibbons, 2006; Hövelbrinks, 2014; Morek & Heller, 2012; Schleppegrell, 2004; Webersik, 2015).

Ein sprachliches Register ist eine Konstellation lexikalischer und grammatikalischer Merkmale in Abhängigkeit bestimmter Merkmale der Kommunikationssituation (Halliday, 1978; Schleppegrell, 2004). Berücksichtigt werden dabei laut Halliday (1978)

- das institutionelle Setting und der Gesprächsinhalt (*field*),
- in welcher Beziehung die Interaktionspartner zueinander stehen (*tenor*) sowie
- der Kommunikationskanal und welche Funktion Sprache dabei erfüllt (*mode*).

Es wird davon ausgegangen, dass die Kommunikationspartner simultan alle drei Aspekte der Kommunikationssituation durch bestimmte grammatikalische und lexikalische Entscheidungen repräsentieren (Halliday, 1978; vgl. auch Schleppegrell, 2001, S. 432). Lexik und Grammatik werden demnach immer im Zusammenhang mit ihrer kommunikativen Funktion gesehen. Im Folgenden wird das Modell am Beispiel eines naturwissenschaftlichen Angebotes zu Hebelwirkung für Vorschulkinder verdeutlicht.

- *field*: Wie ein Vorschulkind über eine Schere kommuniziert, hängt davon ab, ob über Scheren in der Kita im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Angebots zu Hebelwirkung gesprochen wird oder zu Hause über eine Schere als Schneidewerkzeug beim Basteln. Obwohl in beiden Fällen über Scheren gesprochen wird, fokussiert das eine Setting das naturwissenschaftliche Konzept und das andere das

Alltagskonzept. Es ist davon auszugehen, dass mit diesen Settings auch unterschiedliche soziale Situationen (tenor) und kommunikative Ziele (mode) verbunden sind.

- **tenor:** Die Kommunikation eines Kindes mit anderen Personen unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Beziehung zu dieser Person. Ein Vorschulkind spricht in einem naturwissenschaftlichen Angebot zu Hebelwirkung anders mit der erwachsenen Bezugsperson, die das Angebot anleitet, als mit anderen Kindern, die auch am Angebot teilnehmen. Es wird zudem mit fremden Kindern anders interagieren als mit Kindern, die es gut kennt. Evtl. verändert das Kind sein Kommunikationsverhalten auch in Abhängigkeit des Alters seines Interaktionspartners (wenn es z.B. antizipiert, dass ein jüngeres Kind manches noch nicht verstehen kann oder mehr Erläuterungen benötigt).
- **mode:** Hier spielt eine Rolle, ob schriftlich oder mündlich kommuniziert wird, was bei Vorschulkindern eine untergeordnete Rolle spielt. Sie könnten aber durch den Auftrag, ihre Erkenntnisse der Bezugsperson zu diktieren, in einen eher schriftsprachlichen mode gebracht werden. Außerdem kann der Kommunikationsauftrag unterschiedlich sein: Sprache kann dazu verwendet werden, jemandem etwas zu beschreiben, zu erklären, jemanden zu überzeugen o.ä. Das Kind wird andere sprachliche Mittel verwenden, jemanden von der Benutzung einer Schere (anstatt eines anderen Schneidewerkzeuges) zu überreden, als zur Beschreibung einer Schere.

Aus dieser Definition geht hervor, dass ein sprachliches Register ein komplexes Konstrukt ist und mehrere Aspekte der Kommunikation zusammenhängend betrachtet werden müssen. Insbesondere situationaler und sozialer Rahmen scheinen eng verflochten zu sein.

## 5.1 Bildungssprachliche Kommunikationssituationen

Um zu beschreiben, welche situationalen und sozialen Rahmenbedingungen Bildungssprache erfordern und wie sie sich von Rahmenbedingungen der Alltagskommunikation idealtypisch abgrenzen lassen, werden verschiedene Modelle herangezogen, die Bildungssprache als *kontext-reduziert*, *konzeptionell schriftlich* oder *distanzsprachlich* charakterisieren (vgl. z.B. Hövelbrinks, 2014; Webersik, 2015).

Das *Nähe-Distanz-Modell* von Koch und Oesterreicher (1985) fasst Merkmale von kontext-reduzierter und konzeptionell schriftlicher Kommunikation in den Kommunikationsbedingungen der *Sprache der Distanz* zusammen (oberer rechter Kasten in Abbildung 12) und stellt sie der *Sprache der Nähe* gegenüber. Um die Sprache der Distanz zu beschreiben, werden zunächst die Begriffe *kontext-reduziert* und *konzeptionell schriftlich* geklärt. Die dabei thematisierten Merkmale, die auch im *Nähe-Distanz-Modell* aufgegriffen werden, sind in der Erläuterung des Modells auf den folgenden Seiten fett gedruckt.

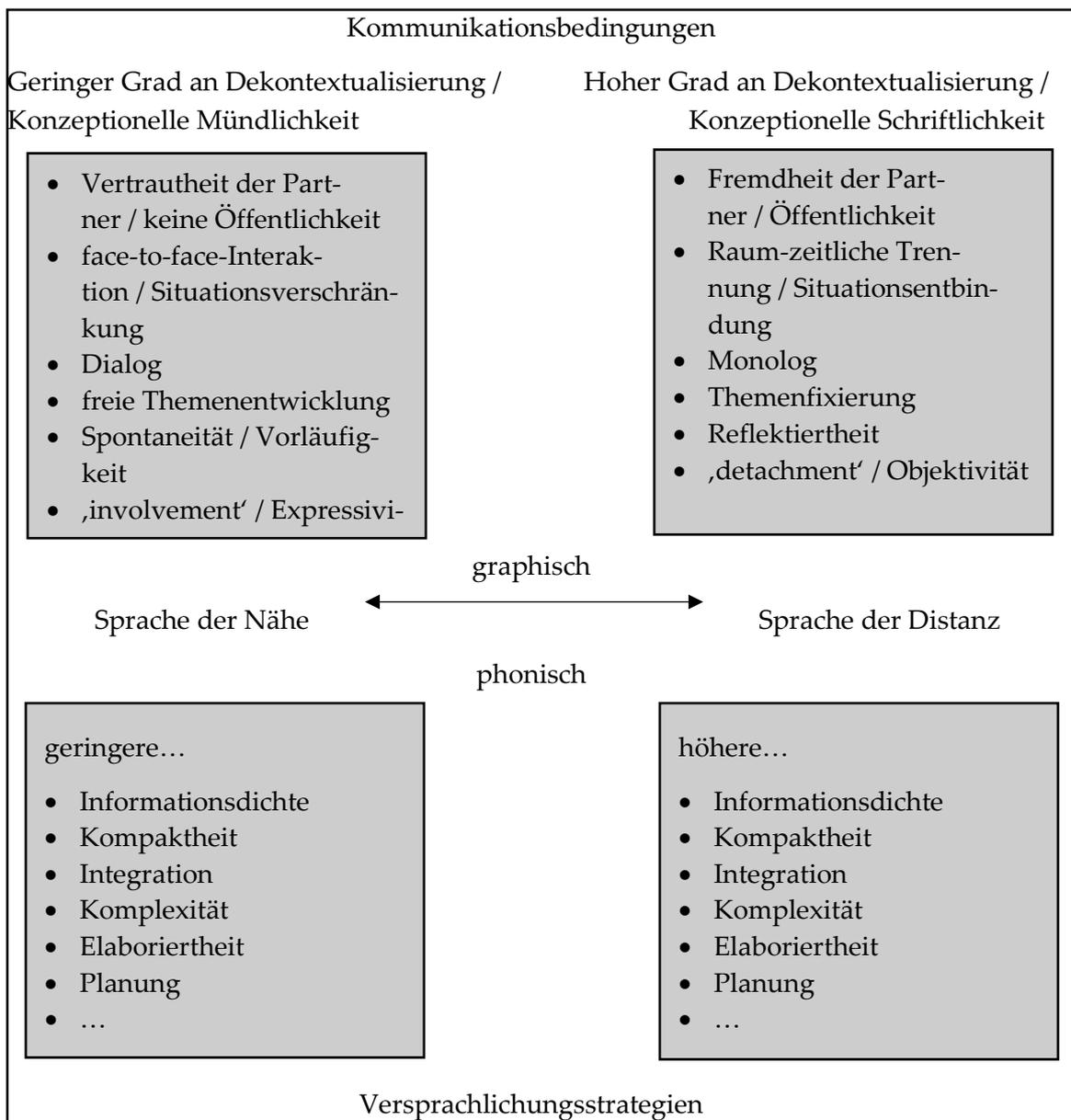


Abbildung 12. Nähe-Distanz-Modell nach Koch & Oesterreicher, 1985, S. 23

Eine Kommunikationssituation ist kontext-reduziert oder dekontextualisiert, wenn der Gesprächsgegenstand für Sprecher und / oder Zuhörer im Hier und Jetzt nicht greifbar ist (Gibbons, 2006). Dies kann durch **räumliche und / oder zeitliche Trennung** der Gesprächspartner voneinander oder vom Gesprächsgegenstand und / oder durch abstrakte Inhalte (wie bspw. naturwissenschaftliche Konzepte) entstehen (ebd.). Je nachdem, wie viele der genannten Merkmale in einer Kommunikationssituation auftreten, ist sie mehr oder weniger kontext-reduziert (ebd.). In stark kontext-reduzierten Kommunikationssituationen muss der für die Kommunikation relevante Kontext durch sprachliche Äußerungen hergestellt werden, d.h. alle zu kommunizierenden Bedeutungen müssen durch linguistische Hinweise ausgedrückt bzw. aus diesen erschlossen werden (Cummins, 2008). Dies wird noch stärker notwendig, wenn sich die **Kommunikationspartner fremd** sind und dadurch unklar ist, welches Wissen beide teilen (personelle Distanz).

Kommunikationssituationen werden aber nicht nur nach dem Grad ihrer Dekontextualisierung beurteilt, sondern auch dahingehend, ob sie eher Merkmale typisch schriftlicher Kommunikation oder typisch mündlicher Kommunikation tragen, d.h. konzeptionell schriftlich oder konzeptionell mündlich sind (Hövelbrinks, 2014; Webersik, 2015). Ein Chatgespräch unter Freunden wäre bspw. eine medial schriftliche Realisation konzeptionell mündlicher Sprache, wohingegen ein wissenschaftlicher Vortrag eine medial mündliche Realisation konzeptionell schriftlicher Sprache wäre. Es kommt dabei also nicht darauf an, ob tatsächlich bzw. medial schriftlich oder mündlich kommuniziert wird, sondern u.a. darauf, ob die Kommunikationssituation eher monologisch oder dialogisch angelegt ist und ob die Kommunikationspartner die Möglichkeit haben, ihre Äußerung zu planen (Koch & Oesterreicher, 1985). Wenn die Kommunikation eher **monologisch** angelegt ist, fehlt die Möglichkeit, Rückfragen zum Kontext zu stellen (Koch & Oesterreicher, 1985). Soll die Kommunikation trotzdem gelingen, muss bei der Planung der Mitteilung antizipiert werden, welches Wissen und welches sprachliche Niveau beim Empfänger der Mitteilung vorausgesetzt werden können. Im Vergleich zu dialogischen Kommunikationssituationen hat der / die Kommunikator\_in auch mehr Zeit, die Mitteilung zu planen. Stärkere **Planbarkeit** steht in Zusammenhang mit **reflektierteren Äußerungen** (hinsichtlich adressatengerechter Kommunikation). Monologische Kommunikation geht außerdem einher mit einer stärkeren **Endgültigkeit**, d.h. die Äußerung bleibt so stehen und wird nicht revidiert. Zudem liegt bei monologischer Kommunikation i.d.R. eine **Themenfixierung** vor, da im Gegensatz zu dialogischen Situationen das Thema der Kommunikation nicht mit jedem Redebeitrag neu ausgehandelt werden muss (ebd.).

Distanzsprachliche Kommunikationssituationen weisen nach Koch und Oesterreicher (1985) die bereits zuvor genannten Eigenschaften dekontextualisierter und konzeptionell schriftlicher Kommunikationssituationen auf. Darüber hinaus zeichnen sie sich durch ‚**detachment**‘ (d.h. emotional nicht involviert zu sein) und **Objektivität** aus, was typisch für naturwissenschaftliche Kommunikation ist (Halliday & Webster, 2006; Schleppegrell, 2004, vgl. Kapitel 5.3). Distanzsprachliche Merkmale in einer Kommunikationssituation gehen also einher mit distanzsprachlichen Versprachlichungsstrategien und diese wiederum mit lexikalischen und grammatikalischen Besonderheiten. Es ist aber zu beachten, dass das Nähe-Distanz-Modell ein Kontinuum abbildet, d.h. eine Kommunikation kann mit Hilfe des Modells dahingehend charakterisiert werden, welches Ausmaß von Distanzsprachlichkeit sie aufweist und somit welches Ausmaß an distanzsprachlichen Versprachlichungsstrategien sie erwarten lässt.

Je mehr distanzsprachliche Merkmale in einer Kommunikationssituation gegeben sind, desto mehr distanzsprachliche **Versprachlichungsstrategien** sind zu erwarten. Erfolgt die Kommunikation medial schriftlich bzw. graphisch, ist ebenfalls mit einer Erhöhung distanzsprachlicher Versprachlichungsstrategien zu rechnen. So wäre das o.a. Chatgespräch unter Freunden zwar hinsichtlich der Vertrautheit der Gesprächspartner, der Dialogizität und dem zu erwartenden involvement als nächstsprachlich einzuordnen, durch

die schriftliche Realisation und das Fehlen der face-to-face-Interaktion sind aber trotzdem vereinzelte distanzsprachliche Versprachlichungsstrategien zu erwarten (z.B. geringfügig erhöhte **Planung** und **Elaboriertheit** der Gesprächsbeiträge). Beim wissenschaftlichen Vortrag verhält es sich dem Modell nach genau umgekehrt: es kann zwar bspw. zu kleineren Einschränkungen in der Endgültigkeit (z.B. durch Selbstkorrekturen) kommen, im Allgemeinen ist aber mit relativ **komplexen, kompakten Äußerungen** mit hoher **Informationsdichte** zu rechnen, die zuvor geplant wurden (vgl. auch die Beispiele bei Koch und Oesterreicher (1985)). Die Versprachlichungsstrategien distanzsprachlicher Kommunikation verweisen auf lexikalische und grammatikalische Besonderheiten von Bildungssprache. Diese werden im Folgenden näher beschrieben und den Funktionen zugeordnet, die sie erfüllen.

## 5.2 Wortschatz und Grammatik bildungssprachlicher Kommunikation

Mit dem bildungssprachlichen Register sind bestimmte Merkmale auf Ebene von Wortschatz (Lexik) und Grammatik verbunden, die Funktionen erfüllen, welche für die distanzsprachliche Kommunikation wichtig sind.

Bildungssprachlicher Wortschatz wird verwendet, um Sachverhalte präzise zu bezeichnen und Inhalte sachlich und vom Einzelfall abstrahierend darzustellen (Hövelbrinks, 2014). Er zeichnet sich daher durch präzise Bezeichnungen (z.B. mittels Komposita, Adjektiven, spezifischen Verben) und abstrakte Formulierungen (z.B. durch reflexive Verben, Verwendung von „man“, „lassen“, „es“, Verwendung abstrakter Begriffe) aus. Um komplexe Zusammenhänge sprachlich darzustellen, sind auf lexikalischer Ebene zudem sprachliche Mittel zur Verdeutlichung der Textkohäsion wie spezifische Satzkonnectoren und Konjunktionen oder rückverweisende Pronomen notwendig. Aus den genannten Funktionen von Bildungssprache und den dazu verwendeten lexikalischen Mitteln folgt, dass sich bildungssprachliche Texte durch eine hohe lexikalische Dichte auszeichnen (vgl. Henrichs, 2010). In Tabelle 2 sind die lexikalischen Merkmale von Bildungssprache in Anlehnung an die Zusammenstellung von Hövelbrinks (2014, S. 104–109) aufgeführt.

Tabelle 2:

*Lexikalische bildungssprachliche Merkmale und deren Funktion*

Funktion	Lexikalisches Merkmal von Bildungssprache
Präzise Bezeichnungen	präzise Wortwahl / Bedeutungen intensive Wortbildung (Entlehnungen, Komposita, Derivationen) abstrakter Wortschatz (mit konsequenten Begriffshierarchien) Fachbegriffe (die Alltagsbegriffe neu besetzen) Fremdwörter feststehende Ausdrücke (Kollokationen / Phraseologien) trennbare Verben (insbesondere, wenn deren Vorsilben die Bedeutung verändern)
Darstellung komplexer Zusammenhänge	rückverweisende Pronomen subordinierende Konnektoren; Adverbien und Konjunktionen, die die logische Relation präzisieren; hohe Type-Token-Relation / hohe Variation Ausdrücke für textsortenspezifische Operationen (z. B. argumentieren) hohe lexikalische Dichte / viele Inhaltswörter viele Strukturwörter
Vom Einzelfall abstrahierende, sachliche Ausdrucksweise	reflexive Verben Nominalisierungen / Substantivierungen verweisende Pronomen, v. a. Indefinitpronomen (man, jemand etc.) es

Bildungssprachliche Grammatik dient ebenfalls der Darstellung komplexer Sachverhalte (z.B. durch Satzgefüge) und einer vom Einzelfall abstrahierenden, sachlichen Ausdrucksweise (z.B. durch Passiv) (Hövelbrinks, 2014). Tabelle 3 sind die grammatikalischen Merkmale von Bildungssprache in Anlehnung an die Zusammenstellung von Hövelbrinks (2014, S. 104–109) aufgeführt.

Tabelle 3:

*Grammatikalische bildungssprachliche Merkmale und deren Funktion*

Funktion	Grammatikalisches Merkmal von Bildungssprache
Darstellung komplexer Zusammenhänge	<p>Wohlgeformte, kompakte Sätze mit höherer Komplexität und Satzlänge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adverbiale Bestimmungen</li> <li>- umfängliche / komplexe Attribute</li> <li>- Attributreihungen</li> <li>- Partizipialattribute</li> <li>- Adjektivattribute</li> <li>- Satzgefüge / Hypotaxen: <ul style="list-style-type: none"> <li>o Schachtelsätze / komplexe Nebensatzgefüge</li> <li>o Relativsätze</li> <li>o Konditional- und Finalsätze</li> </ul> </li> <li>- Parataxen</li> <li>- explizite Gliederungselemente (z.B. einerseits, schließlich, zwar)</li> </ul> <p>Nominalstil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- längere Nominalphrasen</li> <li>- Nominalphrasen mit Attributionen</li> <li>- Präpositionalphrasen</li> <li>- viele non-finite Verbformen (Infinitive, Partizipien, Gerundien)</li> <li>- Funktionsverbgefüge</li> <li>- infinite Verbalphrasen</li> <li>- Partizipialkonstruktionen</li> <li>- Verben mit Präpositionen (z.B. warten auf, sich freuen über)</li> </ul> <p>Aufzählungen</p> <p>Ellipsen</p> <p>Appositionen</p> <p>Inversion</p> <p>attributives Genitiv / Genitivattribute</p>
Vom Einzelfall abstrahierende, sachliche Ausdrucksweise	<p>breites Spektrum der Modi, u.a. Konjunktiv</p> <p>indirekte Rede</p> <p>Passiv, unpersönliche Ausdrücke und Verben</p>
Chronologie von Ereignissen / Abläufen	<p>eher Präsens</p> <p>Futur</p> <p>Präteritum (Erzählung)</p>

Auf eine weitere Beschreibung der Merkmale wird an dieser Stelle verzichtet, da diese nur mit Bezug zu einem konkreten Inhalt sinnvoll ist. Hierfür ist zunächst zu klären, welche Merkmale bildungssprachlicher Lexik und Grammatik für die Kommunikation über naturwissenschaftliche Konzepte relevant sind und wie sich dies am Beispiel Hebelwirkung zeigt (vgl. Kapitel 5.3 und 5.4).

### 5.3 Kommunikation über naturwissenschaftliche Konzepte

Naturwissenschaftliche Konzepte und Erklärungen haben die Funktion, Regelmäßigkeiten zu entdecken und zusammenzufassen (Kategorisierung), was sich auch in der Wahl der lexikalischen und grammatikalischen Mittel widerspiegelt (Halliday & Webster, 2006; Schleppegrell, 2004). Sowohl inhaltlich als auch sprachlich erfolgt eine Abstraktion vom Einzelfall und der Fokus liegt nicht auf persönlichen Erlebnissen, sondern auf der Sache an sich (Schleppegrell, 2004). Somit erfordert die Kommunikation über naturwissenschaftliche Konzepte verstärkt distanzsprachliche Elemente wie Themenfixierung, Objektivität und Verdinglichung (Halliday & Webster, 2006).

Die damit zusammenhängenden lexikalischen Merkmale umfassen u.a. unpersönliche Ausdrücke (Formulierungen mit „man“ und „lassen“, sowie Verwendung von Passiv), Komposita, und die Verwendung eines präzisen Wortschatzes (Halliday & Webster, 2006; Schleppegrell, 2004). Auf grammatikalischer Ebene tragen Nominalisierungen, Nominalphrasen und komplexe Attribute zu Kompaktheit und Informationsdichte bei und ermöglichen es, viele Bestandteile eines Sachverhalts innerhalb eines Satzes in Beziehung zu setzen (Halliday & Webster, 2006). Mit diesem *Nominalstil* gehen auch Funktionsverbgefüge und Verben mit Präpositionen einher. Die Verwendung dieser sprachlichen Mittel erhöht die Kompaktheit, Informationsdichte und Elaboriertheit des sprachlichen Ausdrucks (Schleppegrell, 2004) und ermöglicht dadurch, einen komplexen Inhalt in seiner komplexen Struktur sprachlich zu repräsentieren (Gantefort, 2013; Halliday & Webster, 2006).

### 5.4 Abgrenzung von Fachsprache

Einige Autoren grenzen Bildungssprache zusätzlich von Fachsprache ab (vgl. z.B. Fried, 2012; Sterner, Skolaude, Ruberg & Rothweiler, 2014). Fachsprache kann als die an fachspezifische Erfordernisse angepasste Verwendung von Bildungssprache betrachtet werden (vgl. Gadow, 2016; Gantefort, 2013). Die Anpassung erfolgt u.a. durch die Verwendung bestimmter Fachbegriffe, fachspezifischer Formulierungen und Textsorten (vgl. Rincke & Leisen, 2015; Rous, 2016). Für die Fachsprache Physik sind bspw. Häufungen von substantivierten Infinitiven, Adjektiven mit Präfixen oder bestimmten Endungen, mehrgliedrige Komposita sowie Komposita mit Zahlen oder Sonderzeichen typisch (vgl. Tabelle 4, basierend auf Rincke & Leisen, 2015, S. 643–645).

Tabelle 4:

*Lexikalische und grammatikalische Merkmale von Fachsprache im Fach Physik*

	Merkmal	Beispiele aus Rincke und Leisen (2015)	Beispiele zu Hebelwirkung
Wort- schatz	Häufung von substantivierten Infinitiven	das Messen, Wiegen, Zählen, Durchführen	das Zusammenwirken
	Adjektive – typische Endungen	-bar, -los, -reich, -arm, -fest	drehbar, masselos, reibungsfrei
	Adjektive – typische Präfixe	nicht-leitend, nicht-magnetisierbar, antistatisch	--
	Komposita – mehrgliedrige	Lochblende, Geradsichtprisma, Perleins	Drehpunkt, Hebelarm, Drehmoment, Angriffspunkt, Auflagepunkt, Gleichgewicht
	Komposita – Zahlen, Buchstaben und Sonderzeichen, Eigennamen	47-Ohm-Widerstand, Alphasdetektor, U-Rohr, Lorentzkraft, Boltzmannver- teilung	--
	Akronyme	DGL = Differenzialgleichungen	--
	Mehrwortkomplexe	Differenzverstärker mit hoch-ohmigem Eingangswiderstand	--

	Merkmal	Beispiele aus Rincke und Leisen (2015)	Beispiele zu Hebelwirkung
Gram- matik	Funktionsverbgefüge	Arbeit verrichten, Anwendung finden	Im Gleichgewicht sein
	Phraseologeme	Kraft ausüben auf	die am Hebelarm angreifende Kraft
	Nominalisierungsgruppen	die Ermittlung der Wertepaare	das Zusammenwirken der Länge des Hebelarms
	Satzglieder anstelle von Gliedsätzen	nach Durchführung der Messung	--
	komplexe Attribute statt Attributsätze	der auf der Fahrbahn reibungsfrei gleitende Wagen	die am Auflagepunkt reibungsfrei drehbar gelagerte Stange; ein um eine feste Achse drehbarer, starrer Körper
	unpersönlicher Stil, um Anspruch auf Allgemeingültigkeit zu untermauern	man verwendet; es wird verwendet	müssen ... berücksichtigt werden; kann erreicht werden

*Anmerkung:* Die Beispiele sind entnommen aus Sachtexten über Hebelwirkung (Barmeier et al. 2010; Cieplik 2006; Nienhaus 2017) und der eigenen Definition aus Kapitel 4.

Für Hebelwirkung finden sich in Lehrbüchern für die Mittelstufe (Barmeier et al., 2010; Cieplik, 2006) und das Lehramt (Nienhaus, 2017) fachsprachliche Formulierungen wie die folgenden:

- „Der [...] Hebel besteht aus einer starren (hier als masselos angenommenen) Stange, die am Auflagepunkt D (reibungsfrei) drehbar gelagert ist“ (Nienhaus, 2017, S. 98).
- „Das Zusammenwirken der Länge des Hebelarms  $s_1$ , auf dem Anna sitzt, und ihrer Gewichtskraft  $F_1$  bewirkt das Gleichgewicht zu Jörgs kürzerem Hebelarm  $s_2$  und seiner größeren Gewichtskraft  $F_2$ . Dabei wirken  $F_1$  und  $F_2$  immer in Richtung Erdmittelpunkt. Das Produkt aus der wirkenden Kraft  $F$  und der Hebellänge  $s$  heißt Drehmoment  $M$ , seine Einheit ist Nm (Newtonmeter). Die Kraft muss senkrecht auf den Hebelarm wirken“ (Cieplik, 2006, S. 110).
- „Ein Hebel ist im Gleichgewicht, wenn das Produkt aus Last und Lastarm gleich dem Produkt aus Kraft und Kraftarm ist“ (Barmeier et al., 2010, S. 142).

Das erste Beispiel bezieht sich ausschließlich auf die Definition von Hebeln und beschreibt im Gegensatz zu den anderen beiden Zitaten den Hebel und nicht die Hebelwirkung. Es wurde hier aufgenommen, da es eine typische Eigenschaft physikalischer Modelle veranschaulicht: In der Definition ist festgelegt, dass der Hebel selbst als masselos angenommen wird, sodass das Eigengewicht des Hebels nicht in die Berechnung der Hebelwirkung einbezogen werden muss (vgl. Formel in Kapitel 2). Des Weiteren wird die Reibung am Drehpunkt per Definition als „nicht vorhanden“ festgelegt, sodass auch sie nicht in die Berechnung einbezogen wird. Dies verweist darauf, dass das Hebelgesetz eine gewissermaßen idealisierte Situation abbildet und dadurch Komplexität reduziert, um allgemeine(re) Aussagen treffen zu können.

Auf grammatikalischer Ebene finden sich in den Beispielen komplexe Attribute („die am Auflagepunkt reibungsfrei drehbar gelagerte Stange“) und Nominalisierungen („das Zusammenwirken“) auf lexikalischer Ebene finden sich Beispiele für Komposita („Auflagepunkt“) und Adjektive mit typischen Endungen („masselos“; vgl. Tabelle 4). Ergänzend zu den Lehrbuchauszügen wird an dieser Stelle auch die zusammenfassende Beschreibung des Hebelgesetzes aus Kapitel 4 auf bildungs- und fachsprachliche Merkmale hin untersucht, da eine solch zusammenhängende sprachliche Darstellung in Lehrbüchern nicht gefunden werden konnte. Hebelwirkung wurde dort wie folgt beschrieben:

Zum Verständnis von Hebelwirkung muss sowohl die Größe der Kraft als auch der Abstand ihres Angriffspunktes vom Drehpunkt an beiden Hebelarmen berücksichtigt werden. Das Produkt aus dem Betrag der Kraft, die am Hebelarm angreift, und dem Abstand ihres Angriffspunktes vom Drehpunkt bildet das Drehmoment. Ist dieses an beiden Hebelarmen gleich groß, ist der Hebel (z.B. eine Balkenwaage) im Gleichgewicht. Hebelwirkung ist demnach ein naturwissenschaftli-

ches Konzept, das in Bezug zu weiteren Konzepten (z.B. Hebel, Drehmoment, Hebelarm, Drehpunkt) steht.

Aus fachdidaktischer Perspektive sind weitere Merkmale von Hebeln bedeutsam: Bei der Anwendung des Hebelgesetzes auf Werkzeuge tritt die Gleichgewichtsfunktion in den Hintergrund, da Werkzeuge zur Kraftverstärkung eingesetzt werden. Deshalb ist bei Werkzeugen eine Unterscheidung in Lastarm und Kraftarm bzw. Last und Kraft sinnvoll. Kraftersparnis kann durch entsprechende Variation einer oder mehrerer Variablen (Last, Lastarm, Kraft, Kraftarm) erreicht werden.

In diesem Textausschnitt sind einige Konnektoren zu finden, die auf komplexe Grammatik hinweisen: das / die (Relativsatz; „die“ auch als Schachtelsatz), „sowohl...als“ auch (Variante von „und“ im Konditionalsatz: beide Bedingungen müssen erfüllt sein), „Ist ... ist“ könnte auch als „Wenn ... dann“ formuliert werden und stellt einen Konditionalsatz dar.

Zur Beschreibung von Hebelwirkung werden in obigem Textauszug aus Kapitel 4 die fachsprachlichen Nomen Hebel, Hebelgesetz, Hebelwirkung, Drehmoment, Hebelarm, Drehpunkt, Angriffspunkt, Last, Lastarm, Kraft, Kraftarm und Kraftverstärkung verwendet. Weitere bildungssprachliche Nomen sind Verständnis (Nominalisierung), Größe (Nominalisierung), Abstand (als Differenz zwischen zwei Punkten – mathematische Grundbildung), Produkt (mathematische Grundbildung), Betrag (mathematische Grundbildung), Variation (Fremdwort, Nominalisierung), Gleichgewicht (alltagsprachliche Bedeutung genügt hier – könnte ebenso wie Kraft auch als Fachbegriff gewertet werden), Kraftersparnis (alltagsprachliche Bedeutung genügt), Variable (fortgeschrittene mathematische Grundbildung), Unterscheidung (Nominalisierung), Anwendung (Nominalisierung).

Als fachsprachliches Verb kann „angreifen“ charakterisiert werden, da es hier eine andere Bedeutung hat als im alltäglichen Sprachgebrauch. Bildungssprachliche Verben könnten verstehen, berücksichtigen, bilden, bearbeiten und erreichen sein. Sie sind nicht spezifisch für das Konzept Hebelwirkung. Einige andere Verben wurden entsprechend des Nominalstils als Nominalisierungen verwendet und daher bereits im vorhergehenden Absatz aufgelistet. Auffällig sind die Verben also als Kennzeichen des Nominalstils, d.h. weniger auf lexikalischer Ebene, sondern stärker auf morphosyntaktischer Ebene. Neben Nominalisierungen lassen sich folgende weitere typische Merkmale des Nominalstils an den Verben in obigem Textausschnitt ablesen: „muss ... berücksichtigt werden“ und „kann erreicht werden“ stehen im Passiv, „in Bezug zu ... stehen“ und „in den Hintergrund treten“ sind feststehende Verbalphrasen, „angreifen“ ist das zugehörige Verb zur Kraft, also eine Kollokation.

Adjektive spielen in obiger Beschreibung keine große Rolle. Zwar impliziert das Hebelgesetz die Adjektive größer – kleiner bzw. länger – kürzer, um Unterschiede der Abstände und Kräfte zu beschreiben, diese sind in der Definition aber kaum explizit enthalten. Vielmehr müssen sie daraus erschlossen werden, dass die Drehmomente, welche

wiederum Produkte aus Abstand und Kraft sind, an beiden Hebelarmen verglichen werden (hier wird im Text die Formulierung „gleich groß“ genutzt). Es werden also implizit mehrere Längen (von Hebelarmen) und Kräfte (z.B. als Gewichte) verglichen. Diese Vergleiche könnten auch expliziter formuliert werden, sodass die entsprechenden Adjektive in vollem Umfang benötigt werden und der Zusammenhang zwischen jeweils zwei von vier Variablen (bei Konstanthaltung der anderen beiden Variablen) explizit gemacht wird. Dies ist wichtig, um Hebelwirkung sowohl auf konzeptueller als auch auf sprachlicher Ebene für Vorschulkinder zugänglich zu machen (vgl. Kapitel 3.3 und 6). Konkrete Formulierungen finden sich in Kapitel 6.4.

Die in Texten zu Hebelwirkung vorkommenden sprachlichen Merkmale werden in Tabelle 5 und 6 den Merkmalen und Funktionen von Bildungssprache zugeordnet, die in Kapitel 5.2 aufgeführt wurden (vgl. Tabelle 2 und 3).

Tabelle 5:

*Lexikalische Merkmale von Bildungssprache und deren Funktion am Beispiel Hebelwirkung*

Funktion	Lexikalisches Merkmal von Bildungssprache	Beispiele zu Hebelwirkung
Präzise Bezeichnungen	präzise Wortwahl / Bedeutungen	siehe abstrakter Wortschatz
	intensive Wortbildung (Entlehnungen, Komposita, Derivationen)	Hebelgesetz, Hebelwirkung, Drehpunkt, Hebelarm, Kraftarm, Lastarm, Angriffspunkt, Gleichgewicht
	abstrakter Wortschatz (mit konsequenten Begriffshierarchien)	Hebelgesetz, Hebelwirkung → [gilt für] Hebel → [bestehen aus] Drehpunkt, Hebelarme Hebelarm ← Kraftarm [ist ein] Hebelarm → [multipliziert mit] Kraft → [ergibt] Drehmoment Lastarm → [ist] Abstand → [zwischen] Angriffspunkt der Last [und] Drehpunkt
	Fachbegriffe (die Alltagsbegriffe neu besetzen)	Kraft, angreifen
	Fremdwörter	Variation
	feststehende Ausdrücke (Kollokationen / Phraseologien)	reibungsfrei drehbar gelagert
	trennbare Verben (insbesondere, wenn Vorsilbe die Bedeutung verändert)	ver-stehen, be-stehen, an-greifen, be-arbeiten, er-reichen

Funktion	Lexikalisches Merkmal von Bildungssprache	Beispiele zu Hebelwirkung
Darstellung komplexer Zusammenhänge	<p>rückverweisende Pronomen</p> <p>subordinierende Konnektoren; Adverbien und Konjunktionen, die die logische Relation präzisieren;</p> <p>hohe Type-Token-Relation / hohe Variation</p> <p>Ausdrücke für textsortenspezifische Operationen (z.B. argumentieren)</p> <p>hohe lexikalische Dichte / viele Inhaltswörter</p> <p>viele Strukturwörter</p>	<p>Betrag der Kraft, ... und ... ihres Angriffspunktes</p> <p>siehe Satzgefüge (Grammatik)</p> <p>Ergibt sich aus der präzisen Ausdrucksweise</p> <p>--</p> <p>ergibt sich aus der präzisen Ausdrucksweise</p> <p>ergibt sich aus Konjunktionen, Pronomen u.ä. (vgl. Grammatik: Satzgefüge)</p>
Vom Einzelfall abstrahierende, sachliche Ausdrucksweise	<p>reflexive Verben</p> <p>Nominalisierungen / Substantivierungen</p> <p>verweisende Pronomen, v. a. Indefinitpronomen (man, jemand etc.)</p> <p>es</p>	<p>Eine sich um den Drehpunkt drehende Stange</p> <p>siehe Nominalstil (Grammatik)</p> <p>Das Produkt aus ... nennt man Drehmoment</p> <p>... das Drehmoment. Ist es an beiden ...</p>

Tabelle 6:

*Grammatikalische Merkmale von Bildungssprache und deren Funktion am Beispiel Hebelwirkung*

Funktion	Grammatikalisches Merkmal von Bildungssprache	Beispiele zu Hebelwirkung
Darstellung komplexer Zusammenhänge	<p>Wohlgeformte, kompakte Sätze mit höherer Komplexität und Satzlänge:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- adverbiale Bestimmungen</li> <li>- komplexe Attribute (Attributreihungen, Partizipialattribute, Adjektivattribute)</li> <li>- Satzgefüge / Hypotaxen:               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Schachtelsätze / komplexe Nebensatzgefüge</li> <li>o Relativsätze</li> <li>o Konditional- und Finalsätze</li> </ul> </li> <li>- Parataxen</li> <li>- explizite Gliederungselemente (z.B. einerseits, schließlich, zwar)</li> </ul> <p>Nominalstil:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- längere Nominalphrasen</li> <li>- Nominalphrasen mit Attributionen</li> <li>- Präpositionalphrasen</li> <li>- viele non-finite Verbformen (Infinitive, Partizipien, Gerundien)</li> <li>- Funktionsverbgefüge</li> <li>- infinite Verbalphrasen</li> <li>- Partizipialkonstruktionen</li> <li>- Verben mit Präpositionen (z.B. warten auf, sich freuen über)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- einer starren (hier als masselos angenommenen) Stange</li> <li>- Das Produkt aus dem Betrag der Kraft, die am Hebelarm angreift, und ...</li> <li>- Ein Hebel ist im Gleichgewicht, wenn ...</li> <li>- ... und eine Unterscheidung ... wird sinnvoll.</li> <li>- sowohl ... als auch; demnach</li> <li>- Die Größe der Kraft</li> <li>- Um die Last zu bearbeiten...; ...drehbar gelagert ist</li> <li>- tritt ... in den Hintergrund</li> </ul>

Funktion	Grammatikalisches Merkmal von Bildungssprache	Beispiele zu Hebelwirkung
Darstellung komplexer Zusammenhänge	Aufzählungen Ellipsen Appositionen Inversion attributives Genitiv / Genitivattribute	Variablen (Last, Lastarm, Kraft, Kraftarm); z.B. Hebel, Drehmoment, Hebelarm, Drehpunkt -- einer starren (hier <b>als masselos angenommenen</b> ) Stange -- der Abstand ihres Angriffspunktes
Vom Einzelfall abstrahierende, sachliche Ausdrucksweise	breites Spektrum der Modi, u.a. Konjunktiv indirekte Rede Passiv und unpersönliche Ausdrücke und Verben	-- -- muss ... berücksichtigt werden; wird ... sinnvoll; kann ... erreicht werden
Chronologie von Ereignissen / Abläufen	eher Präsens Futur Präteritum (Erzählung)	bildet, ist, tritt ... in den Hintergrund, muss -- --

Die Analyse der Beschreibung von Hebelwirkung in Lehrbuchtexten und des Textes aus Kapitel 4 dieser Arbeit zeigt, dass Fachsprache zu Hebelwirkung zentrale Merkmale von Bildungssprache enthält (vgl. Tabelle 5 und 6). Diese werden entsprechend der Konventionen des Faches Physik genutzt, um den spezifischen Fachinhalt adäquat darzustellen, was typisch für das Verhältnis von Bildungssprache und Fachsprache ist (vgl. z.B. Gantefort, 2013; Gogolin et al., 2011).

Bei der Kommunikation fachlicher Inhalte sind neben den Besonderheiten des Inhaltes auch die Besonderheiten der Kommunikationssituation (vgl. Kapitel 5.1), insbesondere der Adressaten, zu berücksichtigen (Rincke & Leisen, 2015). Deshalb schlagen Rincke und Leisen (2015) für den Schulunterricht im Fach Physik vor, dass fachsprachliche Elemente sparsam und gezielt ausgewählt und eingeführt werden sollen, um spezifische Aspekte der Fachkonzepte sprachlich zu betonen. Es geht also bei der Verwendung fachsprachlicher Elemente in Lehr-Lern-Situationen nicht darum, möglichst viele der in Tabelle 4 bis 6 genannten Elemente zu verwenden, sondern die Auswahl der sprachlichen Formulierungen sowohl im Hinblick auf die Fachkonzepte als auch im Hinblick auf das sprachliche und konzeptuelle Verständnis der Adressaten anzupassen. Ziel ist eine sowohl dem fachlichen Inhalt als auch der Situation angemessene sprachliche Ausdrucksweise, welche nicht nur Merkmal von Fachsprache, sondern auch von Bildungssprache ist (Gantefort, 2013; Snow & Uccelli, 2009), sodass von einer erheblichen Schnittmenge beider Konstrukte auszugehen ist. Eine weitere Unterscheidung der Merkmale von Bildungs- und Fachsprache wird daher in dieser Arbeit nicht vorgenommen. Es wird vielmehr davon ausgegangen, dass Kommunikationssituationen mit Kindern im Vorschulalter noch viele nächsprachliche Merkmale aufweisen (Webersik, 2015) und die fachsprachlichen Aspekte v.a. im schulischen und akademischen Kontext eine Rolle spielen, jedoch kaum im Sprachgebrauch von Kita-Kindern (vgl. Henrichs 2010). Zudem ist zu beachten, dass Bildungssprache (z.B. Henrichs 2010) ebenso wie Fachsprache (Rincke & Leisen, 2015) analog zu Merkmalen der Kommunikationssituation als Kontinuum zu verstehen ist (vgl. Nähe-Distanz-Modell in Kapitel 5.1).

## **6. Bildungssprache bei Vorschulkindern**

In diesem Kapitel werden die Besonderheiten von Bildungssprache auf Vorschulkinder bezogen. Analog zu Kapitel 5 wird zunächst untersucht, welchen Merkmale von Distanzsprachlichkeit im Alltag von Vorschulkindern vorkommen (Kapitel 6.1). Anschließend wird geklärt, welche bildungssprachlichen Mittel aufgrund der Sprachentwicklung von Vorschulkindern auf lexikalischer (Kapitel 6.2) und grammatikalischer (Kapitel 6.3) Ebene erwartet werden können. In Kapitel 6.4 werden diese allgemeinen Ausführungen auf die Kommunikation über Hebelwirkung mit Vorschulkindern bezogen.

## 6.1 Kommunikationssituationen im Alltag von Vorschulkindern

In diesem Kapitel wird untersucht, inwiefern bildungssprachliche Kommunikationssituationen im Alltag von Vorschulkindern vorkommen. Hierfür werden im Folgenden die Merkmale distanzsprachlicher Situationen aus dem Nähe-Distanz-Modell auf den Alltag von Vorschulkindern bezogen.

### **Fremdheit der Partner, Öffentlichkeit**

Die meisten Kommunikationssituationen von Vorschulkindern zeichnen sich durch eine eher hohe Vertrautheit der Kommunikationspartner aus, da verlässliche, vertraute Interaktionspartner eine wichtige Basis für kindliche Bildungsprozesse darstellen (vgl. Hamre et al., 2013). Ausnahmen, die Kontakt mit fremden Personen erfordern, könnte bspw. der Kontakt mit Verkäufer\_innen, Ärzt\_innen o.ä. sein, bei denen aber i.d.R. eine erwachsene Bezugsperson das Kind begleitet und i.d.R. die Interaktion auch ganz oder teilweise übernimmt. Auch in der Kita sind Vorschulkinder v.a. in Kontakt mit vertrauten Personen. Ausnahmen entstehen dort bspw. bei Exkursionen oder wenn Außenstehende in die Kita eingeladen werden (z.B. Zahnarzt, Polizist, ...). Dies entspricht dem Einbezug der Öffentlichkeit und kommt in Kitas durchaus vor, ist aber eher ein besonderes Ereignis und nicht Teil des Alltags.

### **Raum-zeitliche Trennung, Situationsentbindung**

Kontext-reduzierte Gespräche liegen im Alltag von Vorschulkindern immer dann vor, wenn über etwas gesprochen wird, das im Hier und Jetzt nicht greifbar und sichtbar ist. Dies kann durch raum-zeitliche Trennung von dem / der Gesprächspartner\_in erreicht werden oder durch raum-zeitliche Trennung vom Gesprächsgegenstand.

Vorschulkinder sind häufig in Situationen, bei denen die Kommunikationspartner\_innen zur selben Zeit am selben Ort sind. Es ist also kaum raum-zeitliche Trennung der Interaktionspartner\_innen zu erwarten. Eine Ausnahme ist z.B. das Telefonieren mit Familienangehörigen.

Raum-zeitliche Trennung zum Gesprächsgegenstand kann hingegen häufiger vorkommen, bspw. bei Gesprächen über den Tag beim Essen (Henrichs, 2010). Auch das Erzählen von Fantasiegeschichten kann als kontext-reduzierte Gesprächssituation angesehen werden (Fried, 2012).

### **Monolog, Endgültigkeit**

Längere, eigenständig vorbereitete Monologe, wie sie für Referate oder geschriebene Texte typisch sind, können von Vorschulkindern noch nicht erwartet werden, da sie sie allenfalls ansatzweise bewältigen (vgl. Berk, 2011; Fried, 2012). Allerdings können Situationen auftreten, in denen Kinder an schultypische monologisch angelegte Situationen herangeführt werden. Dies kann beispielsweise erreicht werden, wenn Kinder dazu angeregt werden, eine Geschichte zu erzählen (Fried, 2012) oder im Morgenkreis in der Kita jedes Kind sein mitgebrachtes Spielzeug den anderen Kindern vorstellt. Für einen erwachsenen Sprecher wären dies monologisch angelegte Kommunikationssituationen. Für Vorschulkinder ist aber mit mehr oder weniger dialogischen Situationen zu rechnen,

da zu erwarten ist, dass die Bezugsperson oder pädagogische Fachkraft das Kind in seinem Redebeitrag z.B. durch Nachfragen unterstützt (vgl. Webersik, 2015).

### **Reflektiertheit**

Das Ausmaß an Reflektiertheit steht in engem Zusammenhang mit Endgültigkeit und monologisch angelegten Kommunikationssituationen (Koch & Oesterreicher, 1985), welche bei Vorschulkindern nicht vorkommen. Es ist daher mit Eigen- und Fremdkorrekturen sowie Verzögerungen zu rechnen (Koch & Oesterreicher, 1985). Außerdem muss berücksichtigt werden, dass Vorschulkinder zwar bspw. raum-zeitliche Trennung schon in ihren Redebeiträgen berücksichtigen, sich diese Fähigkeit aber erst zu entwickeln beginnt (Berk, 2011). Es ist somit mit einem geringen Ausmaß an Reflektiertheit bzw. stärkerer Spontaneität zu rechnen.

### **Themenfixierung**

Das Verfolgen eines bestimmten Gesprächsthemas über einen längeren Zeitraum hinweg kann im Alltag von Vorschulkindern v.a. in Aktivitäten beobachtet werden, die der Erweiterung des Weltwissens der Kinder dienen (vgl. Henrichs, 2010; Hopf, 2012). Für den Kita-Alltag konnte gezeigt werden, dass die sprachliche Anregung und Gestaltung eines länger anhaltenden gemeinsamen Denkprozesses zu einem Thema nur selten vorkommt (König, 2009).

### **„detachment“ und Objektivität**

Ein wesentliches Merkmal frühpädagogischer Bildung ist das Einbeziehen kindlicher Interessen und Erfahrungen. Dadurch werden Inhalte i.d.R. ausgehend von konkreten Erfahrungen der Kinder erarbeitet, wodurch eher die nächstsprachlichen Merkmale ‚involvement‘, Expressivität und Affektivität zu erwarten sind (insbesondere in den Gesprächsbeiträgen der Kinder). Dennoch können auch schon Vorschulkinder Erlebnisse und Erfahrungen nutzen, um Schlussfolgerungen zu ziehen und daraus konzeptuelles Wissen aufzubauen (Kasten, 2009). Dies könnte im Anschluss an konkrete Erfahrungen gezielt angestrebt und durch die Verwendung verallgemeinernder und / oder unpersönlicher Konstruktionen sprachlich realisiert werden (z.B. aus vielen Einzelerfahrungen mit verschiedenen Scheren: „**Wenn man** die Schere mit dem längsten Griff nimmt, [**dann**] braucht man am wenigsten Kraft beim Scheiden“ und daran anknüpfend aus Erfahrungen mit anderen Werkzeugen: „**Wenn man** Werkzeuge mit langem Griff benutzt und den Griff am Ende anfasst, [**dann**] braucht man weniger Kraft“).

Tabelle 7 gibt einen Überblick, welche Merkmale distanzsprachlicher Kommunikationssituationen im Alltag von Vorschulkindern regelmäßig vorkommen. Es zeigt sich, dass nur wenige Merkmale distanzsprachlicher Kommunikation zu erwarten sind. Zu diesem Schluss kommt auch Webersik (2015) für den Unterricht der Grundschule.

Tabelle 7:

*Merkmale distanzsprachlicher Kommunikationssituationen im Alltag von Vorschulkindern*

Vorkommen im Alltag von Vorschulkindern	Merkmal der Kommunikationssituation
kommt regelmäßig vor	raum-zeitliche Trennung vom Inhalt Themenfixierung
kommt nur selten oder eingeschränkt vor	Fremdheit der Partner, Öffentlichkeit raum-zeitliche Trennung der Interaktionspartner_innen Reflektiertheit detachment, Verdinglichung, Objektivität
kommt nicht vor	Monolog

Im Alltag von Vorschulkindern regelmäßig vorhanden ist v.a. die raum-zeitliche Trennung vom Inhalt. Eine Themenfixierung kann in geplanten Aktivitäten (z.B. naturwissenschaftlichen Angeboten) gefunden werden (Hopf, 2012). In diesen Angeboten findet aber üblicherweise keine raum-zeitliche Trennung vom Inhalt statt, sodass die beiden regelmäßig vorkommenden Elemente distanzsprachlicher Kommunikation kaum zusammen aufzutreten scheinen (vgl. auch Henrichs, 2010). Für niederländische Eltern-Kind- sowie Fachkraft-Kind-Interaktionen zeigt sich längsschnittlich für drei- bis fünfjährige Kinder, dass raum-zeitliche Trennung vom Inhalt und Themenfixierung mit der Verwendung bildungssprachlicher lexikalischer und grammatikalischer Mittel bei Erwachsenen und Kindern zusammenhängen (Henrichs, 2010). Entscheidend für die Verwendung bildungssprachlicher Mittel scheint hierbei v.a. die raum-zeitliche Trennung vom Inhalt zu sein (ebd.). Welche der in Kapitel 5.2 beschriebenen bildungssprachlichen Mittel bei Vorschulkindern erwartet werden können, wird in Kapitel 6.2 bzgl. des Wortschatzes und Kapitel 6.3 bzgl. der Grammatik dargestellt.

## 6.2 Wortschatz

Der aktive Wortschatz von Vorschulkindern wird mit ungefähr 5 000 Worten angegeben (Bunse & Hoffschildt, 2011), allerdings mit erheblicher Varianz und schnellem Wachstum (Berk, 2011; Komor & Reich, 2008). Für Fünfjährige sind 2 600 Worte der geringste angegebene Wert (Komor & Reich, 2008) und für Sechsjährige wird ein Wert von ca. 10 000 Worten im aktiven Wortschatz (Berk, 2011) und 9 000-14 000 Worten im passiven Wortschatz (Komor & Reich, 2008) angegeben. Der für das Kita-Alter typische schnelle Wortschatzerwerb wird auch als *fast mapping* bezeichnet und wird dadurch ermöglicht, dass neue Worte zu bekannten Konzepten zugeordnet werden (Berk, 2011). Welchen Themenfeldern der kindliche Wortschatz zuzuordnen ist, hängt von den Lebensumständen und Interessen des Kindes ab, wobei Vorschulkinder i.d.R. über Wortschatz in den

Bereichen des Alltags wie Ernährung, Bekleidung, Fahrzeuge, Haus/ Wohnen, Familie/Verwandtschaft, oder Spiel/Spielzeug verfügen (Komor & Reich, 2008). Darüber hinaus wird aber auch Wortschatz in Themenfeldern erworben, die zur Erschließung naturwissenschaftlicher Themen genutzt werden können, wie z.B. Körper, Pflanzen, Tiere, Werkzeuge, Farben, Stoffbezeichnungen (Gas, Gold, Salz) und Zeit (Komor & Reich, 2008).

Im Folgenden werden nähere Informationen dazu gegeben, welche bildungssprachlichen Funktionen Vorschulkinder mit ihrem Wortschatz erfüllen können.

### **Präzise Bezeichnungen**

Vorschulkinder verfügen über Nomen, die präzise Benennungen ermöglichen (Wildemann, Rank, Hartinger & Sutter, 2016). Sie kennen über Ober- und Unterbegriffe und beginnen, diese auch gezielt, d.h. in ihrer Kategorisierungsfunktion, zu verwenden (Komor & Reich, 2008).

Erste spezifische Verben treten bereits bei Dreijährigen auf, aber noch Vierjährige verwenden am häufigsten das Mehrzweckverb „machen“ (Komor & Reich, 2008). Der zunehmende Einsatz spezifischer Verben erfolgt ab dem fünften Lebensjahr (ebd.). Trennbare Verben, Partikelverben und Präfixverben sind bei Vorschulkindern bereits im Wortschatz vorhanden oder werden im Sinne des fast mapping schnell erworben, können aber v.a. für Kinder mit nichtdeutscher Muttersprache Entwicklungsziele darstellen (Wildemann et al., 2016).

Auch Adjektive werden im Vorschulalter allmählich erworben (Berk, 2011). Im Wortschatz von Sechsjährigen können bereits einige Adjektive gefunden werden, die es erlauben, Eigenschaften von Gegenständen präzise zu benennen (Komor & Reich, 2008). Der Erwerb von Adjektiven beginnt mit allgemeineren Unterscheidungen wie groß und klein. Darauf aufbauend werden spezifischere Bezeichnungen wie lang und kurz erworben (Berk, 2011).

Präpositionen stellen im Vorschulalter v.a. für Kinder mit nichtdeutscher Muttersprache ein Entwicklungsziel dar (Wildemann et al., 2016).

Komposita und Derivationen kommen bei Kita-Kindern relativ häufig vor, da sie genutzt werden, um neue Bedeutungen auszudrücken, für die das Kind noch nicht über ein Wort verfügt (Komor & Reich, 2008). Das Kind verändert hierfür ihm bekannte Lexeme und kombiniert sie neu. Komposita und Derivationen von Kita-Kindern sind also häufig Wortneuschöpfungen und dadurch oftmals unkonventionell. Aus Sicht der Sprachentwicklung wären sie eher als Kennzeichen morphologischer Entwicklung einzustufen (vgl. z.B. Kauschke, 2012; Weinert & Lockl, 2008). Im Zusammenhang mit Bildungs- und Fachsprache werden Komposita und Derivationen aber als lexikalische Besonderheiten angeführt, weshalb sie in der vorliegenden Arbeit dem Bereich „Wortschatz“ zugeordnet wurden.

Jüngere Kita-Kinder verwenden überwiegend Komposita, während Fünfjährige überwiegend Derivationen nutzen (Komor & Reich, 2008). Für Kinder mit nichtdeutscher Muttersprache können Komposita noch im Vorschulalter Entwicklungsziele darstellen

(Wildemann et al., 2016). Bei Lücken im Wortschatz greifen diese Kinder auf die gleichen Strategien zurück wie jüngere einsprachig deutsch aufwachsende Kita-Kinder (Verwendung von Passepartout-Wörtern und unspezifischen Worten wie „Ding“ für Objekte oder „machen“ für Verben; Sterner et al., 2014).

### **Abstrakte Bezeichnungen**

Abstrakte Begriffe und differenzierte Ausdrücke kommen im Wortschatz von Vorschulkindern nur eingeschränkt vor (Wildemann et al., 2016). Sie verwenden zwar schon einige Worte mit abstrakten Bedeutungen, haben aber noch nicht alle Bedeutungsaspekte erworben (Sterner et al., 2014). Fachausdrücke kommen nur dann vor, wenn sie in einer Lernsituation gezielt erworben werden (Wildemann et al., 2016).

### **Ausdruck komplexer Zusammenhänge**

Verbindende Worte treten im Alter von vier bis fünf Jahren auf (z.B. bevor, nachdem, als, falls, seit, aber, obwohl hinzu; Weinert & Lockl, 2008). Sie sind notwendig, um komplexe Syntaxkonstruktionen realisieren zu können, die dazu dienen, Zusammenhänge und Abfolgen zu schildern, Dinge zu begründen oder zu erklären (Sterner et al., 2014). Zunächst nutzen die Kinder Bindeworte wie „und“, die eine additive Aneinanderreihung ausdrücken, gefolgt von zeitlichen, kausalen und finalen Bindeworten. Zuletzt werden adversative Relationen (z.B. mittels „obwohl“) ausgedrückt (Cain & Nash, 2011). Das Verstehen komplexer Konjunktionen wie „sondern“ kann im Vorschulalter daher noch nicht erwartet werden (Schulz, 2007). Reflexivpronomen werden hingegen bereits von Vier- bis Fünfjährigen verstanden (ebd.). Sätze mit „bevor“ und „nachdem“ werden im Vorschulalter dann richtig interpretiert, wenn die Auftretensreihenfolge im Satz mit dem Skriptwissen übereinstimmt (z.B. Er putzt sich die Zähne, bevor er schlafen geht. Oder: Nachdem sie gefrühstückt hat, geht sie in die Bauecke.). Wenn die Reihenfolge im Satz umgekehrt wird (Bevor er schlafen geht, putzt er sich die Zähne. Bzw.: Sie geht in die Bauecke, nachdem sie gefrühstückt hat.), haben sie Schwierigkeiten mit dem Verständnis (Sterner et al., 2014). Es kann daher davon ausgegangen werden, dass Vorschulkindern noch nicht alle verbindenden Worte in vollem Umfang verstehen, sondern ihre Bedeutung aus dem Satzzusammenhang mit Hilfe ihres Vorwissens erschließen (vgl. Sterner et al., 2014).

## **6.3 Grammatik**

Im Vorschulalter sind die grammatikalischen Fähigkeiten von muttersprachlich deutschen Kindern im Wesentlichen entwickelt (Wildemann et al., 2016). Es können aber auch noch im Vorschulalter Fehler in der Numerus- und Kasusmarkierung vorkommen (Kauschke, 2012), insbesondere bei Kindern, die Deutsch als Zweitsprache erwerben (DaZ-Kinder; Wildemann et al., 2016). Letztere können auch Schwierigkeiten mit Tempus und Verbstellung (bei Verbklammer, Verknüpfungen und Nebensätzen) haben (ebd.). Vermutlich ist dies v.a. bei einem vergleichsweise späten Erwerbsbeginn des Deutschen zu erwarten, da der Grammatikerwerb bei Kindern mit Deutsch als Zweitsprache vergleichbar zu muttersprachlich deutschen Kindern verläuft, wenn sie bis zum

Alter von ca. vier Jahren mit dem Erwerb des Deutschen beginnen. Nach etwa einem Jahr können sie in diesem Fall einfache Haupt- und Nebensätze bilden, in denen die Verbstellung und Verbbeugung überwiegend korrekt sind (Sternier et al., 2014). Schwierigkeiten können dann aber noch die Beugung von Artikeln und Adjektiven, besonders hinsichtlich des grammatischen Geschlechts (Genus) bereiten (ebd.). Kasus und Genusssystem sind nur bei wenigen Kindern mit Deutsch als Zweitsprache bis zum Schuleintritt auf muttersprachlich deutschem Niveau entwickelt. Die meisten DaZ-Kinder erwerben bis zu diesem Zeitpunkt nur ein zweigliedriges Kasus- und Genusssystem (ebd.). Beim Verstehen von Sätzen, in denen das Objekt zuerst genannt wird oder die im Passiv stehen, haben auch muttersprachlich deutsche Kinder im Vorschulalter noch Schwierigkeiten. Sie interpretieren sie dann korrekt, wenn sich aus dem Sinnzusammenhang eindeutig erschließen lässt, wer der Akteur ist. Ist dies nicht der Fall, meistern sie diese Aufgaben erst im frühen Grundschulalter (Kauschke, 2012; Sternier et al., 2014).

### **Komplexität**

Die Komplexität kindlicher Äußerungen steigt im Laufe der Sprachentwicklung immer weiter an (Kauschke, 2012): Gegen Ende des ersten Lebensjahres werden nur einzelne Worte geäußert, bis zum Ende des zweiten Lebensjahres werden schon zwei bis drei Worte verknüpft (ebd.). Mit ca. drei Jahren treten erste Nebensätze auf, wobei häufig die Konjunktionen ausgelassen werden (ebd.). Im Alter von dreieinhalb bis vier Jahren gelangen alle Kinder zur zielsprachlich korrekten komplexen Syntax, d.h. es werden mindestens zwei Teilsätze in eine spezifische Beziehung zueinander gesetzt (Kemp, Bredel & Reich, 2008). Bei der Analyse von Kindersprache werden v.a. subordinierende Satzkonstruktionen als bildungssprachlich gewertet (Henrichs, 2010). Allerdings kommen in diesem Alter noch nicht alle Formen von Nebensätzen vor (Kemp et al., 2008). Relativsätze treten bspw. erst im Alter von vier bis fünf Jahren auf (Weinert & Lockl, 2008).

Dieser kurze Überblick über die frühkindliche Syntaxentwicklung zeigt, dass wesentliche Fähigkeiten, die für die Realisierung bildungssprachlicher Äußerungen relevant sind, bereits erworben wurden. In einer Studie, die das Vorkommen bildungssprachlicher Elemente in typischen frühpädagogischen Interaktionssituationen untersucht (Henrichs, 2010), zeigten Fünfjährige in der Interaktion mit ihren Eltern allerdings nur relativ wenige komplexe Satzkonstruktionen (je nach Setting durchschnittlich zwischen 3 % und 19 % aller Äußerungen). Die Mehrzahl dieser komplexen Satzkonstruktionen sind Parataxen (z.B. koordinierende Satzkonstruktionen mit und – im Sinne von „und dann“). Der Anteil an Hypotaxen (subordinierende Satzkonstruktionen) an der Gesamtzahl der Äußerungen der Fünfjährigen liegen bei ca. 3,5 % für Bild- und Bilderbuchbetrachtung sowie Gespräche während des Essens. Deutlich geringer (0,39 %) ist dieser Anteil in den Gesprächen, die im Rahmen einer Konstruktionsaufgabe stattfinden, bei der Eltern und Kinder gemeinsam versuchen, eine Marmelbahn entsprechend einer Vorlage aus Bausteinen aufzubauen sollten.

Eine weitere grammatikalische Strategie zur Realisierung komplexer Ausdrücke ist der Nominalstil. Er ist insbesondere für Kommunikation in den Naturwissenschaften typisch. Ein Kennzeichen des Nominalstils kann das gehäufte Vorkommen infinitiver Verbalphrasen sein (Kaewwipat, 2001). Das Verständnis dieser beginnt sich ab einem Alter von ca. fünf Jahren zu entwickeln (Selimi, 2018). Ein weiteres Kennzeichen sind Nominalisierungen, welche in der bereits im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen Studie von Henrichs (2010) berücksichtigt wurden. Als erste Annäherung an den Nominalstil untersuchte sie die Äußerungen der Kinder im Alter von drei und vier Jahren daraufhin, ob und wie von den Kindern Subjekte und Objekte explizit verwendet wurden. Als bildungssprachliche Realisation wurden Benennungen durch Einzelworte, Nominalisierungen und Teilsätze gewertet. Als nichtbildungssprachliche Kategorien wurden Pronomen und fehlende Subjekte bzw. Objekte gewertet (bei Objekten nur, wenn ein für die Satzstruktur erforderliches Objekt fehlte). Vierjährige produzieren unabhängig vom Setting ca. 13 % ihrer Äußerungen mit einem als bildungssprachlich gewerteten Subjekt. Bei Dreijährigen variieren die Werte zwischen den Settings. Der geringste Anteil wird in der Konstruktionsaufgabe mit 8 % erreicht, der höchste in Bild- bzw. Bilderbuchbetrachtung mit 16 % bzw. 17 %. Objekte werden von drei- und vierjährigen Kindern je nach Setting zu 35 % bis 72 % bildungssprachlich realisiert. Es fällt auf, dass sowohl die höchsten als auch die niedrigsten Anteile bei Dreijährigen zu finden sind, bei diesen die Unterschiede zwischen den Settings also größer sind, als bei den gleichen Kindern ca. ein Jahr später.

### **Sachlichkeit**

Ein zentrales grammatikalisches Mittel zur Herstellung von Sachlichkeit in der Bildungs- und Fachsprache ist das Passiv (vgl. Kapitel 5). Erste passivische Äußerungen können schon bei Kindern im Alter von ca. fünf Jahren gefunden werden, allerdings nutzen sie i.d.R. passivähnliche Konstruktionen oder Konstruktionen mit passivähnlicher Bedeutung wie bspw.

- Prädikativkonstruktionen, d.h. Partikel oder Adjektiv + sein oder werden wie „Mama wird böse“,
- Konstruktionen aus sein + Partizip wie „der Hund ist gefüttert“,
- Reflexivkonstruktionen wie „Der Bleistift rollt sich (= wird gerollt)“ oder
- Konstruktionen, bei denen das formale Subjekt semantische Objekteigenschaften aufweist (z.B. „Die Hühner verschwinden (= werden hochgezogen)“ (Kemp et al., 2008).

Der wesentliche Unterschied zwischen den passivischen Formulierungen von Vorschulkindern und erwachsenensprachlichem Passiv liegt darin, wie viele Sachverhaltsbeteiligte semantisch verknüpft werden (Kemp et al., 2008). Bei Passivkonstruktionen, wie Erwachsene sie verwenden, wird semantisch eine Beziehung zwischen einem Handelnden (Agens) und einem „Handlungsempfänger“ (Patiens) hergestellt. Es gibt also zwei Sachverhaltsbeteiligte, selbst wenn nur einer benannt wird, wie z.B. in der Äußerung „Die Hühner werden hochgezogen“. Die Konstruktion ist also konzeptuell zweistellig,

selbst wenn sie formal einseitig ist (ebd., da irgendjemand oder irgendetwas die Hühner hochzieht. Bei passivischen Konstruktionen von Vorschulkindern zeigen sich ausschließlich formal einseitige Konstruktionen, bei denen das Agens fehlt (ebd.). Es bleibt daher unklar, ob die Kinder ein Agens mitdenken oder nicht. Womöglich liegt die langwierige Entwicklung des Passivs bei Kindern hierin begründet (ebd.).

Nicht nur die Produktion von Passiväußerungen ist bei Vorschulkindern noch nicht ausgereift, sondern auch das Verständnis solcher Konstruktionen. Ähnlich wie bei der Objekttopikalisierung (s.o., vgl. Kauschke, 2012) machen sie Fehler, die auf die „Agent-First-Strategie“ zurückgeführt werden: sie neigen dazu, fälschlicherweise anzunehmen, dass an erster Stelle im Satz der handelnde Akteur genannt wird – insbesondere, wenn diese Annahme inhaltlich plausibel ist (Sterner et al., 2014). Das zuverlässige Verständnis von Passivsätzen gelingt einsprachig deutschen Kindern erst im frühen Grundschulalter (ebd.).

#### 6.4 Kommunikation über Hebelwirkung als naturwissenschaftliches Konzept

Es konnte nur eine Studie gefunden werden, die explizit Bildungssprache von Vorschulkindern zu einem naturwissenschaftlichen Inhalt untersucht. Rank, Hartinger, Wildemann und Tietze (2018) analysierten mittels einer Ratingskala (RaBi-Skala, vgl. Tietze, Rank & Wildemann, 2016) u.a., inwiefern Vorschulkinder bildungssprachliche Lexik und Morphosyntax in einer Experimentiersituation zum Thema Schwimmen und Sinken (Fachkonzepte: Auftrieb und Dichte, bzw. für Vorschulkinder das Material als erste Annäherung (vgl. Leuchter et al., 2014) einsetzen. Auf der lexikalischen Ebene wurden die Äußerungen jeweils auf Nomen, Verben und Adjektive untersucht (Tietze et al., 2016). Als bildungssprachlich wurden jeweils Fachbegriffe und andere differenzierende Begriffe eingestuft (ebd.). Für Nomen wird auch auf Komposita hingewiesen, die nicht alltagssprachlich gebraucht werden (z.B. „Gleichgewicht“), bei Adjektiven auf Partizipien, die als Adjektive gebraucht werden (z.B. „beladen“; ebd.). Die sprachliche Varietät wurde einbezogen, indem Mehrfachnennungen desselben Wortes nicht nochmals gewertet wurden (ebd.). Bildungssprachliche Syntax enthielt die Items Satzgefüge (Verbindung von Haupt- und Nebensätzen), komplexes Verbgefüge (Inversion), unpersönlichen Konstruktionen (Vorgangs- und Zustandspassiv) und Kohäsion (Der Zusammenhang erfolgt innerhalb der Aussage, sodass die Aussage ohne Kenntnis des konkreten Handlungskontextes verstehbar ist; vgl. Tietze et al., 2016). Die der Untersuchung zugrundeliegende Kommunikationssituation ist medial mündlich und auch konzeptionell eher mündlich geprägt (Rank, Hartinger et al., 2018), wie es für Vorschulkinder typisch ist (vgl. Kapitel 6.1). Dennoch wurden im Bereich der Lexik 11 % und im Bereich der Morphosyntax knapp 10 % der Kinder durchgehend im bildungssprachlichen Bereich geratet (ebd.). Unterschiede zwischen DaZ-Kindern und Kindern mit Deutsch als Erstsprache konnten nicht gefunden werden (ebd.). Eine Analyse des fachsprachlichen Wortschatzes, den Vor- und Grundschulkindern mit Migrationshintergrund in naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Situationen gebrauchen, zeigt eine altersgemäße Verwen-

dung von Verben und Substantiven, wobei die Kinder bei Ausdrucksnot auf Passepartout-Wörter und Neologismen zurückgreifen (Röhner, Hövelbrinks & Li, 2011). Es konnten auch in dieser Stichprobe bildungssprachliche Merkmale wie Komposita, Präfigierungen, komplexe Satzgefüge und Konjunktionen gefunden werden (Röhner, Li & Hövelbrinks, 2010).

Im Folgenden wird die Operationalisierung der RaBi-Skala (Tietze et al., 2016) auf den Inhalt Hebelwirkung bezogen, um abzuleiten, was unter Bildungssprache von Vorschulkindern bei diesem Thema verstanden werden kann.

In Kapitel 5.4 wurden Texte zu Hebelwirkung bereits auf Merkmale von Bildungssprache und physikalischer Fachsprache untersucht. Dies ist die Basis dafür, Hebelwirkung sprachlich auf das Niveau von Vorschulkindern zu beziehen. Es wurde deutlich, dass Hebelwirkung einen Vergleich von Abständen und Kräften impliziert, welcher in den sprachlichen Beschreibungen durch Verwendung bestimmter Nomen ausgedrückt und damit wenig offensichtlich dargestellt wird. Die in Kapitel 5 analysierte Definition von Hebelwirkung bezieht sich auf den Vergleich von Drehmomenten, d.h. auf Produkte von Abstand und Kraft. Dies ist für den kognitiven Entwicklungsstand von Vorschulkindern noch zu komplex (vgl. Kapitel 3), weshalb in der vorliegenden Arbeit der Vergleich von Gewichten bzw. Kräften einerseits sowie Abständen andererseits getrennt angestrebt wird. Formuliert man das Hebelgesetz entsprechend um, ergeben sich folgende Regeln:

Für die Kraftverstärkung an Werkzeugen

- am Kraftarm: „Bei einem längeren Kraftarm muss man weniger fest drücken, als bei einem kürzeren (wenn Lastarm und Last gleichbleiben)“, bzw. umgekehrt: „Bei einem kürzeren Kraftarm muss man fester drücken als bei einem längeren (wenn Lastarm und Last gleichbleiben)“.
- am Lastarm lautet die Regel: „Bei einem kürzeren Lastarm muss man weniger fest drücken, als bei einem längeren (wenn Kraftarm und Last gleichbleiben)“, bzw. umgekehrt: „Bei einem längeren Lastarm muss man fester drücken, als bei einem kürzeren (wenn Kraftarm und Last gleichbleiben)“.
- für die Last lautet die Regel: „Bei einer geringeren/kleineren Last muss man weniger fest drücken, als bei einer größeren (wenn Kraftarm und Lastarm gleichbleiben)“ bzw. umgekehrt: „Bei einer größeren Last muss man fester drücken, als bei einer geringeren / kleineren (wenn Kraftarm und Lastarm gleichbleiben)“.

Für die Balkenwaage gilt entsprechend

- für das Gewicht: „Die Waage neigt sich auf der Seite mit dem größeren Gewicht [= größere Kraft] nach unten, wenn die Abstände auf beiden Seiten gleich sind. Sind auch die Gewichte gleich, bleibt die Waage im Gleichgewicht“.
- für den Abstand: „Die Waage neigt sich auf der Seite mit dem größeren Abstand [= längerer Hebelarm] nach unten, wenn die Gewichte auf beiden Seiten gleich sind. Sind auch die Abstände gleich, bleibt die Waage im Gleichgewicht“.

In den Tabellen 8 und 9 werden Beispiele für Hebelwirkung den Beschreibungen und Ankerbeispielen zum bildungssprachlichen Niveau der RaBi-Skala zugeordnet. In den vereinfachten Beschreibungen von Hebelwirkung sind einige abstrakte Fachworte vorhanden, die für Vorschulkinder voraussichtlich nicht verständlich sind (vgl. Kapitel 6.2). Inwiefern diese Begriffe im Rahmen einer Förderung angebahnt werden sollten, wird in Kapitel 9.1.2 bei der Bestimmung der Zone der nächsten Entwicklung erörtert. Möglicherweise ist es für Kinder im Vorschulalter sinnvoller, zunächst Begriffe auf alltagssprachlichem Niveau zu nutzen, um die verwendeten Hebel und Materialien differenziert zu beschreiben. So könnte für eine erste Annäherung an den Begriff „Kraftarm“ an Werkzeugen der Begriff „Griff“ genutzt werden, da dieser möglicherweise noch nicht im aktiven Wortschatz von Vorschulkindern vorhanden ist. Auf konzeptueller Ebene wäre das Ziel dieser Bezeichnung, zu erkennen, dass es wichtig ist, einzelne Bestandteile des Werkzeugs separat zu betrachten, sodass Werkzeuge nicht nur in ihrer Gesamtgröße verglichen werden, sondern bspw. die Grifflänge von Werkzeugen verglichen werden kann.

Tabelle 8:

Übersicht über bildungssprachliche Lexik von Vorschulkindern beim naturwissenschaftlichen Experimentieren nach der RaBi-Skala (Tietze et al. 2016)

Teilaspekt RaBi	Beschreibung RaBi	Ankerbeispiele RaBi	Analoge Bsp. zu Hebelwirkung
Nomen Niveau 2	Fachbegriffe, die leicht von Alltagsbegriffen abzuleiten sind; Komposita aus dem Alltagsverständnis	Gewicht, Tischbein, Holzknopf, Metall, Murmel	Gewicht, Waagschale, Griff
Nomen Niveau 3	Fachbegriffe, die einen hohen Abstraktionsgrad erfordern; Komposita, die in der Regel nicht alltagssprachlich gebraucht werden	Experiment, Druck, Dichte, Gleichgewicht, Fläche, Wasserspannung	Drehpunkt, Angriffspunkt, Kraftarm, Lastarm
Verben Niveau 2	Das Kind verwendet differenzierte Verben, die leicht von Alltagsbegriffen abzuleiten sind	untergehen, rollen, schütten, spritzen, schwimmen	dranhängen, runtergehen
Verben Niveau 3	Das Kind verwendet fachbezogene, differenzierende Verben und Präfixverben, die einen hohen Abstraktionsgrad erfordern.	Überlaufen, gießen, versinken, vermuten	„Die Waage <i>neigt sich</i> ...“
Adjektive Niveau 2	Das Kind verwendet differenziertere Adjektive im Fachkontext, die leicht von Alltagsbegriffen abzuleiten sind oder es verwendet den Komparativ.	schwerer, leichter, halb	länger, kürzer, schwerer, leichter
Adjektive Niveau 3	Das Kind verwendet mehrfach differenzierende fachbezogene Adjektive, die einen hohen Abstraktionsgrad erfordern oder es verwendet Partizipien als Adjektive	flüssig, fest, hohl, wasserlöslich, beladen	--

Anmerkungen: Niveau 2 = unteres bildungssprachliches Niveau bzw. gehobene Alltagssprache, Niveau 3 = oberes bildungssprachliches Niveau.

Tabelle 9:

Übersicht über bildungssprachliche Morphosyntax von Vorschulkindern beim naturwissenschaftlichen Experimentieren nach der RaBi-Skala (Tietze et al. 2016)

Teilaspekt RaBi	Beschreibung RaBi	Ankerbeispiele RaBi	Analoge Bsp. zu Hebelwirkung
Kohäsion Niveau 2	Der Zusammenhang erfolgt innerhalb der Aussage des Kindes, vereinzelt kommen Passepartout-Wörter vor.	Wenn man so viele Sachen und auch die Steine reinmacht, dann geht's schon unter.	Wenn man hier mehr reinmacht als da, geht's hier runter.
Kohäsion Niveau 3	zusammenhängende und schlüssige Äußerungen, kaum Passepartout-Wörter und sicherer Gebrauch der passenden Tempusformen und / oder Pronomen.	Da sind doch Luftbläschen, die sich aneinander halten und wenn die aufs Holz kommen, heben die sich gegenseitig.	Wenn auf dieser Seite mehr Gewichte sind als auf der anderen, geht's auf dieser Seite runter, weil sie schwerer ist.
Satzgefüge Niveau 2	Grammatikalisch richtige und vollständige Sätze, die durch wiederholende Konjunktionen getrennt werden	Das ist schwerer und geht unter. Und schwimmt nicht. Und...	Das ist schwerer und geht runter.
Satzgefüge Niveau 3	Grammatikalisch richtige und vollständige Sätze mit unterschiedlichen Konjunktionen	...,da/weil/damit/welcher/welches/wer/ was...	Das geht runter, weil es schwerer ist.

Teilaspekt RaBi	Beschreibung RaBi	Ankerbeispiele RaBi	Analoge Bsp. zu Hebelwirkung
Unpers. Konstr. Niveau 2	Unpersönliche Konstruktion durch „man“ als Passiversatzform	Und wenn man Wasser reinmacht?	Wenn man da Gewichte dranmacht, ...
Unpers. Konstr. Niveau 3	Gebrauch von Vorgangs- und Zustandspassiv	Weil er überall gleichmäßig beladen ist.	..., weil überall gleich viele Gewichte drangehängt wurden.
Kompl. Verbgef. Niveau 2	Das finite Verb wird in Zweitstellung und das infinite Verb in Endstellung verwendet.	Die Kugel ist untergegangen.	Die Waage ist auf dieser Seite runtergegangen.
Kompl. Verbgef. Niveau 3	Korrekte Verwendung von Satzstrukturen, die erfordern, dass das Subjekt dem finiten Verb nachgestellt wird	Und dann sinkt die Kugel.	Und dann neigt sich die Waage.

*Anmerkungen:* Niveau 2: unteres bildungssprachliches Niveau bzw. gehobene Alltagssprache, Niveau 3: oberes bildungssprachliches Niveau., Unpers. Konstr.: unpersönliche Konstruktionen, Kompl. Verbgef.: komplexes Verbgefüge

## 7. Zusammenfassung

Bildungssprache dient der gelingenden Kommunikation in distanzsprachlichen Kommunikationssituationen und über komplexe und abstrakte Inhalte. Sie zeichnet sich durch typische grammatikalische und lexikalische Merkmale aus.

Distanzsprachliche Kommunikationssituationen zeichnen sich nach dem Nähe-Distanz-Modell u.a. durch raum-zeitliche Trennung, Themenfixierung, und ‚detachment‘ aus.

Im Alltag von Vorschulkindern regelmäßig vorhanden sind v.a. die raum-zeitliche Trennung vom Inhalt sowie Themenfixierung, welche aber kaum zusammen auftreten. Entscheidend für die Verwendung bildungssprachlicher Mittel ist v.a. die raum-zeitliche Trennung vom Inhalt. Eine Kombination mit Themenfixierung erscheint aber vielversprechend, da beide mit der Verwendung bildungssprachlicher lexikalischer und grammatikalischer Mittel bei Erwachsenen und Kindern zusammenhängen.

Naturwissenschaftliche Konzepte zeichnen sich durch vom Einzelfall abstrahierende und komplexe Zusammenhänge aus. Sie verweisen somit ebenfalls auf distanzsprachliche Merkmale und die zugehörigen lexikalischen und grammatikalischen Mittel, insbesondere auf präzisen Wortschatz (Fachausdrücke), unpersönliche Ausdrücke und Satzgefüge. Da es um Fachkonzepte geht, wird Fachwortschatz verwendet. Man könnte daher diskutieren, inwiefern Bildungssprache von Fachsprache abzugrenzen ist. Dies wurde am Beispiel Hebelwirkung verdeutlicht, indem Beschreibungen aus Lehrbüchern und die Beschreibung von Hebelwirkung in dieser Arbeit auf lexikalische und grammatikalische Merkmale von physikalischer und Bildungssprache untersucht wurden. Dabei zeigte sich eine erhebliche Schnittmenge beider Konstrukte, sodass in der vorliegenden Arbeit eine weitere Differenzierung zwischen Bildungs- und Fachsprache nicht vorgenommen wird.

Die Kommunikation über Hebelwirkung wurde bei Vorschulkindern noch nicht untersucht, wurde aber aus bisherigen Erkenntnissen zu einem anderen Themenbereich (Schwimmen und Sinken) hergeleitet. Bildungssprachliche Kommunikation von Vorschulkindern über Hebelwirkung umfasst, dass sie relevante Aspekte der Hebel, Materialien und der Verwendungssituation differenziert bezeichnen können. Auf grammatikalischer Ebene sind Nebensätze, insbesondere Konditional- und Kausalsätze notwendig, um inhaltlich bedeutsame Zusammenhänge zu formulieren. Unpersönliche Formulierungen wären wünschenswert, um zu verdeutlichen, dass es um allgemeine Gesetzmäßigkeiten geht und nicht um individuelle Erfahrungen. Mit vollständigen Satzgefügen gehen bestimmte Verbkonstruktionen einher und es ist wahrscheinlich, dass auch ein gewisses Maß an Kohäsion erreicht wird.

Obwohl Vorschulkinder grundsätzlich in der Lage sind, diese Anforderungen zu erfüllen, zeigt nur ein geringer Anteil von Vorschulkindern ausgeprägte bildungssprachliche Kompetenz in naturwissenschaftlichen Experimentiersituationen zum Thema Schwimmen und Sinken. Daraus lässt sich folgern, dass Vorschulkinder auch bei der Kommu-

nikation über Hebelwirkung noch Entwicklungspotenzial haben. Ihre lexikalischen Fähigkeiten sollten dahingehend erweitert werden, dass sie relevante Aspekte der Hebel, Materialien und der Verwendungssituation differenziert bezeichnen können. Auf Grammatikalischer Ebene kann die Verwendung unpersönlicher Konstruktionen angestrebt werden sowie die Verwendung von Nebensätzen zur Beschreibung und Erklärung der Beobachtungen. Dies dürfte auch zu einer stärkeren Verwendung komplexer Verbgefüge führen. Verfügen die Kinder über einen differenzierten Wortschatz, ist auch mit der Verbesserung der Kohäsion zu rechnen.

Mit Blick auf Förderung von Bildungssprache könnte es sinnvoll sein, eine Situation zu wählen, die die Verwendung von Bildungssprache sowohl durch Themenfixierung als auch durch raum-zeitliche Trennung vom Gesprächsinhalt herausfordert. In Teil III der Arbeit wird untersucht, wie naturwissenschaftliche Konzepte und Bildungssprache bei Vorschulkindern gefördert werden können.

### III. Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache von Vorschulkindern

Der Begriff „Förderung“ wird in Kapitel 8 aus frühpädagogischer Perspektive definiert und es werden grundlegende Konzepte frühpädagogischer Förderung vorgestellt. Diese werden in Kapitel 9 für naturwissenschaftliche Konzepte und Bildungssprache ausdifferenziert. In Kapitel 10 werden die Erkenntnisse zur Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache von Vorschulkindern zusammengefasst und Forschungsdesiderate aufgezeigt.

#### 8. Förderung von Vorschulkindern aus frühpädagogischer Sicht

Förderung wird in der vorliegenden Arbeit verstanden als gezielte Anregung der Entwicklung von Kindern durch gezielte Bildungsangebote (vgl. Fried, 2009a; Hopf, 2014). Es wird davon ausgegangen, dass eine solche Förderung in der Zone der nächsten Entwicklung (Vygotsky, 1978) stattfinden sollte (vgl. Kapitel 8.1) und sowohl Aktivitäten auf Seiten der fördernden Person als auch auf Seiten der geförderten Person erfordert (vgl. z.B. Helmke & Schrader, 2014; Mashburn & Pianta, 2010). Dies verweist auf ein konstruktivistisches Verständnis von Lernen und Entwicklung (Kapitel 8.2).

##### 8.1 Zone der nächsten Entwicklung

Nach Vygotsky (1978) muss die Förderung eines Kindes so gestaltet sein, dass sie in der *Zone der nächsten Entwicklung* liegt. Diese ist durch Leistungen gekennzeichnet, die ein Kind mit Hilfe von Erwachsenen oder kompetenteren Peers erbringen kann. Durch angemessene Unterstützung lernt das Kind nach und nach diese Aufgaben alleine zu bewältigen, sodass sie schließlich zur Zone der aktuellen Entwicklung gehören. Eine Förderung mit genau diesen Aufgaben führt dann nicht mehr zum Erwerb neuer Kenntnisse und Fähigkeiten, sondern entspricht einer Unterforderung des Kindes. Die Zone der nächsten Entwicklung muss also fortwährend neu bestimmt werden, um ein Kind angemessen zu fördern.



Abbildung 13. Entwicklungszonen in Anlehnung an Vygotsky (1978)

Nach oben wird die Zone der nächsten Entwicklung begrenzt durch Leistungen, die das Kind auch mit Unterstützung (noch) nicht erbringen kann (Vygotskij, 2002; vgl. Abbildung 13). Eine Förderung ist nach Vygotsky (1978) nur in der Zone der nächsten Entwicklung sinnvoll.

Um ein Kind optimal in der Zone seiner nächsten Entwicklung zu fördern, ist eine Interaktion mit einer kompetenteren Person nötig. Die kompetentere Person kann z.B. ein Elternteil oder eine pädagogische Fachkraft sein. Dies verweist auf ein ko-konstruktivistisches Bildungsverständnis sowie auf Scaffolding (vgl. z.B. Hammond & Gibbons, 2001; Wood, Bruner & Ross, 1976).

## 8.2 Ko-Konstruktivismus und Scaffolding

Ko-Konstruktivistische Lerntheorien verbinden zwei grundlegende Vorstellungen miteinander: (1) die konstruktivistische Vorstellung, dass Lernprozesse individuelle Aktivitäten darstellen, die von außen nur bedingt beeinflussbar sind und (2) die Vorstellung des sozialen Konstruktivismus, dass Wissen nicht nur von Individuen, sondern auch in Gruppen im Rahmen eines sozialen Aushandlungsprozesses konstruiert wird, wodurch ein gemeinsames Wissen entsteht (Möller, 2001). Nach dem ko-konstruktivistischen Ansatz erfordern hochwertige Lehr-Lern-Prozesse daher sowohl Aktivitäten der Lernenden, als auch Aktivitäten der Person, die die Förderung plant und durchführt (Kunter & Voss, 2011) Im Folgenden werden zur besseren Lesbarkeit Lernende als Kinder und Personen, die Förderung planen und durchführen, als pädagogische Fachkräfte bezeichnet.

Aufgabe der Kinder ist es, die Angebote der pädagogischen Fachkraft aktiv zu nutzen und dadurch zu lernen (Kunter & Voss, 2011; vgl. auch Helmke & Schrader, 2014). Kinder interagieren in diesen Lehr-Lern-Prozessen sowohl mit der pädagogischen Fachkraft als auch miteinander (Hamre et al., 2013; Kunter & Voss, 2011). Normatives Ziel dieser Interaktionsprozesse ist, dass Kinder anknüpfend an ihr Vorwissen neues Wissen aufbauen (ebd.). Dieser Wissensaufbau wird verstanden als „verständnisvolles Lernen“, bei dem (Teil-)Konzepte erworben, ausdifferenziert oder vernetzt werden (ebd.).

Die Aktivitäten der pädagogischen Fachkraft umfassen die Vorbereitung und Durchführung von Angeboten, die die Kinder darin unterstützen, sich aktiv mit bereits vorhandenem und neuem Wissen auseinanderzusetzen (vgl. Helmke & Schrader, 2014). In der vorliegenden Arbeit sollen Vorschulkinder dabei unterstützt werden, mentale und sprachliche Repräsentationen von Hebelwirkung aufzubauen, sodass sie ihre Vorstellungen über Hebelwirkung angemessen verbalisieren können. Hierfür benötigen die Kinder Repräsentationskompetenz, d.h. die Einsicht, dass und wie sie ihre Vorstellungen sprachlich repräsentieren können. Zudem fördert die Repräsentation strukturell relevanter Merkmale das konzeptuelle Lernen von Kindern im naturwissenschaftlichen Bereich (Kleickmann, Hardy, Jonek-Smolinska & Möller, 2007).

Theoretische Anhaltspunkte zur Förderung von Repräsentationskompetenz in sozialen Interaktionen gibt das *Psychological Distancing Model* (Sigel, 2002). Distanzierung meint, dass das Kind eine mentale Operation ausführt, die einen gedanklichen Abstand vom aktuellen konkreten Kontext erfordert. Der Abstand kann zeitlich, räumlich oder durch Abstraktion geschaffen werden. Die pädagogische Fachkraft kann das Kind in seiner Repräsentationskompetenz fördern, indem sie einen solchen Abstand herbeiführt. Sie fordert das Kind bspw. dazu auf, eine Beobachtung zu erklären. Dies erfordert auf Seiten

des Kindes zum einen eine kognitive Operation (bisheriges Wissen nach möglichen Erklärungsansätzen durchsuchen) und zum anderen eine sprachliche Formulierung der Erklärung.

Die Interventionen der pädagogischen Fachkraft können danach beurteilt werden, wie stark sie das Kind zur Distanzierung vom konkreten Hier und Jetzt herausfordern. Je stärker sie sich auf gerade Nichtbeobachtbares beziehen, Abstraktion erfordern oder komplexe Denkprozesse wie Problemlösungen, Erklärungen oder Planen anregen, desto höher ist das Level an Distanzierung. Auf einem niedrigen Distanzierungslevel werden die Kinder hingegen zum Benennen, Beobachten und Beschreiben von Offensichtlichem angeregt. Die regelmäßige Förderung mit höheren Distanzierungslevels in der Zone der nächsten Entwicklung ist wichtig für die Entwicklung der Repräsentationskompetenz.

Unterstützung in der Zone der nächsten Entwicklung wird i.d.R. als Scaffolding bezeichnet (vgl. z.B. Hammond & Gibbons, 2001; Wood et al., 1976). Scaffolding umfasst solche Arten von Unterstützung, die Lernenden dabei helfen, neue Fähigkeiten oder Konzepte zu erwerben (Hammond & Gibbons, 2001), also die Zone der nächsten Entwicklung zu meistern und zur Zone der aktuellen Entwicklung werden zu lassen. Es geht dabei nicht nur um Faktenwissen oder Modelllernen (Wissen was zu tun oder zu denken ist), sondern um ein verständnisvolles Lernen, das zu transferfähigem Wissen führt (Wissen, wie etwas getan oder gedacht werden kann; ebd.).

Typischerweise wird diese Unterstützung gegeben, indem die pädagogische Fachkraft gewisse Teile der Aufgabe „kontrolliert“ (Wood et al., 1976, S. 90), sodass der/die Lernende sich auf solche Elemente der Aufgabe konzentrieren kann, die er/sie bewältigen kann (ebd.). Dies kann auf zwei Arten erreicht werden (Hammond & Gibbons, 2001): indem die pädagogische Fachkraft in der Interaktion einzelnen Kindern individuelle verbale Hilfestellungen gibt (Mikro-Scaffolding, Kapitel 8.2.1) oder indem sie vorab Strukturierungsmaßnahmen einplant (Makro-Scaffolding, Kapitel 8.2.2).

### **8.2.1 Mikro-Scaffolding**

Mikro-Scaffolding bezieht sich auf Unterstützungsmaßnahmen, die die pädagogische Fachkraft in der Interaktion mit dem Kind einsetzt. Sie werden flexibel im Prozess entsprechend des aktuellen Bedarfs des Kindes ausgewählt und fortwährend angepasst (contingency; Hammond & Gibbons, 2001). Bei der Förderung von Vorschulkindern sind v.a. verbale Unterstützungsmaßnahmen von Bedeutung (Hardy & Steffensky, 2014; Wood et al., 1976).

Verbale Unterstützungsmaßnahmen zielen u.a. darauf, das Vorwissen der Kinder zu aktivieren, sie auf relevante Merkmale aufmerksam zu machen und sie dazu anzuregen, ihren Lernprozess zu reflektieren (Leuchter & Plöger, 2015). Diese Unterstützungsmaßnahmen werden unter dem Begriff *kognitive Aktivierung* zusammengefasst (Hardy & Steffensky, 2014). In der frühpädagogischen Forschung stehen verbale Unterstützungsmaßnahmen in engem Zusammenhang mit *sustained shared thinking* (Hardy & Steffensky, 2014; Leuchter & Saalbach, 2014).

Es wird definiert als

*„An episode in which two or more individuals work ,together‘ in an intellectual way to solve a problem, clarify a concept, evaluate activities, extend a narrative etc. Both parties must contribute to the thinking and it must develop and extend“*  
(Siraj-Blatchford, Sylva, Muttock, Stella, Gilden, Rose & Bell, 2002, S. 8).

Damit dieser anhaltende Gedankenaustausch gelingt, müssen alle Beteiligten das Gespräch und die darin zum Ausdruck kommenden Gedanken weiterführen, indem sie sich auf die unterschiedlichen Interpretationsprozesse der anderen einlassen und diese zusammen mit ihrem Vorwissen für die Entwicklung weiterer Gedankengänge nutzen (König, 2009). Solche Gespräche haben sich als lernförderlich für sprachliches und kognitives Lernen von Kita-Kindern erwiesen (Siraj-Blatchford et al., 2002).

Die pädagogische Fachkraft kann verbale Unterstützungsmaßnahmen einsetzen, um *sustained shared thinking* zu initiieren und aufrecht zu erhalten (Hopf, 2012) und dabei die sprachlichen Fähigkeiten der Kinder zu fördern (Kammermeyer et al., 2017; Röhner, König, Hövelbrinks & Archie, 2015). Ein Fördereffekt lässt sich möglicherweise nur nachweisen, wenn ein gewisses Mindestmaß an hochwertigsten verbalen Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt wird (Burchinal, Vandergrift, Pianta & Mashburn, 2010). Konkrete Maßnahmen und deren Wirksamkeit für die Förderung von Bildungssprache und naturwissenschaftlichen Konzepten bei Vorschulkindern werden in Kapitel 9.2 vorgestellt.

### **8.2.2 Makro-Scaffolding**

Makro-Scaffolding umfasst verschiedene Unterstützungsformen, welche der Strukturierung dienen und schon in der Planungsphase in die Lernumgebung integriert werden (Hammond & Gibbons, 2001). Verbale Unterstützungsmaßnahmen können zwar als Strukturierungsmaßnahme eingesetzt werden (Hardy et al., 2006), sie zählen aber nur dann zum Makro-Scaffolding, wenn sie bereits vorab eingeplant sind und nicht spontan im Prozess an den Bedarf einzelner Kinder angepasst werden (vgl. Naber, 2016). Für frühpädagogische Förderung, welche oft alltagsintegriert stattfindet bzw. aus Alltagssituationen entsteht, erscheint es daher angemessener, verbale Unterstützungsmaßnahmen nur dem Mikro-Scaffolding zuzuordnen, welches ergänzend zu Formen des Makro-Scaffolding zu sehen ist.

Strukturierung im Sinne des Makro-Scaffolding kann beispielsweise erreicht werden, indem Inhalte vorab sequenziert und dann in einer bestimmten Reihenfolge (z. B. nach steigendem Schwierigkeitsgrad) dargeboten werden (Hammond & Gibbons, 2001) oder indem bestimmte Materialien eingesetzt werden (z.B. Werkzeuge mit verschiedener Griffgröße, um die Aufmerksamkeit auf den Kraftarm zu lenken; Naber, 2016).

Eine weitere Maßnahme des Makro-Scaffolding stellt das Auswählen einer bestimmten pädagogischen Methode dar, deren Rahmenbedingungen das Erreichen der Lernziele erleichtert. Für die Förderung von Bildungssprache könnten dies kontext-reduzierte Gespräche sein, da sie Distanzierung herbeiführen (vgl. Sigel, 2002). Im Zusammenhang mit naturwissenschaftlichem Lernen spielt das Experimentieren eine zentrale Rolle

(Girwidz, 2015; Windt, 2011), welches ein Ablaufschema für naturwissenschaftliche Lehr-Lern-Gelegenheiten bietet und dadurch den Prozess strukturiert. Es werden mindestens drei Phasen (Planen/Vorhersagen, Umsetzen/Beobachten sowie Erklären/Reflektieren) unterschieden (vgl. Treagust & Tsui, 2014). Lehr-Lern-Methoden, die auf Experimentieren fokussieren werden als *inquiry-based* (Gerde, Schachter & Wasik, 2013; Leuchter et al., 2014, dt. *forschendes Lernen*) bezeichnet und folgen dem ko-konstruktivistischen Verständnis von Lehren und Lernen (vgl. z.B. Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014). Auch in vielen Ansätzen zur frühen naturwissenschaftlichen Bildung werden Experimente oder Versuche eingesetzt (vgl. Windt, 2011).

Empirische Studien zur Wirksamkeit von Makro-Scaffolding zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und Bildungssprache bei Vorschulkindern werden in Kapitel 9.3 berichtet.

## 9. Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache bei Vorschulkindern

Für die vorliegende Arbeit ist von besonderem Interesse, wie Vorschulkinder durch Mikro- und Makro-Scaffolding so unterstützt werden können, dass sie ihre naturwissenschaftlichen Konzepte und bildungssprachlichen Fähigkeiten weiterentwickeln können. Hierfür muss zunächst die Zone der nächsten Entwicklung sowohl für das Konzept Hebelwirkung als auch für Bildungssprache bestimmt werden (Kapitel 9.1). Anschließend werden wirksame Maßnahmen zur Förderung des Verständnisses von Hebelwirkung und der bildungssprachlichen Fähigkeiten auf Ebene des Mikro-Scaffolding im Sinne verbaler Unterstützungsmaßnahmen (Kapitel 9.2) sowie auf Ebene des Makro-Scaffolding (Kapitel 9.3) beschrieben.

### 9.1 Bestimmung der Zone der nächsten Entwicklung

Förderung ist nur in der Zone der nächsten Entwicklung sinnvoll (vgl. Kapitel 8.1). Aufgaben in der Zone der nächsten Entwicklung übersteigen das, was ein Kind bereits ohne Hilfe leisten kann und werden nach oben hin begrenzt durch das, was ein Kind auch mit Hilfe nicht leisten kann. Dieses Konstrukt bezieht sich auf die individuelle Entwicklung von Kindern, welche letztlich nur am einzelnen Kind konkret bestimmt werden kann. Dennoch können Studien Hinweise darauf geben, was für Vorschulkinder typischerweise als Zone der nächsten Entwicklung angenommen werden kann. Im Folgenden wird sowohl für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Kapitel 9.1.1) als auch für Bildungssprache (Kapitel 9.1.2) die typische Zone der nächsten Entwicklung von Vorschulkindern bestimmt. Dies ist notwendig, um realistische Lernziele für Vorschulkinder in beiden Bereichen ableiten zu können.

### *9.1.1 Zone der nächsten Entwicklung zum Konzept Hebelwirkung*

Der in Kapitel 3.2 dargestellte Entwicklungsstand von Vorschulkindern bestimmt die Zone der aktuellen Entwicklung. Bei der Balkenwaage liegen für die meisten Kinder solche Aufgaben in der Zone der aktuellen Entwicklung, die durch alleinige Berücksichtigung des Gewichts gelöst werden können (Niveau 1). Dementsprechend verfügt auch schon ein beträchtlicher Anteil der Vorschulkinder über ein Verständnis darüber, welchen Effekt die Variation der Last bei Werkzeugen mit identischen Lastarmen und identischen Kraftarmen auf den nötigen Kraftaufwand hat (Naber, 2016). Eine weitere Förderung der Teilkonzepte Gewicht und Last ist demnach für einen Großteil der Vorschulkinder nicht sinnvoll, da dadurch kein Lernprozess ausgelöst wird.

Aufschluss über die Zone der nächsten Entwicklung geben nur solche Studien, die Kinder beim Erwerb des konzeptuellen Verständnisses von Hebelwirkung unterstützen. Zur Bestimmung der Zone der nächsten Entwicklung ist weniger bedeutsam, wie die Kinder unterstützt werden, sondern vielmehr, was sie durch diese Unterstützung erreichen können. Studien an der Balkenwaage konnten zeigen, dass Kinder im Vorschulalter durch Unterstützung Niveau 2 erreichen konnten (Siegler, 1976; Siegler & Chen, 1998). Bei vereinfachten Aufgabenstellungen (durch perzeptuell salientere Aufgaben oder einarmige Balkenwaage) konnten bei ca. einem Drittel der Vorschulkindern sogar Leistungen auf Niveau 3 diagnostiziert werden (Andrews et al., 2009; Ferretti & Butterfield, 1986). Die multiplikative Verknüpfung von Gewicht und Abstand (Niveau 4) scheint von Vorschulkindern normalerweise nicht erreicht zu werden (vgl. Kapitel 3.2). Es ist somit anzunehmen, dass Niveau 2 und 3 in der Zone der nächsten Entwicklung von Vorschulkindern liegen und Niveau 4 die Zone der nächsten Entwicklung überschreitet. Daraus folgt, dass Vorschulkinder darin gefördert werden sollten, den Abstand an der Balkenwaage zusätzlich zum Gewicht zu berücksichtigen (Niveau 2). Von einer Förderung der Verknüpfung von Gewicht und Abstand wird abgesehen, da die Kinder die aus fachlicher Sicht angemessene multiplikative Verknüpfung (Niveau 4) noch nicht leisten können, sondern nur eine alternative, fachlich falsche Verknüpfungsstrategie (Niveau 3) erwerben können.

Für die Kraftverstärkungsfunktion von Hebeln liegen keine Studien für Vorschulkinder vor, sondern lediglich eine Studie mit Kindern im Alter von sechs bis sieben Jahren (Naber, 2016). Hier konnte das Verständnis der Kinder von Lastarm und Kraftarm gefördert werden, woraus geschlossen werden kann, dass beides in der Zone der nächsten Entwicklung von Schulanfängern liegt. Da an der Balkenwaage der Abstand in der Zone der nächsten Entwicklung von Vorschulkindern liegt, erscheint es möglich, dass sie auch ein Verständnis von Lastarm und Kraftarm durch gezielte Förderung erreichen können.

Die wenigen Studien, die Hinweise zur Zone der nächsten Entwicklung von Vorschulkindern in Bezug auf Hebelwirkung geben können, unterstreichen die bereits in Kapitel 4 gezogene Schlussfolgerung, dass Vorschulkinder das Konzept Hebelwirkung noch nicht im Gesamten korrekt erwerben können, aber zum Erwerb von Teilkonzepten in

der Lage sind. Auch wenn diese Teilkonzepte als einzelne Wissens-elemente nebeneinanderstehen, können sie im Sinne des Fragmentierungsansatzes als Beitrag zur Entwicklung des Konzeptes „Hebelwirkung“ gesehen werden. Um jedes Kind in seiner jeweiligen Zone der nächsten Entwicklung fördern zu können, sollte die Lehr-Lern-Umgebung Möglichkeiten für Adaptivität bieten, da für die meisten Kinder der Erwerb von Vorstellungen zur Bedeutung der Länge von Hebelarmen in der Zone der nächsten Entwicklung liegt, für einzelne Kinder aber auch noch Vorstellungen zur Bedeutung von Gewicht und Last bei Hebeln in der Zone der nächsten Entwicklung liegen.

### *9.1.2 Zone der nächsten Entwicklung zu Bildungssprache über Hebelwirkung*

Studien zur Förderung sprachlicher Fähigkeiten fokussieren i.d.R. auf Kinder, deren Sprachstand nach unten von der Norm abweicht (vgl. z.B. Egert & Hopf, 2016). Welche bildungssprachlichen Fähigkeiten in der Zone der nächsten Entwicklung von Vorschulkindern im Allgemeinen liegen, kann daher nur erahnt werden. Hinweise gibt die Sprachentwicklung: sowohl lexikalische als auch grammatikalische Fähigkeiten, die in der Zone der nächsten Entwicklung liegen, treten in der Sprachentwicklung zunächst nur vereinzelt und in sehr spezifischen Situationen auf und / oder werden noch abweichend vom Verständnis erwachsener Sprecher gebraucht (Berk, 2011). Im Laufe der Entwicklung erwerben die Kinder durch die tägliche sprachliche Interaktion mit kompetenteren Sprecher\_innen implizit das notwendige Wissen, um die jeweilige Fähigkeit (z.B. die Bildung von Relativsätzen oder die Bedeutung eines Wortes) schließlich auf erwachsenensprachlichem Niveau zu verwenden (Tomasello, 2014).

Kinder im Vorschulalter verfügen bereits über Wissen und Wortschatz bzgl. Werkzeugen, wenn sie mit diesem Thema schon einmal in Kontakt waren (vgl. Kapitel 6). Im Vorschulalter gehören spezifische Adjektive zum sich gerade entwickelnden Wortschatz (Berk, 2011; Komor & Reich, 2008). Für Hebelwirkung ist v.a. bedeutsam, dass Längenunterschiede als lang / länger und kurz / kürzer beschrieben werden können (statt groß / klein) und dass Unterschiede in Gewicht (schwer/er und leicht/er) und Last (z.B. bei Papier dick/er und dünn/er) beschrieben werden können (vgl. Kapitel 6.4). Auch spezifische Verben zur Benennung der Tätigkeiten im Umgang mit den Hebeln können in der Zone der nächsten Entwicklung liegen (Komor & Reich, 2008; Wildemann et al., 2016). Allerdings ist für die Mehrheit der Kinder davon auszugehen, dass sie im Sinne des fast mapping schnell erworben werden (Berk, 2011). Gleiches könnte für die Benennung der Hebel (z.B. Zange, Waage) gelten. Die differenzierte Beschreibung der Werkzeugteile (z.B. „Griff“ und „Schneide“ bei der Schere) und der Erwerb eines strukturierten und differenzierten Begriffsnetzes mit Ober- und Unterbegriffen liegt sehr wahrscheinlich in der Zone der nächsten Entwicklung (Komor & Reich, 2008) und ist für das Verständnis von Hebelwirkung von zentraler Bedeutung. Hebelwirkung kann nur verstanden werden, wenn bspw. bei einem Werkzeug nicht die Gesamtlänge betrachtet wird, sondern die Länge einzelner Teile (z.B. Griff und Schneide bei der Schere), da diese mit dem Last- und Kraftarm korrespondieren (vgl. Kapitel 1). Da Kinder im Vorschul-

ter noch relativ am Anfang der Entwicklung differenzierter Begriffsnetze stehen, erscheint es sinnvoller, in der Förderung den Erwerb von Benennungen der Werkzeugteile und den damit verbundenen Bedeutungen anzustreben und auf Fachbegriffe wie Lastarm und Kraftarm zu verzichten, da diese eine zusätzliche Ausdifferenzierung der Bedeutung erfordern, die erst möglich ist, wenn Unterschiede in Werkzeugteilen als relevante Merkmale wahrgenommen werden.

Auf grammatikalischer Ebene sind für Hebelwirkung unpersönliche Konstruktionen relevant (vgl. Kapitel 5.3 und 5.4), welche ebenfalls in der Zone der nächsten Entwicklung liegen könnten, da passivähnliche Formulierungen in der Zone der aktuellen Entwicklung liegen (Kemp et al., 2008). Auch die Verwendung von Subordinationen kann in der Förderung angestrebt werden, da Vorschulkinder bereits sicher unterordnende Nebensätze formulieren können, dies aber nur selten tun (Kemp et al., 2008; Weinert & Lockl, 2008). Bedeutsam für die Erklärung von Hebelwirkung wären z.B. Nebensätze mit „weil“ oder Wenn-Dann-Sätze, welche den Zusammenhang zweier Ereignisse stärker verdeutlichen, als bspw. die Verknüpfung von Hauptsätzen mit „Und dann“.

Im Folgenden wird darauf eingegangen, wie Vorschulkinder beim Experimentieren in der Zone der nächsten Entwicklung gefördert werden können.

## 9.2 Mikro-Scaffolding durch verbale Unterstützungsmaßnahmen

Obwohl aus theoretischer Hinsicht eine gleichzeitige Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache möglich scheint (vgl. Kapitel 8.2), erfassen Studien, die Rückschlüsse auf wirksame verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Vorschulkindern zulassen, bislang entweder naturwissenschaftliche Konzepte (Kapitel 9.2.1) oder Bildungssprache (Kapitel 9.2.2).

### 9.2.1 Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte

Für die Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte sind nach dem Fragmentierungsansatz (vgl. Kapitel 2.3) v.a. Unterstützungsmaßnahmen relevant, die Lernenden helfen

- 1) die relevanten Aspekte der Situation zu erkennen.

Hierzu gehören das Geben aufmerksamkeitslenkender Hinweise (Pea, 2004), das Lenken der Aufmerksamkeit durch Fragen (Lipowsky, 2015; Saalbach & Schalk, 2011) und das Geben von Zusammenfassungen, die wichtige und bereits genannte Informationen in komprimierter Form beinhalten (Kleickmann, 2012; Lipowsky, 2015).

- 2) ihr Vorwissen (ihre p-prims) zu aktivieren und auf die aktuelle Situation zu beziehen.

Dies kann z.B. erreicht werden, indem Erfahrungen der Lernenden erfragt werden (Pianta, La Paro & Hamre, 2012; Saalbach & Schalk, 2011) oder indem Lernende dazu angeregt werden, auf Basis ihres Vorwissens Vermutungen und Vorhersagen anzustellen (z.B. über den Ausgang eines Experiments) (Pianta et al., 2012). Dies entspricht höheren Levels von Distanzierung.

3) ihr Wissen zu erweitern und ggf. umzustrukturieren.

Hierfür werden Maßnahmen der kognitiven Aktivierung eingesetzt, die Lernende dazu anregen, ihren Lernprozess zu reflektieren, Widersprüche wahrzunehmen, konzeptuelle Vorstellungen zu verknüpfen und zu ergänzen (vgl. z.B. Lipowsky, 2015). Dies erfordert höhere Level von Distanzierung und kann z.B. durch das Fokussieren auf Ähnlichkeiten und Unterschiede erreicht werden, durch das Stellen von Wie- und Warum-Fragen oder durch das Geben von Zusammenfassungen (Kleickmann, 2012; Lipowsky, 2015; Pianta et al., 2012).

Wenn Lernende dazu angeregt werden, ihren Lernprozess und / oder Erkenntnisstand zu erläutern, erhalten Lehrende einen Einblick in die Denkprozesse der Lernenden und können weitere Unterstützungsmaßnahmen gezielt daran anpassen (Hattie & Clarke, 2019).

Für Kinder im Vor- und Grundschulalter wird darüber hinaus der Lebensweltbezug betont, d.h. Lernerfahrungen sollen nicht nur mit dem bisherigen Wissen der Kinder verknüpft werden, sondern auch mit ihrer alltäglichen Erfahrungswelt, sodass anwendbares Wissen erworben wird (Kleickmann, 2012; Pianta et al., 2012; Woolfolk, 2011).

Nachfolgend werden Studien vorgestellt, die Rückschlüsse auf das Potenzial solcher verbaler Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung des Verständnisses von Hebelwirkung bei Vorschulkindern erlauben. Ergänzend werden Studien vorgestellt, die die Bedeutung verbaler Unterstützungsmaßnahmen für die Konzeptentwicklung von Kindern im Rahmen von Experimentierumgebungen untersuchen, da naturwissenschaftliche Konzepte üblicherweise im Rahmen solcher Lernumgebungen gefördert werden (vgl. Kapitel 8.2).

### **Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung des Verständnisses von Hebelwirkung**

An Aufgaben zur Balkenwaage wurde untersucht, inwiefern Eltern zur Unterstützung ihrer sechs- bis achtjährigen Kinder verbal auf den Vergleich der Drehmomente (d.h. auf **lösungsrelevante Merkmale der Aufgabe**) verweisen und inwiefern dies mit dem Lösungsverhalten und den Erklärungen der Kinder während der Förderung zusammenhängt sowie mit dem eigenständigen Lösungs- und Erklärungsverhalten drei und sechs Tage nach der Förderung (Philips & Tolmie, 2007). Die geförderten Kinder wurden für die Analyse in Abhängigkeit von der Lösung der ersten Aufgabe beim ersten Zeitpunkt in eine schwache und eine starke Gruppe eingeteilt. Kinder der schwachen Gruppe erhielten von ihren Eltern signifikant weniger verbale Hinweise auf die Drehmoment-Regel als Kinder der starken Gruppe und produzierten diese an den beiden Posttestterminen auch nicht. Eine Erklärung dafür, dass sich die schwächeren Kinder im Verlauf der Studie den stärkeren Kindern im Niveau ihrer Erklärungen nicht annähern, könnte das unterschiedliche elterliche Unterstützungsverhalten beim ersten Zeitpunkt sein, sodass das Benennen **relevanter Merkmale** durch kompetentere (Bezugs-)Personen ein relevanter Faktor dafür ist, dass Vorschul Kinder ein besseres Verständnis von Hebelwir-

kung entwickeln bzw. dies sprachlich erläutern können. Der Effekt des Benennens relevanter Merkmale im Bereich Hebelwirkung wurde auch an Aufgaben zum Balancieren von Balken mit Schwerpunkt an unterschiedlichen Stellen untersucht (Pine, Messer & Godfrey, 1999). Hier zeigte sich, dass Kinder, denen die Lösung von Aufgaben zum Balancieren von Blöcken gezeigt und erklärt wurde, schneller die Fähigkeit erwarben, solche Aufgaben zu lösen, als Kinder, die eigenständig mit dem Material experimentierten (Pine et al., 1999). Das Geben von Erklärungen geht allerdings über das reine Lenken der Aufmerksamkeit hinaus und kann als Maßnahme zur Veränderung von Vorstellungen gesehen werden.

Aufmerksamkeitslenkende Hinweise alleine bewirken aber noch keine Veränderung im Verständnis von Hebelwirkung an der Balkenwaage bei Vorschulkindern: In Studien von Siegler (1976) wurde versucht, die Aufmerksamkeit der Kinder auf den Abstand zu lenken, indem sie die Aufgaben zunächst nachbauen sollten, bevor sie eine Vorhersage zum Verhalten der Balkenwaage machten. Das Nachbauen von Abstandsaufgaben gelang Vorschulkindern nur dann, wenn ihnen eine explizite Strategie vermittelt wurde und ihnen bei fehlerhaftem oder fehlendem Zählen von Gewichten oder Abständen zusätzlich Feedback gegeben wurde. Die Kinder wurden also explizit und mehrfach im Bearbeitungsprozess **auf die relevanten Merkmale Gewicht UND Abstand hingewiesen**, wenn sie sie vernachlässigten. Allerdings fand die Förderung nur auf einem niedrigen Distanzierungslevel statt. Um herauszufinden, wie sich die nun verbesserte Encodierung der Aufgaben auf die Vorhersage zum Verhalten von Balkenwaagen auswirkt, sollten die beim Encodieren geförderten Kindern nach der letzten Nachbau-Aufgabe klassische Vorhersageaufgaben an der Balkenwaage lösen. Direkt im Anschluss an die Nachbauaufgaben zeigte sich keine Veränderung im Lösungsniveau der Vorhersageaufgaben – die meisten Kinder lagen auf Niveau 1, die übrigen waren nicht klassifizierbar.

Jedoch können sich Vorschulkinder durch Lernerfahrungen an der Balkenwaage von Niveau 1 auf Niveau 2 steigern, wenn ihr **Vorwissen** dadurch **aktiviert** wird, dass sie das Verhalten der Balkenwaage vorhersagen und die **Vorhersage begründen**, und sie anschließend beobachten können, ob ihre Vorhersage richtig war (Siegler, 1976; Siegler & Chen, 1998). Die erfolgreiche Förderung bezog also höhere Distanzierungslevels ein.

In einer weiteren Studie wurde untersucht, ob sich Kinder, die mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen gefördert werden, stärker verbessern, als Kinder, die alleine oder im Austausch mit Peers experimentieren (Murphy & Messer, 2000). Das Testmaterial bestand wie bei Pine et al. (1999) aus Balken mit Schwerpunkt an unterschiedlichen Stellen, die Förderung fand hingegen mit Alltagsgegenständen statt (z.B. Bleistifte mit und ohne Radiergummi), sodass das an den Alltagsgegenständen Gelernte im Posttest auf die Balken übertragen werden musste. Hier zeigten sich Kinder, die verbale Unterstützungsmaßnahmen erhielten, überlegen im Vergleich zu Kindern, die im Austausch mit Peers experimentierten. Der Unterschied zur Gruppe, die allein experimentierte, war allerdings nicht signifikant.

Kinder der Bedingung mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen bekamen zunächst erklärt, wie symmetrische und asymmetrische Objekte jeweils ausbalanciert werden können bzw. positioniert werden müssen, sodass sie auf einer schmalen Legobrücke (diente als Drehpunkt) liegenbleiben. Ihnen wurde gewissermaßen „fertiges“ Wissen zur Übernahme präsentiert, was sich am ehesten als Maßnahme zur Veränderung von Wissen einordnen lässt und eine gewisse Abstraktion auf relevante Merkmale impliziert (Distanzierung). Anschließend sollten die Kinder selbst ein Objekt ausbalancieren und erklären, wie sie es ausbalanciert haben (Selbsterklärung zur Veränderung von Wissen; hohes Distanzierungslevel). Die Kinder wurden entsprechend ihres aktuellen Erklärungsniveaus weiter durch eine Kombination verbaler Unterstützungsmaßnahmen gefördert. Es wurden **explizite Erklärungen und Anweisungen, Hinweise und Modellierung** eingesetzt sowie **Fragen**, um das aktuelle Verständnis des Kindes zu elizitieren. Die eingesetzten Strategien entsprechen einer Mischung **verschiedener Distanzierungslevels**. Mit zunehmender Kompetenz des Kindes wurden eher **allgemeinere Hinweise und Fragen** eingesetzt. Nur bei auftretenden Schwierigkeiten wurde gezielt stärkere Unterstützung gegeben. Diese **Kombination von Unterstützungsmaßnahmen** kann potenziell alle drei Funktionen zur Veränderung von Konzepten erfüllen. Allerdings wurde zu Beginn des Lernprozesses kein Vorwissen aktiviert.

Kinder in der Peer-Bedingung arbeiteten in kleinen Gruppen aus drei bis vier Kindern mit möglichst heterogenen Ergebnissen im Pretest. Die Kinder sollten zunächst – jedes für sich – auf einem Arbeitsblatt markieren, welche der Objekte sie ihrer Meinung nach in Balance bringen können und welche nicht. Dies könnte ihr **Vorwissen aktiviert** haben und impliziert eine gewisse Distanzierungsleistung. Anschließend sollten sich die Kinder über ihre Einschätzungen austauschen und einander ihre Gedanken erklären (weitere Aktivierung des Vorwissens und **Anregung von Distanzierung**). Die Gruppe sollte sich schließlich auf eine gemeinsame Einschätzung der Objekte einigen kann. Danach sollte jedes Kind versuchen, das jeweilige Objekt in Balance zu bringen und die Kinder wurden ermuntert, zu **erklären**, wie sie es geschafft haben, das Objekt zu balancieren (Selbsterklärung, Anregung von Distanzierung). Der / Die Untersuchungsleiter\_in gab in dieser Bedingung kein Feedback, d.h. es waren keine aufmerksamkeitslenkenden Hinweise oder strukturierenden Zusammenfassungen enthalten.

Für den Erwerb allgemeineren Regelwissens (Transfer auf andere Objekte) scheint somit gezielte verbale Unterstützung durch einen kompetenten Tutor von Bedeutung zu sein. Das alleinige Anregen von Erklärungen und Diskussionen innerhalb einer Kindergruppe scheint nicht auszureichen. Sie können zwar grundsätzlich als Anregung von Distanzierung gesehen werden, es fehlt aber vermutlich das weitere Nachfragen und Aufzeigen von Widersprüchen, das ein Tutor einsetzen würde.

Der nichtsignifikante Unterschied zur Gruppe ohne Unterstützung könnte evtl. darauf zurückzuführen sein, dass manche Kinder durch die permanente Anregung in ihrem Aneignungsprozess eher gestört als gefördert wurden (vgl. Murphy & Messer, 2000). Es kommt also sowohl darauf an, welche Impulse gegeben werden, als auch darauf, ob Anzahl und Zeitpunkt für das jeweilige Kind angemessen sind (vgl. Naber, 2016).

Die **Kombination aus verbalen Unterstützungsmaßnahmen** zu allen drei Funktionen (Aufmerksamkeit lenken, Vorwissen aktivieren und Wissen verändern) zeigt sich in einer Studie zum Verständnis der Kraftverstärkung von Hebeln bei Schulanfängern als lernförderlich (Naber, 2016).

Als Basis der Förderung dienten gezielte Handlungen mit Schubkarren die jeweils in einer der Variablen Lastarm oder Kraftarm variiert waren (vgl. Naber, 2016). Zu jeder Variable konnten drei Schubkarren verglichen werden: kurzer Lastarm, mittlerer Lastarm und langer Lastarm sowie kurzer Kraftarm, mittlerer Kraftarm und langer Kraftarm. Die Kinder wurden für jede Variable ermuntert, zu spüren, welche der drei Schubkarren sich jeweils am leichtesten anheben lässt. Neben dieser Basisintervention ohne weitere Unterstützung gab es drei weitere Interventionsgruppen, bei denen die Basisintervention durch verschiedene Unterstützungsmaßnahmen erweitert wurde. Eine Gruppe erhielt verbale Unterstützungsmaßnahmen, eine weitere Gruppe erhielt stattdessen schematische Abbildungen der Hebel und die dritte Gruppe wurde mit verbalen Impulsen und Bildern unterstützt.

Die beiden Interventionsgruppen, die mit verbalen Impulsen gefördert wurden, lernten am meisten dazu. Die zusätzliche Verwendung von Bildern in Kombination mit verbalen Impulsen scheint für den Kraftarm keinen Mehrwert zu bringen und für den Lastarm verschwindet der Effekt in der Follow-Up-Befragung (Naber, 2016). Auch hinsichtlich der Übertragung des Wissens auf ein Hebelmodell in der Follow-Up-Befragung unterscheiden sich diese beiden Gruppen nicht signifikant voneinander, aber sie unterscheiden sich im Kraftarm signifikant von der Basisintervention. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass die Kombination aus verbalen Impulsen, die der Fragmentierungsansatz nahelegt, das Lernen über Hebelwirkung bei sechs- bis siebenjährigen Kindern fördern kann.

Nachfolgend wird beschrieben, welche verbalen Unterstützungsmaßnahmen in den Interventionsgruppen mit verbalen Impulsen gegeben wurden. Die Funktion der Impulse ist in der Beschreibung fettgedruckt. Beispiele für konkrete Formulierungen sind in Klammern angegeben. Das geschilderte Vorgehen wurde je einmal für Lastarm und Kraftarm durchgeführt.

Die Kinder wurden zuerst aufgefordert, die Schubkarren miteinander zu **vergleichen** und Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu **beschreiben** („Schaut genau hin. Wer kann mir sagen, wo der Unterschied bei den drei Schubkarren ist?“). Anschließend **fasste** die Untersuchungsleiterin die wesentlichen Punkte noch einmal **zusammen** (z.B. „Die Steinpakete sind alle gleich groß und die Griffe alle gleich lang. Aber die Steinpakete stehen an unterschiedlicher Stelle...“) und die Kinder sollten **vermuten**, für welche der drei Schubkarren sie am wenigsten Kraft benötigen, um sie anzuheben („Was glaubst du, bei welcher Schubkarre fällt es dir am leichtesten das Steinpaket anzuheben?“). Sie sollten ihre Vermutung außerdem **begründen** („Warum glaubst du das?“). Indem mehrere Kinder nach Ihren Vermutungen und Begründungen gefragt wurden, wurde ein **Ideenaustausch** angeregt. Nachdem möglichst viele Kinder ihre Meinung geäußert hatten, durfte

jedes Kind die Schubkarren **ausprobieren**. Den Kindern **wurde genau erklärt und gezeigt**, wie sie die Schubkarren anfassen und anheben sollten und sie wurden aufgefordert, genau zu beobachten, ob sich eine Schubkarre schwerer anheben lässt als eine andere. Im Anschluss an das Ausprobieren sollten die Kinder **berichten**, was sie herausgefunden hatten („Was hast du herausgefunden, bei welcher Schubkarre fällt es dir am leichtesten das Steinpaket anzuheben?“) und eine **Erklärung** für das Ergebnis angeben („Warum glaubst du das?“). Auch hier sollten sich möglichst viele Kinder am **Ideenaustausch** beteiligen. Schließlich wurden die wesentlichen Punkte von der Untersuchungsleiterin noch einmal **zusammengefasst** (z.B. „Alle Schubkarren haben gleich lange Griffe. Ist das Steinpaket vorne beim Rad, fällt es dir leicht...“). Danach durfte jedes Kind **noch einmal ausprobieren** und ihm wurde erneut ein **kurzer Zusammenfassungssatz** präsentiert (z.B. „Es kommt darauf an, wo das Steinpaket steht. Ist das Steinpaket vorne beim Rad, fällt es dir leicht.“).

In den Phasen der Aktivierung von Vorwissen und Veränderung von Wissen erfolgt eine Verbalisierung von Vorstellungen zum Hebelgesetz (teilweise durch die Kinder und teilweise durch die Untersuchungsleiterin) in raum-zeitlicher Trennung zur Handlungserfahrung, sodass in diesen Phasen von einer mittleren bis hohen Distanzierung ausgegangen werden kann.

### **Verbale Unterstützungsmaßnahmen und das Lernen aus Experimenten**

Ein Curriculum für Vorschulkinder, das naturwissenschaftliche Aktivitäten und verbale Unterstützungsmaßnahmen als Kernbausteine enthält, scheint für Vorschulkinder gewinnbringender als unsystematische naturwissenschaftliche Förderung im Vorschulalltag (French, 2004). Allerdings werden in dieser Studie naturwissenschaftliche Konzepte mit Hilfe einer Geschichte erhoben, bei der die Kinder erklären sollten, wie man dem Akteur helfen kann, sein Problem zu lösen. Die Kinder mussten also ihr konzeptuelles Wissen nicht nur für den Problemlösungsprozess anwenden, sondern auch in Worte fassen (ebd.). Daraus ergibt sich das Problem, dass bei fehlerhaften Antworten nicht unterschieden werden kann, ob die Kinder den naturwissenschaftlichen Inhalt nicht kennen / nicht verstanden haben, und / oder ob ihre sprachlichen Fähigkeiten nicht ausreichen, um ihr Wissen auszudrücken.

Einige Studien, die die Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte durch forschendes Lernen untersuchen, setzen verbale Unterstützungsmaßnahmen kombiniert mit Maßnahmen des Makro-Scaffolding ein (Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Schwelle, 2016). Für Grundschul Kinder zeigt sich, dass verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Erweiterung und Umstrukturierung von Vorwissen in Kombination mit Strukturierung durch Makro-Scaffolding förderlicher für den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte ist, als ein weniger strukturiertes Lernangebot, bei dem in der Reflexionsphase keine verbalen Unterstützungsmaßnahmen gegeben werden, aber auch das Vorgehen insgesamt weniger strukturiert wird, indem kein Makro-Scaffolding bzgl. der Abfolge der Experimente gegeben werden (Hardy et al., 2006). In den anderen Studien (Leuchter et

al., 2014; Schwelle, 2016) fand keine Variation bzgl. der verbalen Unterstützungsmaßnahmen statt.

Einen Hinweis auf die Bedeutsamkeit des Einbezugs von Vorwissen beim naturwissenschaftlichen Lernen in Experimentiersituationen gibt die Studie von Windt (2011). Die Lernumgebung bestand hier aus vorgegebenen Experimenten (vgl. Kapitel 8.2.2: „Laborieren“). Ein Teil der Kinder führte die Experimente eigenständig durch und durfte diese auch abändern (Gruppe „freies Experimentieren“). Eine weitere Gruppe von Kindern wurde beim Experimentieren von einer Erzieherin begleitet (Gruppe „angeleitetes Experimentieren“). Die Unterstützung durch die Erzieherin umfasste, dass die Kinder zum Wiederholen der Experimente vom Vortag angeregt wurden und ihre Ergebnisse in der Gruppe zusammengetragen und in Worte gefasst wurden (Distanzierung). Außerdem stellte sie eine Verbindung zwischen den Experimenten und dem Alltag der Kinder her und vernetzte die Ergebnisse verschiedener Experimente untereinander (Distanzierung). Aufgrund der kleinen Stichprobe (ca. 10 Kinder pro Gruppe) war der Unterschied im Lernzuwachs der Kinder zwischen angeleitetem und freiem Experimentieren zwar nicht signifikant, zeigte aber einen mittleren Effekt. In einer Folgestudie mit größerer Stichprobe (41 – 46 Kinder pro Gruppe) und einer zusätzlichen nichtgeförderten Kontrollgruppe („Baseline“) unterschieden sich die beiden Gruppen, die von einer Erzieherin permanent oder zeitweise angeleitet wurden, signifikant von der Baseline-Gruppe. Dennoch ergab eine Varianzanalyse keinen signifikanten Effekt zwischen den Interventionsgruppen (ebd.).

Dies deutet darauf hin, dass der Erwerb konzeptuellen Wissens in Experimentiersituationen bei Vorschulkindern durch die Aktivierung von Vorwissen und die gezielte Integration neuer Erkenntnisse in die bisherige Wissensstruktur gefördert wird.

Eine detaillierte Analyse der von den pädagogischen Fachkräften eingesetzten verbalen Unterstützungsmaßnahmen ergab, dass diese über die Aktivierung von Vorwissen hinaus ein breites Repertoire von Maßnahmen (u.a. um Kinder zum Mitteilen ihrer Vermutungen und Beobachtungen anzuregen, auf Widersprüche aufmerksam zu machen, Rückmeldungen geben sowie Umgang mit Material anleiten und üben) einsetzten (Windt, 2017). Kinder mit günstigeren Lernvoraussetzungen profitierten in dieser Studie von diesen Maßnahmen stärker als Kinder mit ungünstigeren Lernvoraussetzungen (Windt, 2018).

Wie bedeutsam es ist, Experimente zu Alltagserfahrungen von Vorschulkindern in Beziehung zu setzen zeigt die Studie von Steffensky, Lankes, Carstensen und Nölke (2012). Erhoben wurden ausgewählte naturwissenschaftliche Konzepte und die Denk- und Arbeitsweisen „Beobachten/Messen“ und „systematisches Vergleichen“ in einem quasi-experimentellen Design. Es wurden die Auswirkungen von drei Förderbedingungen, einer Kontrollgruppe und einer Baselinegruppe auf naturwissenschaftliches Lernen von Vorschulkindern untersucht.

Die Baselinegruppe nahm lediglich am Vor- und Nachtest teil. Der Kontrollgruppe wurden Bilderbücher vorgelesen, die die für die Förderung relevanten Begriffe enthielten.

Förderbedingung 1 bestand aus einem Experimentierangebot mit vorgegebenen Experimenten, d.h. das Angebot wäre nach Kapitel 8.2.2 als „Laborieren“ einzustufen. Kinder in dieser Gruppe wurden dazu angeregt, die einzelnen Versuche miteinander zu verknüpfen, Vermutungen anzustellen und Erklärungen abzugeben, d.h. es wurden verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Conceptual Change eingesetzt, die gleichzeitig ein hohes Level an Distanzierung herausfordern. Es wurde aber keine Verknüpfung mit Alltagssituationen hergestellt.

Förderbedingung 2 enthielt keine Experimente, sondern lediglich Gespräche über Alltagssituationen mit bestimmten naturwissenschaftlichen Inhalten (z.B. Schmelzen von Eiswürfeln oder Gefrieren von Pfützen). Die Kinder wurden mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen auf mittlerem bis hohem Distanzierungslevel angeregt (z.B. Situationen vergleichen, Beobachtungen und Erklärungen abgeben und reflektieren). Darüber hinaus wurden die Kinder explizit dazu angeregt, ähnliche Situationen zu nennen, in denen der jeweilige Sachverhalt beobachtet werden kann (starke Distanzierung).

In Förderbedingung 3 wurden beide Ansätze kombiniert. Nur Kinder dieser Förderbedingung unterschieden sich nach der Förderung signifikant von der Kontroll- und der Baselinegruppe (auch unter Kontrolle weiterer Variablen wie Pretestwert, kognitive Fähigkeiten und Bildungsabschluss der Eltern). Daraus kann geschlossen werden, dass das strukturierte naturwissenschaftlich-experimentelle Vorgehen nicht losgelöst von den Alltagserfahrungen der Kinder erfolgen sollte, sondern gezielt mit diesen verknüpft werden sollte. Gleichzeitig macht die Studie deutlich, dass das reine Vorlesen von Büchern oder das reine Gespräch über Alltagserfahrungen von Kindern nicht ausreicht, um Vorschulkinder naturwissenschaftlich zu fördern, selbst wenn dabei hohe Distanzierungslevels herausgefordert werden.

### *9.2.2 Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache*

Viele verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten tragen aus theoretischer Sicht auch zur Förderung von Bildungssprache bei, da das erweiternde und korrigierende Anknüpfen an die Äußerungen der Kinder und das Stellen von Fragen auch hier eine große Rolle spielt (Kammermeyer et al., 2017; Röhner et al., 2015). Daraus folgt, dass durch sustained shared thinking, offenen Fragen, Lebensweltbezug und das auf inhaltlicher Ebene erweiternde und korrigierende Anknüpfen an die Äußerungen der Kinder sowohl Sprache als auch Konzepte weiterentwickelt werden können (vgl. Pianta et al., 2012; Siraj-Blatchford et al., 2002). Bei der Sprachförderung stehen Wortschatz und Grammatik aber mindestens ebenso im Fokus wie die Inhalte. Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Sprachförderung zielen daher v.a. darauf, zu erwerbende sprachliche Strukturen zur Verfügung zu stellen und Kinder in der korrekten Verwendung zu bestärken (z.B. durch Expansion, Extension oder handlungsbegleitendes Sprechen; vgl. Kammermeyer et al., 2017; Röhner et al., 2015). Vergleichbare Maßnahmen können auch zur Förderung von Bildungssprache im Fachunterricht eingesetzt werden (vgl. Gibbons, 2002, 2006), d.h. es kann davon ausgegangen werden, dass sie auch zur Förderung von Bildungssprache und nicht nur zur Förderung alltags-sprachlicher Fähigkeiten von Kindern genutzt werden können.

Empirisch zeigt sich dies in den Ergebnissen einer Videostudie, in der Kleingruppenangebote zum Thema Schwimmen und Sinken analysiert wurden (Wildemann et al., 2016). Die Teilnahme an einer Fortbildung zur Verbindung von Naturwissenschaft und Sprache auf Seiten der pädagogischen Fachkräfte korrelierte hier positiv mit der sprachlichen Anregungsqualität durch die jeweilige Fachkraft und mit der bildungssprachlichen Performanz der Kinder in der Experimentiersituation (Rank, Wildemann, Hartinger & Tietze, 2018). Zudem korrelierte die naturwissenschaftliche Anregungsqualität pädagogischer Fachkräfte positiv mit der sprachlichen Anregungsqualität (Pauen & Kästner, 2018), was darauf hindeutet, dass Fachkräfte die theoretisch gegebene Vereinbarkeit sprachlicher und naturwissenschaftlicher Förderung tatsächlich realisieren können. Einen Überblick über verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache gibt Tabelle 10. Im Anschluss an die Tabelle werden die einzelnen Maßnahmen weiter erläutert.

Tabelle 10:

*Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von (Bildungs-)Sprache und naturwissenschaftlichen Konzepten basierend auf Röhner et al. (2015, S. 81)*

Fokus auf	Funktion	Maßnahmen
Konzept und Sprache; hohe Distanzierung	problemlösende Denkprozesse herausfordern, Möglichkeiten bieten, Vorwissen und Vorerfahrungen auf neue Situationen anzuwenden	Offene Fragen Sustained Shared Thinking
Konzept und Sprache	das Lernen in für Kinder bedeutsame reale Situationen einbetten  Rückmeldungen geben, die das sprachliche und inhaltliche Lernen vorantreiben.	Persönlicher Bezug Thematische Weiterführung  Korrektives Feedback
Sprache	hochwertiger sprachlicher Input mit Fokus auf umfangreichen, differenzierten Wortschatz  hochwertiger sprachlicher Input mit Fokus auf grammatisch vielfältige Formen und Strukturen	Extension Präsentation Handlungsbegleitendes Sprechen  Expansion Umformung Handlungsbegleitendes Sprechen

Die Unterstützungsmaßnahme „Fragen stellen“ zeigte sich bereits zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte bedeutsam (Treagust & Tsui, 2014), da diese Maßnahme

alle drei Funktionen (Aufmerksamkeit lenken, Vorwissen aktivieren und Wissen verändern) erfüllen kann (Treagust & Tsui, 2014). Für die Sprachförderung ist darüber hinaus bedeutsam, wie sehr eine Frage die Kinder zum Sprechen anregt, da Kinder so ihre produktiven sprachlichen Fähigkeiten einsetzen und üben können. Außerdem knüpfen die Maßnahmen „thematische Weiterführung“, „korrekatives Feedback“ sowie sprachliches Aufgreifen und Erweitern (Expansion, Extension, Umformung) an die kindliche Äußerung an (Reber & Schönauer-Schneider, 2011). Das Elizitieren komplexerer Kindäußerungen gibt mehr Gelegenheiten zur Beobachtung der lexikalischen und grammatikalischen Fähigkeiten der Kinder und deren Förderung (vgl. Hattie & Clarke, 2019). Fragen können in Abhängigkeit davon, wie sehr sie Kinder zum Sprechen anregen, in einfache und komplexe Fragen unterteilt werden (Kammermeyer et al., 2017).

Einfache Fragen umfassen Ja- / Nein-Fragen (z.B. „Ist das eine Schere?“), Alternativ-Fragen (z.B. „Möchtest du die Schere oder die Zange benutzen?“) und Quizfragen (z.B. „Was ist das?“). Sie können mit einzelnen Worten oder Halbsätzen beantwortet werden (ebd.).

Komplexe Fragen sind offene Fragen, die längere Antworten erfordern. Sie enthalten typischerweise die Frageworte „Wie“ oder „Warum“ und sind Kennzeichen hoher Anregungsqualität sowohl in der Sprachförderung als auch in der Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte (Pianta et al., 2012). Insbesondere offene Fragen regen Kinder zum Sprechen an und zielen auf den Einbezug von Vorwissen, Verknüpfung von Wissen und die Anwendung des Wissens zur Problemlösung (vgl. Treagust & Tsui, 2014). Sie begünstigen das Entstehen von *sustained shared thinking* (Röhner et al., 2015; Treagust & Tsui, 2014) und entsprechen höheren Distanzierungslevels (Sigel, 2002).

Wie bedeutsam der Einbezug der Erfahrungswelt der Kinder für das konzeptuelle Lernen junger Kinder ist, wurde bereits im vorigen Kapitel aufgezeigt. Es ist davon auszugehen, dass der Einbezug konkreter Erfahrungen von Kindern auch für das Schaffen sprachanregender Situationen wichtig ist, da Kinder so über vertraute Situationen und Inhalte sprechen können, ihre Vorerfahrungen aus diesen Situationen auf diese Weise aktivieren und einbringen können und neue Inhalte damit verknüpfen können (vgl. Röhner et al., 2015). Dies begünstigt nicht nur das konzeptuelle Lernen, sondern auch die Sprachförderung, da es die Wahrscheinlichkeit für umfassende sprachliche Äußerungen von Kindern erhöht.

Feedback kann genutzt werden, um inhaltlich und / oder sprachlich fehlerhafte Äußerungen von Kindern richtigzustellen (korrekatives Feedback). Eine weitere Form von Feedback ist das Erweitern der kindlichen Äußerung, um dem Kind einen reichhaltigen sprachlichen Input anzubieten. Hierbei wird unterschieden, ob die Erweiterung v.a. auf den Wortschatz (Extension, z.B. ein Nomen um ein Adjektiv ergänzen) oder auf grammatikalische Aspekte zielt (Expansion, vgl. Röhner et al., 2015; z.B. einen Hauptsatz um einen Nebensatz erweitern).

Das Anbieten von reichhaltigem sprachlichen Input kann auch realisiert werden, indem die pädagogische Fachkraft neue Worte in ihren Äußerungen gezielt präsentiert oder

indem sie kindliche Äußerungen umformt (Röhner et al., 2015; z.B. eine Äußerung des Kindes im Aktiv umformen zu einer passivischen Konstruktion). Darüber hinaus können Kinder in der Richtigkeit ihrer Aussagen bestätigt werden, indem die pädagogische Fachkraft sie unverändert wiederholt (Kammermeyer et al., 2017).

Eine besondere Sprachförderstrategie ist das handlungsbegleitende Sprechen, dem Röhner et al. (2015) v.a. die Förderung des Wortschatzes zuschreiben, das aber auch grammatikalischen Input bereitstellt (Kammermeyer et al., 2017). Die Tätigkeiten des Kindes werden differenziert in Worte gefasst, sodass das Kind die Versprachlichung von Abläufen, Beziehungen und Zusammenhängen wahrnehmen und übernehmen kann (Reber & Schönauer-Schneider, 2011).

Evaluierte Programme und Methoden zur Sprachförderung setzen i.d.R. eine Kombination aus mehreren verbalen Unterstützungsmaßnahmen ein. Ein expliziter Fokus auf Bildungssprache wird in der frühpädagogischen Forschung zu Sprachförderung bisher kaum gelegt. Vielmehr geht es bei vielen bislang evaluierten Ansätzen und Methoden darum, Kinder mit sprachlichen Defiziten und / oder Risikogruppen darin zu unterstützen, sich der Altersnorm anzunähern (vgl. z.B. Egert & Hopf, 2016; French, 2004; Whitehurst et al., 1994), selbst wenn der jeweilige Förderansatz alltagsintegriert ist und sich grundsätzlich an alle Kinder richten könnte. Einige wirksame Sprachförderansätze beinhalten eine Kombination aus o.a. verbalen Unterstützungsmaßnahmen (Arnold, Lonigan, Whitehurst & Epstein, 1994; Egert & Hopf, 2016; Whitehurst et al., 1994). Allerdings fokussieren viele Studien auch oder ausschließlich auf Kinder vor dem Vorschulalter (vgl. Whitehurst et al., 1994 und Zusammenfassung von Studien bei Egert & Hopf, 2016). Bildungssprache ist daher nur selten im Fokus (Rank, Wildemann et al., 2018). Studien, in denen Sprachförderung mit Bezug zum naturwissenschaftlichen Lernen untersucht wird, werden in Kapitel 9.2.2 berichtet. Diese werden ergänzt durch weitere wirksame Methoden zur Förderung von Bildungssprache in der frühen Kindheit.

### **Sprachförderung beim naturwissenschaftlichen Lernen**

Verbale Unterstützungsmaßnahmen beim naturwissenschaftlichen Experimentieren mit Vorschulkindern werden im ScienceStart! Curriculum (French, 2004) eingesetzt. Kinder, die ein Jahr lang mit diesem Ansatz gefördert wurden, unterscheiden sich in ihrem Wortschatz signifikant von Kindern, die nicht nach einem gezielt naturwissenschaftlichen Ansatz gefördert wurden. Zu Beginn der Förderung bestand noch kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Für eine Untersuchung an Vierjährigen werden neben positiven Effekten auf den Wortschatz auch positive Effekte auf grammatikalische Fähigkeiten berichtet (French, Conezio & Boynton, 2000). Welche verbalen Unterstützungsmaßnahmen von den pädagogischen Fachkräften im ScienceStart! Curriculum tatsächlich eingesetzt werden, wurde exemplarisch für zwei Vorschulgruppen mit drei- und vierjährigen Kindern in einer Videostudie untersucht (Peterson & French, 2008). Analysiert wurden Videos aus einem fünfwöchigen Modul des Curriculums zum Mischen von Farben, die wöchentlich aufgenommen wurden. Die untersuchten Vorschulgruppen waren Teil eines „demonstration center“ des Curriculums und die analysierten

pädagogischen Fachkräfte waren an der Entwicklung des Curriculums beteiligt. Es ist daher davon auszugehen, dass eine best-practice-Analyse vorliegt, die das Potenzial des Programmes aufzeigt. Gefunden wurden u.a. offene Fragen, die Kinder zu Vorhersagen und Erklärungen anregen (hohes Distanzierungslevel), Wiederholen und Erweitern kindlicher Äußerungen und das sprachliche Modellieren von Beobachtungen, die eine vergleichbare Funktion wie das handlungsbegleitende Sprechen haben könnten. Der Bezug zur Erfahrungswelt der Kinder war dadurch gegeben, dass die Kinder tatsächlich mit Farben experimentieren konnten. Die pädagogischen Fachkräfte verwendeten gezielt bestimmte Worte (z.B. Bezeichnung der Farben, die Oberkategorien Primär- und Sekundärfarbe und spezifische Verben wie vermischen [*mix together*]) und Satzstrukturen (Nebensätze mit *weil* und *also* / *folglich* [*so*]). Es wurden also sowohl niedrige als auch hohe Level von Distanzierung umgesetzt. Die geförderten drei- und vierjährigen Kinder (N = 47) zeigten einen signifikanten Zuwachs im themenspezifischen Wortschatz sowie im Gebrauch von temporalen und kausalen Bindeworten.

Die detaillierte Analyse des sprachlichen Inputs pädagogischer Fachkräfte beim naturwissenschaftlichen Experimentieren zeigt, dass nicht alle Phasen gleichermaßen sprachförderliche Interaktionen bzw. Interaktionen auf höheren Levels von Distanzierung hervorrufen (Hövelbrinks, 2011). Zwar ermöglicht die Experimentierphase den Einsatz handlungsbegleitenden Sprechens zur sprachlichen Unterstützung der Kinder; dennoch überwiegt in diesen Phasen das Ausprobieren und Staunen und es erfolgen überwiegend alltagssprachliche Äußerungen (ebd.). Besonders geeignet zur Sprachförderung scheint hingegen das Zusammentragen und Erklären der Ergebnisse nach der Durchführung des Experiments zu sein: In dieser Phase konnten die meisten Merkmale sprachlicher Anregungsqualität in Experimentiersituationen zum Thema Schwimmen und Sinken gefunden werden (Rank, Wildemann et al., 2018).

In einer anderen Studie wurden Fragen, die pädagogische Fachkräfte in naturwissenschaftlichen Angeboten in der Kita stellen, und die dazugehörigen Kindantworten mehrsprachiger Kinder analysiert (Röhner, Li, Hopf & Hövelbrinks, 2009). Hier gaben Kinder auf Fragen nach Erklärungen (hohes Distanzierungslevel) überwiegend Antworten mit drei Worten und mehr bzw. Antworten in vollständigen Sätzen. Fragen nach Beschreibungen (eher niedriges Distanzierungslevel) wurden ca. zur Hälfte mit Äußerungen aus ein bis zwei Worten und zur Hälfte mit längeren Äußerungen beantwortet, wobei unvollständige Sätze etwas häufiger vorkamen als vollständige Sätze. Fragen nach Benennungen (niedriges Distanzierungslevel) wurden hingegen kaum mit längeren Äußerungen beantwortet, wodurch hier auch kaum vollständige Sätze beobachtet werden konnten. Innerhalb der Fragen nach Erklärungen wurde außerdem die Frageform analysiert, d.h. ob W-Fragen oder Entscheidungsfragen (z.B. Ja- / Nein-Fragen) gestellt wurden und wie Kinder darauf antworteten. Hier zeigte sich, dass W-Fragen Kinder stärker zu längeren Äußerungen und vollständigen Sätzen anregen als Entscheidungsfragen.

## **Förderung von Bildungssprache**

Eine als wirksam evaluierte Methode zur Förderung bildungssprachlichen Wortschatzes bei Vorschulkindern ist „Text Talk“ (Beck & McKeown, 2001; Beck, McKeown & Kucan, 2002, 2008). Zur Förderung werden Bilderbücher eingesetzt, die den Kindern vorgelesen werden. Die pädagogische Fachkraft wählt aus den Geschichten gezielt bildungssprachliche Worte, sogenannte „Tier 2 Words“ aus, die mit den Kindern im Anschluss an das (Vor-)Lesen der Geschichte erarbeitet werden. Diese Worte zeichnen sich dadurch aus, dass sie in der Alltagssprache relativ selten vorkommen und eine vergleichsweise spezifische Bedeutung haben. Dennoch sind es keine fachspezifischen Worte, sondern sie können in vielen verschiedenen Kontexten angewendet werden wie bspw. Zufall, erreichen oder erschöpft (Kammermeyer et al., 2017). Um die Wortbedeutungen zu erarbeiten, wird den Kindern zunächst die Bedeutung des Wortes in der konkreten Textstelle der Geschichte in ihrer Alltagssprache erläutert (z.B. Zögern bedeutet, dass du dir unsicher bist, ob du etwas tun möchtest.). Anschließend nennt die pädagogische Fachkraft weitere Verwendungsmöglichkeiten für das Wort (Präsentation) wie z.B.: Jemand könnte zögern, etwas zu essen, das er nicht kennt. Oder jemand könnte zögern, mit der Achterbahn zu fahren, weil sie gefährlich aussieht. Hier kann die pädagogische Fachkraft außerdem als Sprachvorbild fungieren und wie in den angeführten Beispielen komplexere Satzstrukturen verwenden. Anschließend sollen die Kinder von eigenen Situationen und Erlebnissen erzählen, zu denen das Wort passt (Bezug zur Erfahrungswelt bei gleichzeitiger Distanzierung vom Hier und Jetzt). Sie sollen also z.B. erzählen, wann sie gezögert haben / zögern würden etwas zu tun. So wird das Wort für die Kinder persönlich bedeutsam und mit weiteren Bedeutungen angereichert (Persönlicher Bezug). Diese Erzählsituation bietet die Möglichkeit für Extension, Expansion sowie korrekatives Feedback. Somit sind trotz der eher instruktiven Ausrichtung dieser Fördermethode, in der auch Phasen des gemeinsamen Rezitierens des Zielwortes vorkommen, wesentliche Sprachförderstrategien in das Konzept integriert und es kann davon ausgegangen werden, dass Repräsentationskompetenz gefördert wird.

### **9.3 Makro-Scaffolding**

Es liegen kaum (quasi)-experimentelle Studien vor, die die Effekte von Makro-Scaffolding auf das Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte (Kloos et al., 2012) oder Bildungssprache bei Vorschulkindern untersuchen und dadurch Rückschlüsse auf wirksame Maßnahmen des Makro-Scaffolding zulassen. Deshalb werden auch Studien mit Grundschulkindern und zu verschiedenen naturwissenschaftlichen Konzepten einbezogen. I.d.R. werden in diesen Studien auch verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung eingesetzt, da diese wesentlich für effektive Förderung sind (vgl. Hardy & Steffensky, 2014; Kammermeyer et al., 2017; Siraj-Blatchford et al., 2002).

### 9.3.1 Makro-Scaffolding zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte

Makro-Scaffolding kann durch Sequenzierung der Inhalte, vorstrukturierte Materialien und / oder Auswahl einer bestimmten Methode umgesetzt werden (Hammond & Gibbons, 2001). Beim ko-konstruktivistischen naturwissenschaftlichen Lernen wird i.d.R. die Methode des *forschenden Lernens* eingesetzt, bei dem das Experimentieren eine zentrale Rolle spielt (vgl. z.B. Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014). Das Experimentieren folgt einem typischen Ablauf (Sodian & Mayer, 2013), der im Forschungskreis (vgl. Abbildung 14) dargestellt ist: Auf Basis theoretischer Überlegungen wird eine Forschungsfrage formuliert und es werden Hypothesen dazu abgeleitet. Anschließend werden Überlegungen dazu angestellt, wie diese Hypothesen überprüft werden können, d.h. der Aufbau des Experiments und dessen Auswertung wird geplant. Das geplante Experiment wird durchgeführt und dokumentiert (Datenerhebung). Die so gewonnenen Daten werden ausgewertet und in Bezug zu den Hypothesen gesetzt. Schließlich werden die Ergebnisse kritisch vor dem Hintergrund des aktuellen Forschungsstandes und der Limitationen diskutiert. I.d.R. ergeben sich hieraus Implikationen für weitere Forschung.

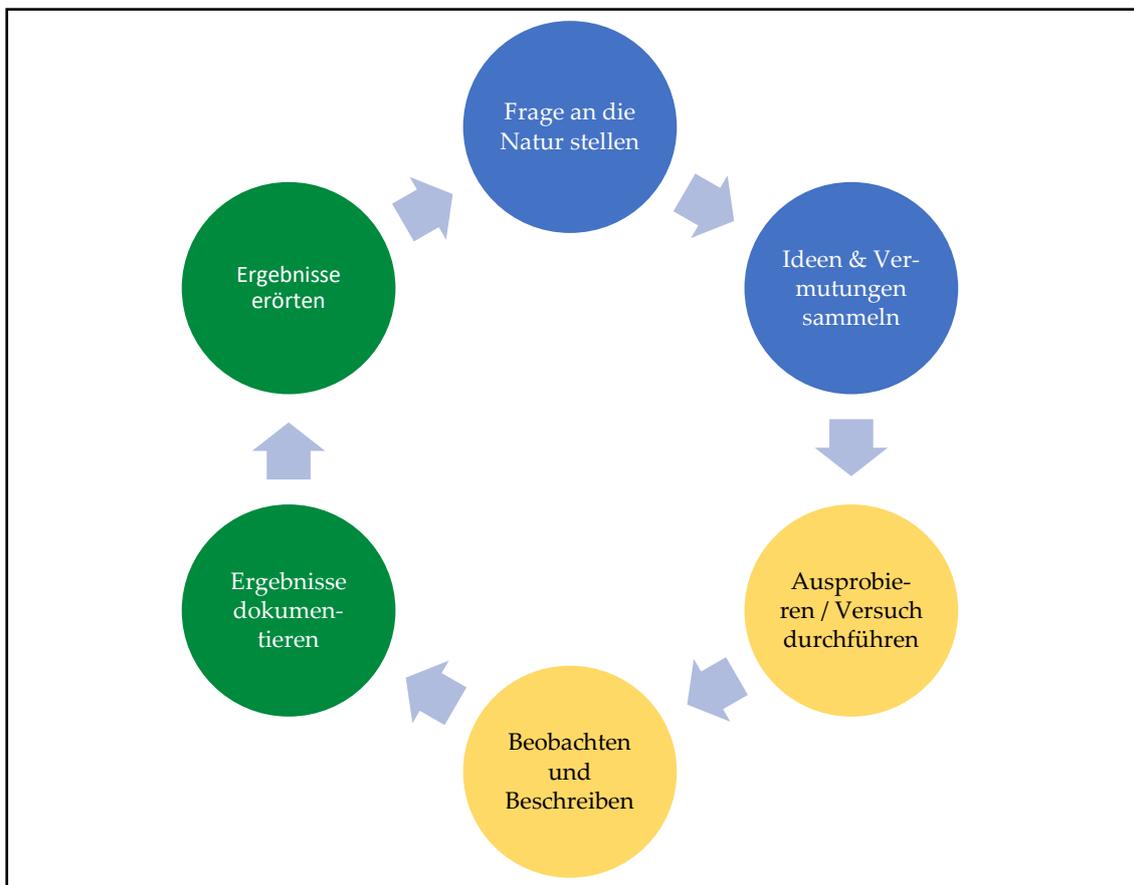


Abbildung 14. Forschungskreis in Anlehnung an Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013, S. 177)

Der in Abbildung 14 dargestellte Ablauf des Experimentierens kann auch mit Vorschulkindern verfolgt werden (vgl. z.B. Grygier & Hartinger, 2009; Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013). Anstelle von Hypothesen wird beim Experimentieren mit Kindern häufig von Vermutungen gesprochen (vgl. z.B. Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013;

Tietze et al., 2016), da bei Kindern Fragen und Überlegungen zum Ausgang eines Experiments normalerweise auf alltäglichen Beobachtungen und Gesprächen basieren und nicht auf theoretischen Vorüberlegungen im engeren Sinne. Mit Kindern kann überlegt werden, wie diese Vermutungen überprüft werden können. Es werden Experimente geplant, durchgeführt und dokumentiert. Anschließend wird erörtert, was man aus den Ergebnissen schlussfolgern kann. Daraus können weitere Fragen entstehen, sodass der Zyklus erneut (mit veränderter Fragestellung) durchlaufen wird (vgl. Abbildung 14).

Vereinfacht kann dieser Ablauf in folgende drei Phasen gegliedert werden: (1) Die Entwicklungs- und Planungsphase (in Abbildung 14 blau markiert), (2) die Phase der Durchführung und Beobachtung (in Abbildung 14 gelb markiert) und (3) die Phase der Ergebnisdarstellung und Interpretation (in Abbildung 14 grün markiert). Experimentieren stellt bereits eine Form des Makro-Scaffolding dar, weil die Phasen des Forschungskreises den Lehr-Lern-Prozess strukturieren und die Lernenden (in Kombination mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen) kognitiv aktivieren (Treagust & Tsui, 2014). Zudem erfordern v.a. die Planungs- und die Evaluationsphasen ein hohes Maß an Distanzierung.

Bei Vorschulkindern könnte eine weitere Vorstrukturierung des Ablaufs sinnvoll sein, da aussagekräftige Experimente die Anwendung einer Variablenkontrollstrategie erfordern (Sodian & Mayer, 2013). Die Fähigkeit, Experimente mit geeigneter Variablenkontrolle zu erkennen, entwickelt sich allerdings erst gegen Ende der Grundschulzeit (ebd.), sodass davon auszugehen ist, dass Vorschulkinder nicht in der Lage sind, aussagekräftige Experimente zu planen. Eine Experimentiersituation für frühes naturwissenschaftliches Lernen, in der die „Freiheitsgrade“ der Experimentiersituation durch Vorgabe des Versuchsaufbaus begrenzt werden, ist das Laborieren (Grygier & Hartinger, 2009; Windt, 2011). Den Kindern werden hierbei Fragestellung und Aufbau des Experiments vorgegeben (ebd.). Dabei können auch vorstrukturierte Experimentiermaterialien eingesetzt werden, die die Aufmerksamkeit der Kinder auf relevante Merkmale lenken (vgl. z.B. Naber, 2016; Schwelle, 2016). Sequenzierung kann erreicht werden, indem die übergeordnete Fragestellung in aufeinander aufbauende Einzelfragen mit dazugehörigen Experimenten gegliedert wird (Hardy et al., 2006).

### **Makro-Scaffolding durch Strukturierung der Experimentierumgebung**

Der Effekt von inhaltlicher Strukturierung auf naturwissenschaftliche Konzepte von Vor- und Grundschulkindern wurde am Thema Schwimmen und Sinken untersucht (Jonen, Möller & Hardy, 2003; Leuchter et al., 2014). Vor- und Grundschul Kinder, die an einer problemorientierten Lernumgebung teilnahmen, in der Strukturierung durch aufeinander aufbauende Aufgaben kombiniert mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt wurde, verbesserten sich signifikant in ihrem konzeptuellen Verständnis und ihr Lernerfolg unterschied sich signifikant von einer nicht geförderten Kontrollgruppe (Leuchter et al., 2014). Für Grundschul Kinder der dritten Klasse wurde der Effekt der Strukturierung gegenüber einer ebenfalls geförderten Gruppe ohne Strukturierung untersucht (Hardy et al., 2006). Leitfrage für die Unterrichtseinheit war: „Wie kommt es, dass ein Schiff schwimmt?“. Beide Versuchsgruppen erhielten ein Materialangebot in

Form von Stationen mit Versuchen, in denen Vorstellungen zum Schwimmen und Sinken von Gegenständen untersucht werden konnten, um so Hinweise zur Beantwortung der Leitfrage zu bekommen. Die Hälfte der Lerneinheit stand in beiden Gruppen für Experimente zur Verfügung. Die Kinder wurden im Prozess durch verbale Unterstützungsmaßnahmen individuell begleitet. In der anderen Hälfte der Zeit fanden Klassengespräche statt. Die Gruppe ohne Strukturierung konnte das Experimentiermaterial nutzen, um eigene Ideen und Fragen zu überprüfen. In der Gruppe mit Strukturierung wurde die Leitfrage in aufeinander aufbauende Teilfragen untergliedert, die nacheinander bearbeitet wurden. Es wurden immer nur Material und Versuche zur jeweiligen Teilfrage zur Verfügung gestellt. In der Gruppe mit Strukturierung leitete die Lehrkraft die Klassengespräche und setzte gezielt verbale Unterstützungsmaßnahmen ein. In der Gruppe ohne Strukturierung moderierte die Lehrkraft lediglich die Diskussion der Schüler\_innen. Die mit Strukturierung geförderte Gruppe profitierte auch in dieser Studie signifikant stärker. Der Unterschied zwischen den Gruppen zeigte sich beim Follow-Up-Test ein Jahr nach der Intervention noch etwas deutlicher, da die Gruppe mit Strukturierung vergleichbare Werte wie im Posttest erzielte, die Gruppe ohne Strukturierung sich aber verschlechterte.

Insbesondere Schüler\_innen mit geringer Fähigkeit zum problemlösenden Denken profitieren von dieser Art der Strukturierung (Jonen et al., 2003).

### **Makro-Scaffolding durch Material**

Zur Förderung des Verständnisses von Hebelwirkung wird in einer Studie Makro-Scaffolding durch Unterrichtsmaterialien an Schüler\_innen der dritten Klasse untersucht (Schwelle, 2016). Die Studie geht der Frage nach, ob Kinder besser mit ähnlichen oder unähnlichen Beispielen lernen (ebd.). Es wurden Beispiele zur Gleichgewichts- und Kraftverstärkungsfunktion behandelt. Für Kraftverstärkung wurden sowohl ein- als auch zweiseitige Hebel genutzt. Einander ähnliche Beispiele für die Gleichgewichtsfunktion an zweiseitigen Hebeln sind Wippe und Balkenwaage, wohingegen Wippe und Kragbogenbrücke einander unähnliche Beispiele sind (ebd.). Die (Un-)Ähnlichkeit ergibt sich aus der Offensichtlichkeit der strukturellen Merkmale (ob Drehpunkt, Hebelarme und Gewichte auf den ersten Blick erkannt werden können) und wie ähnlich die relevanten Oberflächenmerkmale aussehen (ebd.; vgl. Kapitel 1). Wippe und Balkenwaage haben leicht erkennbare strukturelle Merkmale, die zudem sehr ähnlich aussehen. Bei der Kragbogenbrücke kann die Überkrugung der einzelnen Steine zwar nach denselben Gesetzmäßigkeiten wie bei Wippe und Balkenwaage analysiert werden, die strukturellen Merkmale sind allerdings nicht sehr offensichtlich (ebd.). Daraus ergibt sich auch eine Unähnlichkeit in der oberflächlichen Erscheinung. In der Versuchsgruppe „Ähnlich“ wurden Hebelwirkung an Experimenten mit ähnlichen Beispielen untersucht und besprochen, in der Versuchsgruppe „Unähnlich“ entsprechend an unähnlichen Beispielen (ebd.). Zusätzlich zu den Versuchsgruppen gab es eine Kontrollgruppe, die im Erhebungszeitraum keinen Unterricht zu Hebelwirkung erhielt, sondern nur am Test teilnahm (ebd.). Das Konzept Hebelwirkung wurde bei den Kindern vor und nach der Intervention sowie in einem Follow-Up-Test erhoben. Sowohl hinsichtlich Gleichgewicht

als auch hinsichtlich Kraftverstärkung verbesserten sich beide Experimentalgruppen vom Prä- zum Posttest, die Kontrollgruppe jedoch nicht (ebd.). Vom Post- zum Follow-Up-Test verbesserte sich die Kontrollgruppe sowohl in der Gleichgewichts- als auch in der Kraftverstärkungsfunktion (ebd.). Dennoch war die Gruppe, die mit unähnlichen Beispielen lernte, in der Kraftverstärkungsfunktion der Kontrollgruppe auch zum Follow-Up-Zeitpunkt signifikant überlegen (ebd.). Das deutet darauf hin, dass unähnliche Beispiele den Erwerb konzeptuellen Wissens unterstützen können (ebd.). Dies liegt vermutlich daran, dass sie die Aufmerksamkeit stärker auf die konzeptuell relevanten strukturellen Ähnlichkeiten lenken.

Naber (2016) konstruierte das Experimentiermaterial für ihre Studie ebenfalls so, dass der Fokus der Kinder auf die Variation strukturell relevanter Merkmale gelenkt wurde. Dabei wurde eine Variablenkontrollstrategie angewendet: Es wurde entweder der Kraftarm oder der Lastarm variiert. In zwei Versuchsgruppen wurden zusätzlich Abbildungen der Hebel verwendet. Die Bilder entsprachen im Wesentlichen den Bildern, die im Test verwendet wurden. Sie wurden mit den Lernenden in der Intervention besprochen, aber nicht explizit mit den realen Schubkarren verknüpft.

Die Gruppe, der diese Bilder zusätzlich zum handelnden Ausprobieren am Material zur Verfügung gestellt wurden, lernte mehr über Hebelwirkung als die Gruppe ohne Bilder. Allerdings führte der Einsatz von verbalen Unterstützungsmaßnahmen in den meisten Teilkonzepten zu einem größeren Lernzuwachs. Die Kombination aus Bildern und verbalen Unterstützungsmaßnahmen unterschied sich in den meisten untersuchten Teilkonzepten in dieser Studie nicht signifikant vom Einsatz verbaler Unterstützungsmaßnahmen ohne Bilder. Für die vorliegende Arbeit wird daraus gefolgert, dass verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung des Verständnisses von Hebelwirkung bei jungen Kindern bedeutsamer sind, als Makro-Scaffolding durch Bilder.

### *9.3.2 Makro-Scaffolding zur Förderung von Bildungssprache*

Zur Förderung von Bildungssprache scheint Makro-Scaffolding durch das Schaffen kontext-reduzierten Situationen zentral zu sein, da raum-zeitliche Trennung vom Gesprächsgegenstand ein zeigendes Verweisen unmöglich macht und deshalb eine stärkere Versprachlichung der andernfalls offensichtlichen Aspekte der Experimentiersituation erfordert (vgl. Kapitel II). Dies kann auch bei der Gestaltung von naturwissenschaftlichen Lehr-Lernumgebungen berücksichtigt werden, wie das Scaffolding-Konzept von Gibbons (2002, 2006, 2009) zeigt. In diesem Konzept wird Makro-Scaffolding in Kombination mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt. Das Makro-Scaffolding dient dazu, die Schüler\_innen schrittweise an eine konzeptionell und medial schriftliche Kommunikation über das jeweilige im Unterricht behandelte Experiment heranzuführen. Ein zentrales Element dieses Ansatzes ist die deutliche Trennung von Experimentier- und Gesprächssituation, sodass bei den Gesprächsphasen kein handelnder Zugriff auf das Material besteht (raum-zeitliche Trennung zur Herausforderung von Bildungssprache) und bei der Durchführung kein Fokus auf den sprachlichen Äußerun-

gen liegt. Neben der raum-zeitlichen Trennung zur Herausforderung von Bildungssprache soll durch die Trennung von Gesprächs- und Durchführungsphasen auch die kognitive Belastung der Lernenden reduziert werden. Es wird davon ausgegangen, dass sowohl die angemessene Versprachlichung als auch die Organisation der Durchführung und genaue Beobachtung viel kognitive Kapazität in Anspruch nehmen und dass die Lernenden nicht beide Herausforderungen gleichzeitig bewältigen können (ebd.).

Das Konzept von Gibbons (2002, 2006, 2009) wurde auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse entwickelt und im Unterricht sowohl in englischsprachigen weiterführenden Schulen (Gibbons, 2006) als auch in deutschen Grundschulen (Quehl & Trapp, 2013) erprobt, es liegt aber keine (quasi-)experimentelle Untersuchung vor, die die Wirksamkeit eindeutig belegt. Zudem ist unklar, ob das Konzept auf den Vorschulbereich übertragbar ist.

Für die Übertragbarkeit des Vorgehens auf Vorschulkinder spricht das *Psychological Distancing Model* (Sigel, 2002), das die Distanzierung vom konkreten Hier und Jetzt als zentral für die Förderung von Vorschulkindern ansieht. Eine frühpädagogische Methode, die diese Idee aufnimmt ist *Plan-Do-Review* aus dem High/Scope Curriculum (Hohmann, Weikart & Epstein, 2008). Die Methode zeichnet sich dadurch aus, dass die Freispielzeit (Do-Phase) durch eine Planungsphase vorbereitet und durch eine Reflexionsphase nachbereitet wird. Planen und Reflektieren finden in einer Kleingruppe im Gesprächskreis mit einer pädagogischen Fachkraft statt. Jedes Kind entwickelt in der Planungsphase mit Unterstützung durch die pädagogische Fachkraft eine Spielidee. Mehrere Kinder können auch gemeinsame Spielpläne entwickeln. In der Reflexionsphase berichten die Kinder über ihre Erfahrungen und es können bereits Impulse für weitere Spielideen entstehen, die z.B. beim Planen am nächsten Tag wieder aufgegriffen werden können.

Die Planungs- und Reflexionsphasen sind bei dieser Methode als **kontext-reduzierte** Gespräche mit **verbalen Unterstützungsmaßnahmen** angelegt, da die Kinder außerhalb der Spielsituation über ihre in der nahen Zukunft oder nahen Vergangenheit liegenden Spielerlebnisse erzählen. Die tatsächlichen Spielerlebnisse und -materialien sind in der Gesprächssituation nicht greifbar. Dies erzeugt außerdem eine **kognitive Distanzierung**, da Handlungspläne oder Erinnerungen in Worte gefasst werden sollen und nicht das konkrete Hier und Jetzt.

### **Kontext-reduzierte Gespräche zur sprachlichen Förderung von Vorschulkindern**

Inwiefern die Methode des *Plan-Do-Review* sprachförderlich ist, untersuchte Römstedt (2016, 2017) gegenüber einer nicht geförderten Kontrollgruppe und einer Gruppe, die mit dem Dialogischen Lesen gefördert wurde an N = 85 Kita-Kindern (mittleres Alter 4;8 Jahre). Die sprachlichen Fähigkeiten wurden erhoben als Erzählfähigkeit (Delfin 4 (Fried, 2009b) und Delfin 5 (Fried, 2010a)), welche als eine bildungssprachliche Fähigkeit von Kita-Kindern eingeordnet wird (Fried, 2010b), und als Grammatikverständnis (TROG-D; Fox, 2013). Die Studie zeigte, dass beide Fördermethoden stärkere sprachliche Fortschritte bei den Kindern erzielten als die Kontrollgruppe und dass *Plan-Do-Review*

die Kinder v.a. im Grammatikverständnis stärker förderte, als das Dialogische Lesen, obwohl in beiden Gruppen vergleichbare verbale Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt wurden (Römstedt, 2016, 2017). Eine Erklärung könnte sein, dass bei *Plan-Do-Review* Kinder häufiger in kontext-reduzierte Gespräche involviert waren als Kinder beim Dialogischen Lesen (A. Römstedt, persönl. Mitteilung, Herbst 2015). Grund hierfür ist, dass beim Planen und Reflektieren in der Methode *Plan-Do-Review* immer eine kontext-reduzierte Gesprächssituation vorliegt, beim Dialogischen Lesen hingegen auch Fragen mit Bezug zur Geschichte gestellt werden und somit eine geringere Distanzierung vorliegt (Sigel, 2002).

Wie der Erwerb von bildungssprachlichem Wortschatz („Tier 2 Words“, vgl. Beck & McKeown, 2001) von Vorschulkindern am besten gefördert werden kann, untersuchte Silverman (2007). Die Studie umfasste drei Versuchsgruppen, die mit den gleichen Bilderbüchern für die gleiche Zeit gefördert wurden, um die gleichen Zielworte zu lernen. Für die Förderung wurden sechs Bilderbücher mit je fünf Zielworten ausgewählt. Jedes Bilderbuch wurde an drei Tagen jeweils für ca. 30 Min. behandelt, sodass insgesamt 18 Fördereinheiten á 30 Minuten in einem Zeitraum von sechs Wochen in jeder Gruppe stattfanden. In Versuchsgruppe eins erhielten die Kinder eine explizite Wortdefinition des jeweiligen Zielwortes, sprachen darüber, was das Wort in der Geschichte bedeutet und stellten Bezüge zu ihren eigenen Erfahrungen her. Die zweite Versuchsgruppe wurde ebenfalls mit diesen Maßnahmen gefördert, differenzierte aber zusätzlich die Wortbedeutung weiter aus, sodass über den konkreten Bezug zur Geschichte und zu den eigenen Erfahrungen hinausgegangen wurde. Die dritte Gruppe entsprach der zweiten, jedoch angereichert durch Fokus auf das Verknüpfen von gesprochener und geschriebener Wortform. Bedeutsam für die vorliegende Arbeit ist, dass hier die Kontext-Reduziertheit der Gesprächssituationen variiert wird: In Gruppe eins ist Kontext-Reduziertheit lediglich durch raum-zeitliche Trennung vom Gesprächsgegenstand gegeben, inhaltlich erfolgt hingegen keine Distanzierung. Sie wird von Silverman (2007) als „contextualized“ benannt. In den Gruppen zwei und drei wird zusätzlich zur raum-zeitlichen Trennung auch eine inhaltliche Distanz bzw. Abstraktion vom Kontext der Geschichte und der Erfahrungswelt der Kinder angestrebt, sodass hier von stärkerer Kontext-Reduziertheit ausgegangen werden kann (vgl. Silverman (2007) mit Bezug auf Beck und McKeown (2001)).

Erhoben wurde in der Studie von Silverman (2007) der Wortschatz der Kinder vor und nach der Förderung mit einem in Anlehnung an den „Test of Oral Language Development P:3“ (TOLD; Newcomer & Hammill, 1997) konstruierten Test zu den Zielworten. Es wurden drei Subtests eingesetzt: (1) Die Kinder sollten das passende Bild zu einem Wort finden (bildbasierter Test zum passiven Wortschatz), (2) Worte in Relation zueinander bringen (z.B. Inwiefern ähneln sich Drachen [kite] und Vögel?) und (3) Wortbedeutungen beschreiben (kontext-reduzierte Wiedergabe). In allen Bereichen verbesserten sich Kinder der zweiten und dritten Versuchsgruppe signifikant stärker als Kinder der ersten Versuchsgruppe. Im Schnitt lernten die Kinder in diesen beiden Gruppen ca.

ein Wort pro Woche. Im aktiven Wortschatz waren die Effekte etwas größer als im passiven. Dies zeigt, dass für das Lernen von Wortbedeutungen, welche die Schnittmenge zwischen sprachlicher und konzeptueller Entwicklung darstellen (vgl. Kapitel 2.2), zusätzlich zum Bezug zur Lebenswelt der Kinder auch vielfältige Kontexte lernförderlich sind, sodass die jeweilige Wortbedeutung umfassend erworben und auch kontext-reduziert wiedergegeben werden kann. In einer Follow-Up-Untersuchung sechs Monate später konnte immer noch ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe eins ( $n = 20$ ) und drei ( $n = 17$ ) nachgewiesen werden. Trotz Vergleichbarkeit mit der ursprünglichen Stichprobe zeigte sich bei Gruppe zwei ( $n = 13$ ) kein Unterschied mehr, was aber auch an der sehr kleinen Kinderzahl liegen könnte.

### **Kontext-reduzierte Gespräche zur Sprachförderung beim naturwissenschaftlichen Experimentieren**

Für den Einsatz kontext-reduzierter Planungs- und Reflexionsphasen beim Experimentieren mit Vorschulkindern spricht, dass die Durchführungsphase von Experimenten beim naturwissenschaftlichen Experimentieren mit Kita-Kindern für Sprachförderung wenig ergiebig ist (Hövelbrinks, 2011; Rank, Hartinger et al., 2018). In kontext-reduzierten Planungs- und Reflexionsphasen werden die Kinder hingegen vermehrt zu längeren potenziell bildungssprachlichen Äußerungen angeregt (Hövelbrinks, 2011). Ob der Einsatz solcher kontext-reduzierter Gesprächsphasen beim Experimentieren mit Vorschulkindern einen sprachförderlichen Effekt hat, wurde bisher allerdings noch nicht untersucht.

## **10. Zusammenfassung**

Angemessene Unterstützung basiert in der vorliegenden Arbeit auf einem ko-konstruktivistischen Bildungsverständnis, da die Förderung von Lernprozessen sowohl die Aktivität der Lehrenden als auch der Lernenden erfordert (vgl. z.B. Helmke & Schrader, 2014; Mashburn & Pianta, 2010) und ein ko-konstruktivistisches Bildungsverständnis auf konzeptuelles Lernen fokussiert (Kunter & Voss, 2011). Um ein Kind wirksam fördern zu können, muss das Lernziel in der Zone der nächsten Entwicklung liegen, d.h. das Kind sollte das Ziel noch nicht erreicht haben, es aber mit Unterstützung erreichen können (Vygotsky, 1978).

Die Zone der nächsten Entwicklung liegt für Vorschulkinder beim Thema Hebelwirkung i.d.R. beim Teilkonzept Abstand der Balkenwaage bzw. beim Erwerb von Vorstellungen zur Bedeutung der Länge von Hebelarmen. Allerdings können auch die Teilkonzepte Gewicht und Last noch für einzelne Kinder in der Zone der nächsten Entwicklung liegen, weshalb nicht vollständig auf diesen verzichtet werden sollte. Die korrekte (multiplikative) Verknüpfung von Gewicht und Abstand zum Drehmoment ist für Vorschulkinder hingegen noch nicht bewältigbar.

Hebelwirkung kann nur verstanden werden, wenn bspw. bei einem Werkzeug nicht die Gesamtlänge betrachtet wird, sondern die Länge einzelner Teile (z.B. Griff und Schneide bei der Schere), da diese mit dem Last- und Kraftarm korrespondieren (vgl. Kapitel 1).

Es kann angenommen werden, dass der hierfür notwendige Wortschatz (Benennung der Werkzeugteile und Adjektive wie lang / länger und kurz / kürzer) in der Zone der nächsten Entwicklung liegt, ebenso wie spezifische Verben zur Benennung der Tätigkeiten im Umgang mit den Hebeln. Auf grammatikalischer Ebene können unpersönliche Konstruktionen (z.B. Formulierungen mit „man“) und die Verwendung von Nebensätzen (weil, wenn-dann) angestrebt werden, welche ebenfalls für die Kommunikation über Hebelwirkung relevant sind.

Unterstützung in der Zone der nächsten Entwicklung wird auch als Scaffolding bezeichnet (Hammond & Gibbons, 2001; Wood et al., 1976). Sie sollte aus Sicht des Psychological Distancing Model so gestaltet sein, dass Kinder zu kognitiven Operationen herausgefordert werden, die das im Hier und Jetzt Offensichtliche transzendieren (Sigel, 2002). Um dies zu erreichen kann die pädagogische Fachkraft Makro-Scaffolding einsetzen, das durch Mikro-Scaffolding in Form von verbalen Unterstützungsmaßnahmen ergänzt wird (Hammond & Gibbons, 2001; Naber, 2016).

Verbale Unterstützungsmaßnahmen fördern das sprachliche und kognitive Lernen, indem sie die Kinder in einen längerfristigen sprachlichen Gedankenaustausch mit anderen Personen bringen, bei dem u.a. ihr Vorwissen aktiviert wird und /oder sie bisherige Lernprozesse reflektieren (Leuchter & Plöger, 2015; Siraj-Blatchford et al., 2002).

Makro-Scaffolding bezieht sich auf die Gestaltung der Lernumgebung, indem bspw. eine bestimmte Unterrichtsmethode gewählt, bestimmtes Material bereitgestellt oder der Unterrichtsinhalt sequenziert wird (Hammond, 2001; Naber, 2016).

Die gleichzeitige Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und Bildungssprache bei Vorschulkindern durch Experimentieren wurde noch kaum untersucht. Einen ersten Hinweis, dass ein naturwissenschaftliches Angebot, das auf forschendem Lernen basiert, positiv auf die Entwicklung naturwissenschaftlicher Konzepte und Sprache bei Vorschulkindern wirkt, gibt die Evaluation von ScienceStart! (French, 2004). Allerdings werden dort Konzepte sprachbasiert erhoben und es wird kein Fokus auf Bildungssprache gelegt. Zudem werden nicht die Effekte bestimmter Bestandteile des Curriculums evaluiert, sondern die Wirksamkeit des Ansatzes insgesamt.

Der Forschungsstand zur Förderung des konzeptuellen Verständnisses von Hebelwirkung bei Vorschulkindern durch verbale Unterstützungsmaßnahmen legt nahe, dass eine Kombination verschiedener Maßnahmen eingesetzt werden sollte, die Kinder zu einem hohen Distanzierungslevel herausfordern und es ermöglichen, sowohl die Aufmerksamkeit der Kinder auf relevante Merkmale zu lenken, als auch ihr Vorwissen zu aktivieren und ihr Wissen zu verändern. Studien zur Veränderung von Konzepten durch Experimentieren widersprechen dem nicht, ergänzen aber, dass Experimentieren und die Verknüpfung mit Alltagserfahrungen ebenfalls bedeutsam für das konzeptuelle Lernen in der frühen Kindheit sind.

Diese und weitere verbale Unterstützungsmaßnahmen werden als zentrale Methode vorschulischer Sprachförderung angesehen und können bildungssprachlichen Wort-

schatz fördern (Beck et al., 2008; Hamre et al., 2013; Kammermeyer et al., 2017). Naturwissenschaftliche Lehr-Lern-Situationen scheinen einen geeigneten Rahmen zum Einsatz solcher Förderstrategien zu bieten (Pauen & Kästner, 2018; Rank, Wildemann et al., 2018) - besonders in den Reflexionsphasen, da hier Fragen nach Erklärungen mit hohem Distanzierungslevel gestellt werden, welche längere Äußerungen von Kindern elizitieren (Rank, Wildemann et al., 2018; Röhner et al., 2009).

Makro-Scaffolding durch vorstrukturiertes Experimentieren (Laborieren) ist typisch für ko-konstruktivistische naturwissenschaftliche Förderung im vorschulischen Bereich. Experimentieren kann grob in drei Phasen eingeteilt werden: (1) Die Planungsphase umfasst das Entwickeln von Fragestellungen und Hypothesen und Überlegungen dazu, wie diese überprüft werden können. (2) In der Durchführungsphase wird der Versuch ausgeführt und beobachtet. (3) Nach dem Versuch (Auswertungs-/Interpretationsphase) werden die Ergebnisse aufbereitet zu Darstellungen, welche genutzt werden, um die Fragestellung zu beantworten (Stiftung Haus der kleinen Forscher, 2013).

Zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte scheint eine problemorientierte Lernumgebung mit Strukturierung und verbalen Unterstützungsmaßnahmen von Vorteil zu sein, insbesondere für Kinder mit geringeren Fähigkeiten zum problemlösenden Denken (Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Möller, Jonen, Hardy & Stern, 2002). Zur Förderung des Verständnisses von Hebelwirkung sollten zudem Materialien eingesetzt werden, die den Fokus auf die konzeptuell relevanten Merkmale lenken. Dies kann bspw. erreicht werden, indem Vergleiche zwischen unähnlichen Beispielen angeregt werden (Schwelle, 2016). Der Einsatz von Bildern hatte in Kombination mit verbale Unterstützungsmaßnahmen nahezu keinen zusätzlichen Effekt auf das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung im Vergleich zum alleinigen Einsatz von verbalen Unterstützungsmaßnahmen (Naber, 2016). Distanzierung wurde zwar in allen Studien realisiert, diese wurde aber nicht variiert, sodass keine Aussagen über den Effekt von Distanzierung durch Makro-Scaffolding auf naturwissenschaftliche Effekte von Vorschulkindern gemacht werden können.

Zur Förderung von Bildungssprache scheinen kontext-reduzierte Gespräche eine zentrale Maßnahme des Makro-Scaffolding zu sein, welche sich in der Planungs- und Reflexionsphase des Experimentierens realisieren lässt (Gibbons, 2002, 2006, 2009; Quehl & Trapp, 2013). Dies wurde aber noch nicht experimentell überprüft. Für den Einsatz dieser Form des Makro-Scaffolding spricht das Psychological Distancing Model (Sigel, 2002), welches in der frühpädagogischen Methode Plan-Do-Review aus dem High/Scope Curriculum (Hohmann et al., 2008) berücksichtigt wird (vgl. Epstein, 2003). Plan-Do-Review war in der Studie von Römstedt (2016) dem Dialogischen Lesen zur Förderung von (Bildungs-)Sprache überlegen. Besonders gewinnbringend zur Förderung bildungssprachlichen Wortschatzes scheint die Kombination von Kontext-Reduziertheit durch raum-zeitliche Trennung und zusätzliche inhaltliche Distanzierung durch Abstraktion (vgl. Sigel, 2002) zu sein (Silverman, 2007). Diese wäre beim naturwissenschaftlichen Experimentieren in der Planungs- und Reflexionsphase gegeben, sofern die Kinder in diesen Phasen keinen direkten Zugriff auf das Experimentiermaterial

haben. Ob dieses Vorgehen tatsächlich zur Förderung von Bildungssprache bei Vorschulkindern geeignet ist und ob es auch günstige Bedingungen für die Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte bietet, wurde noch nicht untersucht.

## IV. Zusammenfassung, Forschungsfragen und Hypothesen

### 11. Zusammenfassung des Theorieteils und Verdeutlichung der Forschungslücke

#### 11.1 Naturwissenschaftliche Konzepte am Beispiel Hebelwirkung

Naturwissenschaftliche Konzepte können einerseits als Wissen von Personen betrachtet werden und andererseits als allgemein anerkannter fachwissenschaftlicher Wissensbestand, über den eine Person mehr oder weniger verfügen kann. Als solcher Wissensbestand wurde Hebelwirkung vorgestellt (Kapitel 1). Konzepte im Sinne individuellen Wissens wurden in der vorliegenden Arbeit (Kapitel 2.3) definiert als *mentale Repräsentationen naturwissenschaftlicher Sachverhalte, die die Grundfunktionen Kategorisierung, Inferenz und Kommunikation erfüllen und der fachlich korrekten Verknüpfung von mindestens zwei einfachen Propositionen entsprechen*.

Verfügt eine Person über korrekte fachwissenschaftliche Konzepte, hat sie strukturiertes und vernetztes Begriffswissen zum jeweiligen Konzept. Am Beispiel Hebelwirkung bedeutet dies, dass die Person über das Hebelgesetz verfügt: Das Produkt aus dem Betrag der Kraft, die am Hebelarm angreift, und dem Abstand ihres Angriffspunktes vom Drehpunkt bildet das Drehmoment. Ist dieses an beiden Hebelarmen gleich groß, ist der Hebel (z.B. eine Balkenwaage) im Gleichgewicht. Es müssen also sowohl die Größe der Kraft als auch der Abstand ihres Angriffspunktes vom Drehpunkt an beiden Hebelarmen berücksichtigt werden.

Fachlich inkorrekte Konzepte sind dem Fragmentierungsansatz zufolge lücken- oder bruchstückhaft. Wo Kinder nicht auf naturwissenschaftliche Konzepte zurückgreifen können (bei Lücken in Konzepten oder gänzlich fehlenden Konzepten), nutzen sie p-prims (Alltagsvorstellungen). P-prims entsprechen einzelnen Propositionen, die allenfalls spontan in der Anwendungssituation zueinander in Beziehung gesetzt werden. Sie stellen daher keine naturwissenschaftlichen Konzepte dar.

Am Beispiel Hebelwirkung können fehlerhafte Konzepte beispielsweise dazu führen, dass Kinder den Abstand gar nicht als relevantes Merkmal berücksichtigen. Wenden Kinder p-prims an, könnten sie alltäglich relevante Merkmale von Gegenständen einbeziehen, die aus naturwissenschaftlicher Sicht für Hebelwirkung nicht relevant sind.

Die Weiterentwicklung zu fachlich korrekten Konzepten kann u.a. erreicht werden, indem das bisherige lückenhafte konzeptuelle Wissen um weitere fachlich korrekte Propositionen (d.h. Beziehungen zwischen mind. zwei Begriffen) ergänzt wird. Vorschulkinder können die multiplikative Verknüpfung von Kraft und Hebelarm sowohl aus kognitionspsychologischer als auch aus empirischer Sicht noch nicht leisten. Dennoch erscheint eine Förderung von Vorstellungen zu Hebelwirkung sinnvoll, da Kinder in diesem Alter i.d.R. noch nicht über Vorstellungen zur Bedeutung der Länge der Hebelarme verfügen und einige Kinder auch die Teilkonzepte zu Gewicht und Last noch nicht sicher beherrschen. Zwar scheint sich dieses Verständnis an der Balkenwaage im Laufe

der Entwicklung auch von alleine einzustellen, an Werkzeugen können bei Vorschulkindern aber auch Fehlkonzepte zur Bedeutung der Hebelarme durch die Verwendung von p-prims beobachtet werden. Der Erwerb wissenschaftlich angemessener Vorstellungen zu Abstand / Last- und Kraftarm liegt für die Mehrheit der Vorschulkinder in der Zone der nächsten Entwicklung. Vereinzelt kann auch die Entwicklung von Vorstellungen zu Gewicht / Last noch in der Zone der nächsten Entwicklung liegen.

Zur Unterstützung der (Weiter-)Entwicklung von Vorstellungen über Hebelwirkung bei Vorschulkindern hat sich in bisherigen Studien eine Kombination aus handelnden Erfahrungen am Material kombiniert mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen, wie sie beim Experimentieren umgesetzt werden kann, als zielführend erwiesen. Die Kinder sollten in der Planungsphase dazu angeregt werden, Vorhersagen aufgrund ihres Vorwissens bzw. ihrer Alltagserfahrungen zu machen, um diese in der Durchführungsphase zu überprüfen. In der Reflexionsphase werden die Erkenntnisse und mögliche Erklärungen zusammengetragen. Bei der Vorbereitung der Lehr-Lern-Situation sollte ggf. eine Sequenzierung der Inhalte nach Schwierigkeit angestrebt werden, da sich dies günstig auf die Entwicklung von naturwissenschaftlichen Konzepten auszuwirken scheint. Bei der Materialauswahl sollte berücksichtigt werden, dass Hebel aus fachdidaktischer Perspektive einerseits danach unterschieden werden, ob sie vornehmlich zur Kraftverstärkung eingesetzt werden oder das Herstellen eines Gleichgewichtes im Fokus steht und andererseits nach ihrer äußeren Erscheinung, bei der die Offensichtlichkeit der konzeptuell bedeutsamen Strukturen (Hebelarme und Drehpunkt) eine wesentliche Rolle spielt. Dies kann genutzt werden, um neben ähnlichen auch unähnliche Beispiele in die Förderung einzubeziehen, da diese die Fokussierung auf konzeptuell relevante Merkmale in besonderem Maße erfordern, um Gemeinsamkeit zu erkennen.

## 11.2 Bildungssprache

Sprache macht es möglich, über Konzepte zu kommunizieren, d.h. sie ist ein Denkwerkzeug und dient dem Austausch über konzeptuelle Vorstellungen. Dies sind wesentliche Funktionen von Bildungssprache, die mit bestimmten lexikalischen und grammatikalischen Mitteln, einem sprachlichen Register, in Verbindung stehen (Halliday, 1978). Das sprachliche Register wird bestimmt durch das institutionelle Setting und den Gesprächsinhalt (field), die Art der Beziehung, in der die Interaktionspartner zu einander stehen (tenor) sowie den Kommunikationskanal und welche Funktion Sprache dabei erfüllt (mode).

Bildungssprache wird mit Hilfe des Nähe-Distanz-Modells (Koch & Österreicher 1985) als sprachliches Register beschrieben, das in Kommunikationssituationen auftritt, in denen über komplexe und / oder abstrakte Inhalte kommuniziert wird, die Interaktionspartner sich eher fremd sind, eine raum-zeitliche Trennung vorliegt und eher monologische Kommunikationsbeiträge mit Themenfixierung verfasst werden. Entscheidend für die Verwendung bildungssprachlicher Mittel scheint bei Vorschulkindern v.a. die raum-zeitliche Trennung vom Inhalt zu sein, wobei eine zusätzliche Themenfixierung vielver-

sprechend erscheint, da auch diese mit der Verwendung bildungssprachlicher Mittel zusammenhängt. Themenfixierung kann in einer Fördersituation durch die Fokussierung auf ein naturwissenschaftliches Konzept (z.B. Hebelwirkung) erreicht werden.

Naturwissenschaftliche Konzepte stellen komplexe und abstrakte Inhalte dar. Um angemessen über diese zu kommunizieren, ist ein präziser Wortschatz (z.B. bei Hebelwirkung die Bezeichnung der Hebelarme, des Drehpunktes, der Last und deren Eigenschaften und Verhältnis zueinander) ebenso nötig, wie die Verwendung bestimmter grammatikalischer Mittel (z.B. unpersönliche Konstruktionen, Nominalphrasen und Nebensätze). Bei Vorschulkindern bedeutet dies u.a., dass sie über Wortschatz verfügen für einzelne Teile der Hebel und für die verwendeten Materialien (Nomen), für relevanten Eigenschaften der verwendeten Hebel und Materialien (Adjektive) und für die mit den Hebeln ausgeführten Tätigkeiten (Verben). Auf grammatikalischer Ebene sind besonders Konditional- und Kausalsätze notwendig, um inhaltlich bedeutsame Zusammenhänge zu formulieren. Unpersönliche Formulierungen (Passiv oder Ersatzkonstruktionen z.B. mit „man“) sind notwendig, wenn es um allgemeine Gesetzmäßigkeiten geht und nicht um individuelle Erfahrungen. Der Einsatz dieser sprachlichen Mittel zur Verbalisierung von Erfahrungen mit Hebeln und Wissen über Hebelwirkung liegt vermutlich bei den meisten Vorschulkindern in der Zone der nächsten Entwicklung.

Zur Förderung von Bildungssprache sind verbale Unterstützungsmaßnahmen bedeutsam, die Kinder zu längeren Äußerungen anregen, die über das im Hier und Jetzt greifbare hinausgehen. Dies sind offene Fragen, die auch bei der Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte eine wesentliche Rolle spielen. Zusätzlich benötigen Kinder aber auch ein sprachliches Modell und korrekatives Feedback (z.B. durch handlungsbegleitendes Sprechen oder indem ihre Äußerung in erweiterter oder korrigierter Form wiederholt wird). Die Anregung längerer, distanzsprachlicher Äußerungen kann auch durch das Herstellen einer kontext-reduzierten Gesprächssituation erreicht werden. Bei Gesprächen über alltägliche Spielmöglichkeiten von Kita-Kindern mit der Methode *Plan-Do-Review* scheint sich dies besonders positiv auf die Entwicklung bildungssprachlicher Fähigkeiten auszuwirken. Zudem ist die Methode gut vereinbar mit der Förderung im Rahmen des Experimentierens (vgl. Kapitel 9.3).

### 11.3 Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und bildungssprachlicher Fähigkeiten von Vorschulkindern am Beispiel Hebelwirkung

Studien deuten darauf hin, dass Vorschul Kinder durch Experimente Fachwissen über naturwissenschaftliche Sachverhalte erwerben können (vgl. Gottwald, 2016; Windt, 2011) und dass Experimentiersituationen im Sinne des forschenden Lernens auch zur Sprachförderung genutzt werden können (Gottwald, 2016; Hopf, 2012). Die Förderung durch Experimentieren steht in engem Zusammenhang mit einem (ko-)konstruktivistischen Verständnis von Lehren und Lernen (vgl. z.B. Hardy et al., 2006; Leuchter & Saalbach, 2014; Rückl, 2019). Es ist davon auszugehen, dass diese Förderung nur dann die erwarteten Effekte erzielt, wenn hochwertige Lernunterstützung durch verbale Unterstützungsmaßnahmen erfolgt (vgl. z.B. Kammermeyer et al., 2017; Steffensky et al.,

2012). Auch Maßnahmen des Makro-Scaffolding können sich positiv auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte (z.B. Leuchter et al., 2014) und bildungssprachlicher Fähigkeiten auswirken (z.B. Silverman, 2007). Allerdings ist unklar, wie sich Makro-Scaffolding durch kontext-reduzierte Gespräche im Rahmen von Experimentiersituationen auf naturwissenschaftliche Konzepte und Bildungssprache von Vorschulkindern auswirken. Dies soll in der vorliegenden Arbeit am Beispiel Hebelwirkung untersucht werden.

Die übergeordnete Forschungsfrage der Arbeit lautet daher: „Welche Effekte haben kontext-reduzierte Gespräche auf das Konzept Hebelwirkung und die damit verbundene Bildungssprache von Vorschulkindern?“

Unter kontext-reduzierten Gesprächen werden im Folgenden Gespräche in der Planungs- und Reflexionsphase von Experimenten verstanden, welche ohne handelnden Zugriff auf das Experimentiermaterial stattfinden. Im Gegensatz dazu werden Planungs- und Reflexionsphasen, bei denen die Kinder Handlungen am Material vollziehen können, als kontextualisiert bezeichnet. Förderung beinhaltet im Folgenden immer den Einsatz verbaler Unterstützungsmaßnahmen, auch wenn diese nicht explizit erwähnt werden.

Um die Effekte kontext-reduzierter Gespräche auf naturwissenschaftliche Konzepte und Bildungssprache von Vorschulkindern untersuchen zu können, ist eine für Vorschulkinder geeignete Lernumgebung notwendig, in der naturwissenschaftliches Experimentieren und kontext-reduzierte Gespräche zur Förderung kombiniert werden. Wie diese aus theoretischer Sicht am Beispiel Hebelwirkung gestaltet werden sollte, wird im Folgenden beschrieben.

### *11.3.1 Rahmenbedingungen der Lernumgebung*

Der Forschungsstand zur Förderung von Bildungssprache und naturwissenschaftlichen Konzepten von Vorschulkindern legt nahe, dass für die Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und Bildungssprache bei Vorschulkindern eine Lernumgebung erfolgversprechend ist, in der Kinder im Sinne des Forschungskreises experimentieren und die pädagogische Fachkraft den Lernprozess durch verbale Unterstützungsmaßnahmen mit kognitiver Distanzierung unterstützt (vgl. Tabelle 11). Für die Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte ist darüber hinaus die Gestaltung des Experimentiermaterials wichtig. Es sollte die Aufmerksamkeit der Kinder auf konzeptuell bedeutsame Merkmale lenken. Zur Förderung von Bildungssprache sollten die verbalen Unterstützungsmaßnahmen in kontext-reduzierten Gesprächen stattfinden.

Tabelle 11:  
*erfolgsversprechende Merkmale der Lernumgebung*

Merkmals der Förderung	Bildungssprache	Naturwissenschaftliche Konzepte
Verbale Unterstützungsmaßnahmen mit kognitiver Distanzierung	Beck & McKeown, 2001; Silverman, 2007	Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Möller et al., 2002
Experimentieren im Sinne des Forschungskreises / Plan–Observe–Reflect	Pauen & Kästner, 2018; Rank, Wildemann et al., 2018; Röhner et al., 2009	French, 2004; Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Möller et al., 2002
Experimentiermaterial, das Aufmerksamkeit auf konzeptuell bedeutsame Merkmale lenkt	--	Naber, 2016; Schwelle, 2016
Kontext-reduzierte Gespräche mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen	Gibbons, 2006; Quehl & Trapp, 2013; Römstedt, 2017; A. Römstedt, persönl. Mitteilung, Herbst 2015; Silverman, 2007	--

Eine Methode, die es erlaubt, **verbale Unterstützungsmaßnahmen mit kognitiver Distanzierung** und **kontext-reduzierte Gespräche** zu vereinen, und sich bereits im Kita-Alltag als sprachförderlich erwiesen hat (Römstedt, 2016), ist *Plan–Do–Review* aus dem High/Scope Curriculum (Hohmann et al., 2008). Die drei Phasen der Methode können sehr gut mit den Phasen naturwissenschaftlichen Experimentierens **Plan–Observe–Reflect** (Treagust & Tsui, 2014) in Deckung gebracht werden, sodass eine Kombination mit naturwissenschaftlicher Förderung möglich ist. Die Do-Phase entspricht dann einer Experimentierphase, in der Experimente durchgeführt und Beobachtungen gemacht werden. In der Planungsphase überlegen die Vorschulkinder unterstützt durch eine pädagogische Fachkraft, mit welchen Fragen / Experimenten sie sich in der Experimentierzeit beschäftigen möchten und was sie dabei herausfinden möchten. In der Reflexionsphase berichten die Kinder unterstützt durch eine pädagogische Fachkraft über ihre Erfahrungen beim Experimentieren. Es können Erkenntnisse zusammengetragen und neue Fragen entwickelt werden, die beim nächsten Planen wieder aufgegriffen werden können. Die Gestaltung der Experimente und die Materialauswahl werden von der Methode nicht festgelegt. *Plan–Do–Review* erfordert lediglich, dass mehrere Experimente oder

Materialien zur Auswahl stehen, da die Methode ursprünglich auf die Planung und Reflexion von Freiem Spiel ausgelegt ist.

### *11.3.2 Materialauswahl für die Experimentierphase*

Bei der Auswahl der Experimentiermaterialien ist die Passung mit dem kognitiven Entwicklungsstand von Vorschulkindern, der ausgewählten Methode und mit weiteren Maßnahmen zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte zu berücksichtigen. Es muss u.a. beachtet werden, dass Vorschulkinder die Variablenkontrollstrategie noch nicht beherrschen (Sodian & Mayer, 2013). Innerhalb eines Experiments sollten deshalb Hebel ausgewählt werden, die sich in nur einem Merkmal unterscheiden (vgl. Naber, 2016). Zudem ist davon auszugehen, dass Vorschulkinder gezielte Unterstützung bei der Identifikation relevanter Merkmale von Hebelwirkung benötigen (aufmerksamkeitslenkende Hinweise), um ihr konzeptuelles Wissen weiterzuentwickeln (vgl. Naber, 2016). Diese können im Rahmen von Plan–Do–Review in der vorliegenden Arbeit nur durch verbale Unterstützungsmaßnahmen in den Planungs- und Reflexionsphasen gegeben werden. Deshalb ist es wichtig, dass Kinder sich an ihre Aktivitäten und Erfahrungen aus der Do-Phase erinnern und diese in den Gesprächsphasen mit relevanten Merkmalen von Hebeln in Verbindung bringen können. Um dies zu erleichtern, sollten nur Hebel in die Lernumgebung aufgenommen werden, bei denen die relevanten Merkmale recht offensichtlich sind. Bei zweiseitigen Hebeln sind Last- und Kraftarm durch den Drehpunkt getrennt und somit optisch leichter unterscheidbar als bei einseitigen Hebeln. Zweiseitige Hebel sind deshalb besser geeignet, um das Konzept Hebelwirkung bei Vorschulkindern zu fördern.

Schwelle (2016) zeigte, dass Kinder vom Lernen mit unähnlichen Beispielen beim Thema Hebelwirkung profitieren. In Kapitel 1 wurden folgende Kriterien zur Bestimmung von (Un-)Ähnlichkeit vorgestellt:

- Anzahl der Hebelarme: Einfache / doppelte Hebel
- Funktion: Kraftverstärkung / Gleichgewicht
- Lage des Drehpunktes: Einseitige / zweiseitige Hebel
- Offensichtlichkeit von (Gewichte bzw. Last und Kraft)
- Variierbarkeit der relevanten Bestandteile (Drehpunkt, Hebelarme und einwirkende Kräfte)

Von diesen Unähnlichkeitskriterien sind mit dem kognitiven Entwicklungsstand von Vorschulkindern und der Lernumgebung nur „Anzahl der Hebelarme“ und „Funktion“ vereinbar. Es ist davon auszugehen, dass Vorschulkinder die Unterschiedlichkeit zwischen einfachen zweiseitigen Hebeln mit Kraftverstärkungsfunktion (z.B. Nageleisen) und doppelten zweiseitigen Hebeln mit Kraftverstärkungsfunktion (z.B. Scheren oder Zangen) als relativ hoch einschätzen, da diese eine recht unterschiedliche Form haben. Das Unterschiedskriterium „Funktion“ spielt besonders bei zweiseitigen Hebeln eine Rolle. Es wird davon ausgegangen, dass gerade aufgrund der unterschiedlichen Funktion von Balkenwaage und Werkzeugen diese von Vorschulkindern als unterschiedlich

eingeschätzt werden. Es können also hinsichtlich „Funktion“ und „Anzahl der Hebelarme“ unähnliche Hebel herangezogen werden.

Um das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung im Sinne von Regelwissen bzgl. der einzelnen Teilkonzepte (vgl. Kapitel 2.3: Gewicht / Last, Abstand / Last- und Kraftarm) entwickeln zu können, ist es wichtig, dass die Kinder die Gültigkeit der Regeln an verschiedenen Gegenständen gleichermaßen erfahren. Die Erfahrung der Regelmäßigkeit über verschiedene Gegenstände hinweg ermöglicht es, die konzeptuell relevanten Gemeinsamkeiten der Gegenstände im Rahmen der Gesprächsphasen zu thematisieren (vgl. Schwelle, 2016). Bspw. kann die Gleichgewichtsfunktion sowohl mit verschiedenen Balkenwaagen als auch mit Mobiles erfahren werden. Zur Sicherstellung der Variablenkontrolle sollten auch Balkenwaagen und Mobiles zur Verfügung stehen, bei denen nur das Gewicht und nicht der Abstand variiert werden kann (und umgekehrt). Die Rolle des Kraftarms kann an verschiedenen Werkzeugen durch die Variation der Grifflänge erreicht werden, sodass bei jeder Werkzeugart je eines mit kurzem, eines mit langem und eines mit mittellangem Griff zur Verfügung steht. So kann eine Experimentierreihe zum Kraftarm zur Verfügung gestellt werden, in der es für jede Werkzeugart ein Experiment zum Kraftarm gibt. In einer weiteren Experimentierreihe kann in vergleichbarer Weise der Lastarm variiert werden und in einer dritten die Last. Mit Hilfe dieser Experimente können Kinder die Regelmäßigkeit der einzelnen Teilkonzepte von Hebelwirkung an vielfältigen Beispielen erfahren. Diese Erfahrungen sollten im Rahmen von Planungs- und Reflexionsgesprächen sprachlich begleitet werden, um sowohl das konzeptuelle Verständnis als auch die bildungssprachliche Lexik und Grammatik zu fördern.

### *11.3.3 Länge und Sequenzierung*

Die Länge der Förderung leitet sich aus Studien zum Lernen aus Experimenten (Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014) und zur Sprachförderung mittels Plan-Do-Review (Römstedt, 2016, 2017) ab (vgl. Kapitel 9.3). Die Förderphase dauerte in diesen Studien mindestens vier (Leuchter et al., 2014) und höchstens acht Wochen (Hardy et al., 2006). Die Anzahl der Sitzungen ergibt sich bei den Studien zum Experimentieren aus den Sequenzen, in die das naturwissenschaftliche Konzept im Rahmen des Makro-Scaffolding unterteilt wird. In der vorliegenden Arbeit sind dies sechs Sequenzen plus eine Einführungs- und eine Abschluss Sitzung (vgl. Tabelle 12). Die Themen in Tabelle 12 sind entsprechend des Entwicklungsstandes zu Hebelwirkung (vgl. Kapitel 3) nach aufsteigender Schwierigkeit geordnet. Diese Sequenzierung ist eine Maßnahme des Makro-Scaffolding (Hammond & Gibbons, 2001; Hardy et al., 2006).

Tabelle 12:

*Sequenzierung zur Förderung von Teilkonzepten zweiseitiger Hebel bei Vorschulkindern*

Sequenz	Thema
1	Einführung
2	Waage Gewicht
3	Waage Abstand
4	Einführung Mobile, Vergleich Waage - Mobile
5	Last
6	Lastarm
7	Kraftarm
8	Zusammenfassung

In der ersten Sequenz erfolgen die Exploration des Materials und die Einführung in die Regeln, die für den sicheren Umgang mit dem Material in der Lernumgebung zu befolgen sind. Die in der Lernumgebung zu bearbeitende übergeordnete Fragestellung wird ebenfalls vorgestellt.

In der zweiten Sequenz wird mit dem Teilkonzept Gewicht der Waage begonnen, da viele Vorschulkinder bereits über Sieglers Regel 1 verfügen, also wissen, dass sich die Waage auf der Seite mit dem größeren Gewicht nach unten neigt (NG, KG) und sie bei gleich großen Gewichten in gleichem Abstand (NB) im Gleichgewicht ist. Dieses Wissen wird in Sitzung 2 aufgegriffen, um Kinder, die noch nicht über Regel 1 verfügen, auf diese aufmerksam zu machen und eine gemeinsame Basis zu schaffen.

Sequenz 3 legt den Fokus auf die Position von Gewichten, um den Kindern bewusst zu machen, dass der Abstand eine Rolle spielt.

Als Variante der Balkenwaage wird in Sequenz 4 das Mobile eingeführt und die Regeln zu Gewicht und Abstand werden darauf übertragen. Dies soll den Kindern ersichtlich zu machen, dass die an der Balkenwaage erkannten Regelmäßigkeiten auch auf andere Gegenstände übertragbar sein können. Die grundlegenden Vorstellungen zu Gewicht und Abstand werden in den nachfolgenden Sitzungen mit Hilfe der Werkzeuge erweitert.

Begonnen wird mit dem Teilkonzept Last (Sequenz 5), da dieser an das Teilkonzept Gewicht und die Alltagserfahrungen der Kinder anschlussfähig ist: Bei größerer Last (z.B. dickerem Karton in der Schere) „geht es schwerer“, d.h. man muss fester drücken, als bei geringerer Last.

Anschließend wird der Lastarm fokussiert (Sequenz 6), da in einer anderen Studie zu Hebelwirkung mehr korrekte Vorstellungen zum Lastarm als zum Kraftarm beobachtet

wurden (Naber, 2016). Das Teilkonzept Lastarm wird also leichter verstanden und erworben als das Teilkonzept Kraftarm.

Als letztes Teilkonzept wird der Kraftarm thematisiert (Sequenz 7), da dieser von Kindern im Alter von ca. sechs Jahren am wenigsten beherrscht wird (Naber, 2016). Hier benötigt man im Gegensatz zum Lastarm weniger Kraft, wenn der Griff länger wird und man ihn immer weit außen anfasst. So wie der Abstand das Gewicht / die Last auf der einen Seite des Werkzeugs verstärkt, verstärkt er auch die eingesetzte Kraft auf der anderen Seite. Dadurch braucht man weniger Kraft, wenn der Griff lang ist und man außen anfasst.

In Sequenz 8 werden die Erkenntnisse über die Gegenstände zusammengefasst und das Projekt endet mit dem Überreichen einer Urkunde als Anerkennung und Erinnerung für die Kinder.

#### *11.3.4 Weitere Rahmenbedingungen der Lernumgebung*

Im Rahmen von Plan–Do–Review besteht die Schwierigkeit bei der Umsetzung von Sequenzierung darin, dass in jeder Sequenz grundsätzlich alle Experimente zur Verfügung gestellt werden, damit Kinder individuell planen können (Hohmann et al., 2008). Trotz des eher freien Charakters von Plan–Do–Review kann Sequenzierung in die Lernumgebung integriert werden, wenn den Kindern ein Modell für die Planungs- und Reflexionsphasen zur Verfügung gestellt wird, welches in jeder Sequenz ein Teilkonzept von Hebelwirkung untersucht. Das Modell sollte so gewählt werden, dass es den Kindern ein Vorbild im Forschungsprozess (insbesondere beim Planen und Reflektieren) ist, ohne Experte für das Material oder Thema zu sein, sodass es selbst authentisch planen und reflektieren kann. Die Reihenfolge der Experimente, die das Modell auswählt, sollte o.a. Sequenzierung entsprechen.

Als Modell kann eine Handpuppe dienen, welche von der pädagogischen Fachkraft gespielt und mittels Rahmengeschichte in der ersten Sequenz eingeführt wird, bevor das Material exploriert wird und die Regeln besprochen werden (vgl. Christiansen, 2015). Ab der zweiten Sequenz erfolgt die Förderung mittels Plan–Do–Review in Kleingruppen, wobei die Gruppengröße sieben Kinder nicht überschreiten sollte, da Kinder in größeren Gruppen kaum detaillierte Pläne entwickeln (Hohmann et al., 2008). Die Planungs- und Reflexionsphasen umfassen jeweils ca. 10 Minuten (vgl. Hohmann et al., 2008; Leuchter et al., 2014; Römstedt, 2017). Aufgrund des begrenzten Experimentierangebotes der Lernumgebung erscheint es sinnvoll, die Do-Phase von den bei High/Scope für die Freispielzeit in Kitas vorgesehenen 60 Minuten (vgl. Hohmann et al., 2008) auf 30 Minuten zu kürzen. Daraus ergeben sich 50 Minuten Dauer pro Sequenz. Die Handpuppe initiiert jeweils die Planungs- und Reflexionsphasen, um den Kindern als Modell und Ideengeber dienen zu können. Die Kinder planen bzw. reflektieren jeweils im Anschluss an das Modell. Als zusätzliche Unterstützung beim Planen und Reflektieren werden Fotos der Materialien verwendet, damit die Kinder alle Experimentiermöglichkeiten vor Augen haben und sich auf ihre eigenen geplanten oder erinnerten Handlungen und Beobachtungen am Material konzentrieren können (vgl. Hohmann et al., 2008).

Abweichend von der typischen Ausführung von Plan–Do–Review können im Rahmen dieser Arbeit verbale Unterstützungsmaßnahmen nicht in der Do-Phase, sondern nur in den Planungs- und Reflexionsphasen eingesetzt werden, da nur so der reine Effekt kontext-reduzierter Gespräche untersucht werden kann. Der Verzicht auf verbale Unterstützungsmaßnahmen in der Do-Phase wird als unproblematisch erachtet, da für das Lernen aus naturwissenschaftlichen Experimenten die Förderung in den Planungs- und Reflexionsphasen bedeutsamer zu sein scheint (Hardy et al., 2006) und diese gleichzeitig ein größeres sprachliches Förderpotenzial bieten (Hövelbrinks, 2011; Rank, Hartinger et al., 2018).

## 12. Forschungsfragen und Hypothesen

Im Rahmen der Vorstudie wird die in Kapitel 11.3 beschriebene Lernumgebung praktisch erprobt. Daraus ergeben sich folgende Fragestellungen für die Vorstudie:

F<sub>V1</sub>: Ist die entwickelte Lernumgebung mit Vorschulkindern durchführbar?

F<sub>V2</sub>: Fördert die Lernumgebung naturwissenschaftliche Konzepte und bildungssprachliche Fähigkeiten von Vorschulkindern stärker als der Kita-Alltag?

H<sub>V1</sub>: Untersuchungen zum Kita-Alltag legen nahe, dass dort nur selten eine gezielte Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte stattfindet. Es ist daher zu erwarten, dass die gezielte Förderung von Vorschulkindern in einer Lernumgebung bei Kontrolle der kognitiven Kapazität zu einem größeren Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung führt, als die ausschließliche Teilnahme am Kita-Alltag ohne diese Lernumgebung.

H<sub>V2</sub>: Aus Studien zu pädagogischer Qualität, Sprachförderung und sustained shared thinking lässt sich ableiten, dass kontext-reduzierte Gespräche und verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache im Kita-Alltag nur selten vorkommen. Im Gegensatz dazu sollen in der Lernumgebung gezielt kontext-reduzierte Gespräche und verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache eingesetzt werden. Es ist daher zu erwarten, dass sich eine mit der Lernumgebung geförderte Gruppe von Kindern stärker in ihren bildungssprachlichen Fähigkeiten entwickelt, als eine Gruppe, die am Kita-Alltag ohne spezifische Förderung teilnimmt.

Die Hauptstudie der vorliegenden Arbeit geht unter Verwendung der aus der Theorie abgeleiteten und in der Vorstudie erprobten Lernumgebung folgender Fragestellung nach:

F<sub>H1</sub>: Welche Effekte haben kontext-reduzierte Gespräche auf Vorstellungen von Vorschulkindern zu zweiseitigen Hebeln und deren bildungssprachliche Lexik und Grammatik?

H<sub>H1</sub>: Für naturwissenschaftliche Konzepte wird auf Basis des Psychological Distancing Model (Sigel, 2002) erwartet, dass kontext-reduzierte Gespräche bei Kontrolle der kognitiven Kapazität die Entwicklung von konzeptuellen Vorstellungen zu Hebelwirkung stärker fördern als kontextualisierte (H<sub>H1a</sub>).

Weiterhin wird auf Basis bisheriger Studien (z.B. Naber, 2016; Schwelle, 2016) erwartet, dass Kinder, die mit Gesprächen über ihre Vermutungen und Erklärungen gefördert werden, bei Kontrolle der kognitiven Kapazität ihre konzeptuellen Vorstellungen zu Hebelwirkung stärker entwickeln, als Kinder, die nur handelnd mit Material umgehen (H<sub>H1b</sub>).

H<sub>H2</sub>: Mit Blick auf Bildungssprache ist sowohl aus theoretischer (Gibbons, 2006; Sigel, 2002) als auch aus empirischer Sicht (Römstedt, 2016, 2017; Silverman, 2007) zu erwarten, dass Vorschulkinder, die mit kontext-reduzierten Gesprächen gefördert werden, stärkere Fortschritte in bildungssprachlicher Lexik und Grammatik machen, als Kinder, die in kontextualisierten Gesprächen gefördert werden (H<sub>H2a</sub>).

Zudem müssten sich diese beiden sprachlich geförderten Gruppen stärker in ihren bildungssprachlichen Fähigkeiten verbessern, als Kinder ohne sprachliche Förderung (H<sub>H2b</sub>, vgl. z.B. Hamre et al., 2013).

## V. Vorstudie zur Erprobung der Methode Plan–Do–Review

Im Rahmen der Vorstudie wird die in Kapitel 11.3 beschriebene aus der Theorie abgeleitete Lernumgebung daraufhin untersucht, inwiefern die Lernumgebung mit Vorschulkindern durchführbar ist ( $F_{N1}$ ) und ob Vorschulkinder von der neuen Methode in ihrem konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung und ihrer themenbezogenen bildungssprachlichen Lexik und Grammatik stärker profitieren, als vom normalen Kita-Alltag.

### 13. Methode

#### 13.1 Design

Um untersuchen zu können, welche Effekte die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Lernumgebung auf das Verständnis von Hebelwirkung und die zugehörige Bildungssprache von Vorschulkindern hat, werden vor und nach der Intervention die abhängigen Variablen Verständnis von Hebelwirkung an zweiseitigen Hebeln und Bildungssprache zu zweiseitigen Hebeln erhoben. Bildungssprache wird darüber hinaus auch ohne Bezug zu Hebelwirkung als Erzählfähigkeit erhoben, da für die Erfassung von Bildungssprache zu Hebelwirkung noch keine erprobten Instrumente vorliegen. Die verwendeten Instrumente werden in Kapitel 13.5 vorgestellt.

Um eventuelle Effekte auf die Intervention zurückführen zu können, werden diese Variablen im gleichen Zeitraum auch bei einer weiteren Gruppe erhoben, welche nicht an der Intervention, sondern nur am Kita-Alltag ohne spezifische Förderung teilnimmt (Baselinegruppe). Somit liegt ein quasi-experimentelles Design vor (vgl. Abbildung 15).

Pretest	Intervention	Posttest
<b>Abhängige Variablen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis zweiseitiger Hebel</li> <li>• Bildungssprache „Hebelwirkung“</li> <li>• Bildungssprache „Erzählfähigkeit“</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experimentalgruppe: Plan–Do–Review 10 x 50 Minuten (n = 19)</li> <li>• Baseline (n = 16)</li> </ul>	<b>Abhängige Variablen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis zweiseitiger Hebel</li> <li>• Bildungssprache „Hebelwirkung“</li> <li>• Bildungssprache „Erzählfähigkeit“</li> </ul>
		<b>Kovariate:</b> Kognitive Kapazität

Abbildung 15. Design der Vorstudie

## 13.2 Stichprobe

Für die Stichprobengewinnung wurden größere Kitas in zunehmendem Radius um Landau/Pfalz recherchiert und zunächst telefonisch kontaktiert. Nachdem eine größere Kita bereit war an der Studie als Experimentalgruppe teilzunehmen, wurden in derselben Gemeinde weitere Kitas angefragt, in welchen die teilnehmenden Kinder lediglich zweimal im Abstand von sechs Wochen befragt werden sollten. Es konnten drei Kitas einer rheinland-pfälzischen Verbandsgemeinde zur Teilnahme an der Vorstudie gewonnen werden. Aus organisatorischen Gründen wurde die Intervention in der größten der drei Kitas durchgeführt und die beiden kleineren Kitas wurden für die ausschließliche Teilnahme an Pre- und Posttest angefragt. Auf diese Weise ergab sich eine Gelegenheitsstichprobe von  $N = 35$  Vorschulkindern (davon 19 weiblich und 16 männlich). Davon gehörten 19 Kinder (8 weibliche und 11 männliche) der Experimentalgruppe an und 16 Kinder (11 weibliche und 5 männliche) der Baselinegruppe.

Aus der ursprünglichen Stichprobe ( $N = 35$ ) mussten einzelne Kinder ausgeschlossen werden. In der Experimentalgruppe wurden vier Kinder wegen unregelmäßiger Teilnahme an der Intervention ausgeschlossen. Sie haben an weniger als sieben Sequenzen teilgenommen. Bei einem weiteren Kind der Experimentalgruppe lagen zudem so geringe sprachliche Fähigkeiten vor, dass die Testinstruktionen nicht verstanden wurden. In der Baselinegruppe konnten bei einem Kind die abhängigen Variablen im Pretest nicht erhoben werden und bei einem weiteren Kind besteht der Verdacht einer Sprachentwicklungsstörung, sodass unklar ist, inwieweit die Fähigkeiten des Kindes mit den eingesetzten Instrumenten adäquat erhoben werden konnten. Tabelle 13 zeigt für die abhängigen Variablen im Detail, wie viele Kinder aus welcher Gruppe und mit welchem Grund aus den Analysen ausgeschlossen werden mussten.

Tabelle 13:

### *Dropout der Vorstudie*

Gründe	Experimentalgruppe		Baselinegruppe		Summe
	m	w	m	w	
Mangelnde Teilnahme an der Intervention	1	3	--	--	4
Zu geringe sprachliche Fähigkeiten zum Verständnis der Testinstruktionen	1	0	1	0	2
Fehlende Testwerte	0	0	0	1	1
Summe	2	3	1	1	7

In Tabelle 13 fällt auf, dass in der Experimentalgruppe nur ein Junge aber drei Mädchen wegen mangelnder Teilnahme ausgeschlossen werden mussten. Dies deckt sich mit dem Eindruck der Projektleiterin während der Durchführung der Studie, dass sich einige Mädchen der Experimentalgruppe weniger für die in der Lernumgebung gebotenen Materialien und Aktivitäten interessierten. Dennoch ist der gesamte Dropout von Jungen und Mädchen in beiden Gruppen relativ gleich verteilt. Zudem besteht zum ersten Erhebungszeitpunkt in der Gesamtstichprobe weder in den abhängigen Variablen noch in der kognitiven Kapazität ein signifikanter Unterschied zwischen den Geschlechtern.

Tabelle 14:  
*bereinigte Stichprobe der Vorstudie*

	EG	BG	Prüfgröße	<i>df</i>	<i>P</i> <sub>zweiseitig</sub>
<b>Anzahl</b>					
m	9	4			
w	5	10			
Gesamt	14	14	$X^2 = 2.297^a$	1	.130
<b>Alter (J;M)</b>					
Pretest	5;5	5;8	$t = -1.971$	26	.059
Posttest	5;7	5;11	$t = -2.661$	26	.013*

*Anmerkungen:* EG: Experimentalgruppe, BG: Baselinegruppe, J;M: Das Alter ist in Jahren;Monaten angegeben. <sup>a</sup> Es werden die Ergebnisse der Yates-Korrektur für den  $X^2$  Test berichtet.

Die Unterschiede in der Geschlechterverteilung zwischen Experimental- und Baselinegruppe sind nicht signifikant (mittlerer Effekt von  $\phi = .36$ ; vgl. Tabelle 14). Im mittleren Alter besteht kein Unterschied zur ursprünglichen Stichprobe. Jedoch unterscheiden sich Experimental- und Baselinegruppe im Alter im Pretest nahezu signifikant voneinander (mittlerer Effekt von  $r = .36$ ), im Posttest signifikant (mittlerer Effekt von  $r = .46$ ). Ursachen hierfür sind der leicht zeitversetzte Erhebungsbeginn der beiden Gruppen und dass der Posttest der Baselinegruppe aufgrund der Weihnachtsferien geringfügig nach hinten verschoben werden musste.

### 13.3 Material der Intervention

Für die Vorstudie wurden sowohl einfache als auch doppelte zweiseitige Hebel mit Kraftverstärkungsfunktion und zweiseitige Hebel mit Gleichgewichtsfunktion in den Blick genommen, um in der Lernumgebung Hebel zur Verfügung zu stellen, die sich in

ihrer Funktion und der Anzahl ihrer Hebelarme unterscheiden. Eine Vielfalt an unterschiedlichen Hebeln ist wichtig, weil sie Vergleichsprozesse zwischen den Hebeln und den damit gemachten Erfahrungen ermöglicht. Das Anregen von Vergleichen stellt eine wesentliche verbale Unterstützungsmaßnahme zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte und zur Sprachförderung dar (z.B. (Naber, 2016; Röhner et al., 2015)). Für Vergleiche sollten nicht nur ähnliche, sondern auch unähnliche Hebel zur Verfügung stehen (Schwelle, 2016). Die Fördermethode erfordert auch deshalb eine gewisse Materialvielfalt, weil sie an die Methode Plan–Do–Review aus dem High/Scope Curriculum angelehnt ist, in welcher die Do-Phase einer Freispielsituation entspricht (Hohmann et al., 2008).

Ausgewählt wurden die in Tabelle 15 dargestellten Hebel Waage, Mobile, Schere, Kneifzange und Nageleisen. Mit diesen lässt sich eine Förderung in einem separaten Raum der Kita problemlos umsetzen und einige der Materialien sind den Kindern bereits vertraut. Sie werden nachfolgend hinsichtlich der Merkmale näher beschrieben.

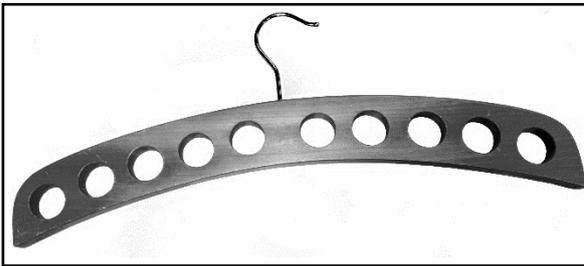
Tabelle 15:  
*zweiseitige Hebel in der Vorstudie*

Funktion	Gegenstand	Anzahl Hebelarme	Leicht erkennbare Merkmale	Festgelegte Merkmale	Lernziele in Intervention
Gleichgewicht	Waage	einfach	alle	Drehpunkt	NG, NA, NB
	Mobile	mehrere einfache	Drehpunkte, Hebelarme und Angriffspunkte	Drehpunkt	NG, NA, NB
Kraftverstärkung	Schere	doppelt	Drehpunkt, Kraftarm mit Angriffspunkt, potenzieller Lastarm	Drehpunkt, Kraftarm	Lastarm, Last
	Kneifzange		Drehpunkt, Angriffspunkt der Last, potenzieller Kraftarm	Drehpunkt, Lastarm	Kraftarm, Last
	Nageleisen	einfach	Angriffspunkt der Last	Drehpunkt, Lastarm	Kraftarm

*Anmerkungen:* NG: Non-Konflikt Gewicht, NA: Non-Konflikt Abstand, NB: Non-Konflikt Balance

Die Gleichgewichtsfunktion wird durch Waagen und Mobiles abgedeckt, die Kraftverstärkungsfunktion durch Scheren, Zangen und Nageleisen. Zu den einfachen Hebeln gehören Waagen und Nageleisen, zu den doppelten Scheren und Kneifzangen. Mobiles

nehmen eine Sonderstellung ein, da sie eine Kombination mehrerer einfacher Hebel darstellen. Das Mobile bietet viele Experimentiermöglichkeiten, was für die Methode Plan-Do-Review günstig ist. Da mehrere Hebel miteinander verbunden sind und ein Hebel gleichzeitig das Gewicht für einen anderen Hebel bilden kann, stellt es eine relativ komplexe Konstruktion dar. Mobiles können im Gegensatz zu den anderen Hebeln der Lernumgebung selbst gebaut werden. Sie repräsentieren gemeinsam mit Balkenwaagen die Gleichgewichtsfunktion, weshalb es sich anbietet, Vergleiche von Mobile und Balkenwaagen anzuregen. Im Rahmen der Vorstudie wird erprobt, inwiefern Vorschulkinder Ähnlichkeiten zwischen Balkenwaage und Mobile entdecken, wie mit der Komplexität dieses Materials konstruktiv umgegangen werden kann und wie die Kinder mit Mobiles experimentieren. Eine Vorstrukturierung in Material für das Teilkonzept Gewicht einerseits und das Teilkonzept Abstand andererseits wird deshalb nicht vorgenommen.



Als Mobile-Baumaterial werden drei Kleiderbügel mit Löchern (vgl. Abbildung 16) verwendet. In die Löcher eines Bügels können weitere Bügel oder Gewichte eingehängt werden.

Abbildung 16. Bügel für Mobile (Vorstudie)

Bei den meisten ausgewählten Materialien sind die für Hebelwirkung relevanten Merkmale gut erkennbar. Für die Unterscheidung zwischen den Hebelarmen ist ein deutlich erkennbarer Drehpunkt entscheidend. Dieser ist bei Scheren, Zangen und Waagen durch Schrauben deutlich sichtbar. Das Nageleisen ist hingegen aus einem Stück gefertigt und der Drehpunkt liegt in der Krümmung. Dies erschwert zwar die Unterscheidung von Last- und Kraftarm, kann aber im Rahmen der Planungs- und Reflexionsgespräche aufgegriffen werden.

An der Balkenwaage ist zur Förderung des Teilkonzeptes Gewicht jedes in der Lernumgebung verwendete Gewicht mindestens doppelt vorhanden, sodass auf beide Seiten der Waage das ‚offensichtlich‘ gleiche Gewicht gelegt werden kann (d.h. gleiche Anzahl der Gewichtsstücke mit gleichem Gewicht und gleichem Aussehen). Die Gewichte werden so gewählt, dass schwere Gewichte größer sind als leichtere Gewichte, da Größe und Gewicht in der Vorstellung von Vorschulkindern eng zusammenhängen (vgl. Naber, 2016) und die Veränderung dieser Vorstellung nicht im Fokus der Studie liegt. Ebenfalls gut nachvollziehbar für Vorschulkinder ist das Teilkonzept Gewicht, wenn nur gleich schwere Gewichte verwendet werden und deren Anzahl darüber entscheidet, auf welche Seite der Waage mehr Kraft ausgeübt wird (vgl. z.B. Siegler, 1976; Siegler & Chen, 2002). Auch diese Möglichkeit besteht in der Lernumgebung und wird in den Planungs- und Reflexionsgesprächen thematisiert. Abbildung 17 zeigt die in der Vorstudie verwendeten Balkenwaagen und Abbildung 18 die Auswahl an Gewichten.

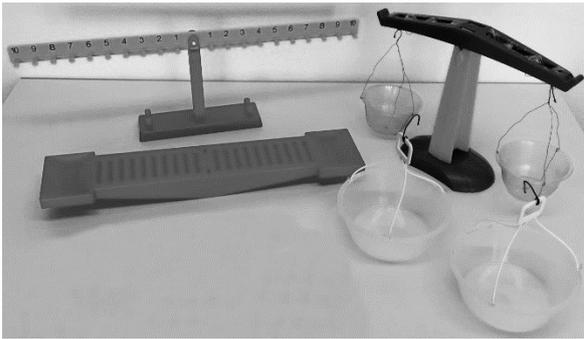


Abbildung 17. Balkenwaagen in der Intervention der Vorstudie

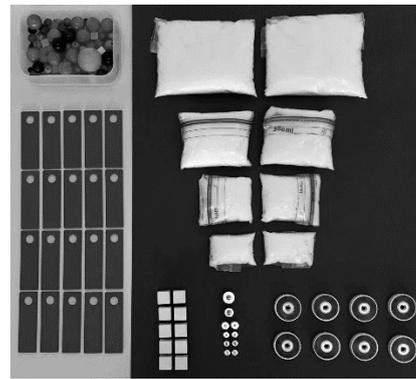


Abbildung 18. Gewichte zu den Balkenwaagen in der Intervention der Vorstudie

Bei Scheren wird das Teilkonzept Lastarm angesprochen, indem das Papier an verschiedenen Stellen der Schneide angesetzt wird. Zudem werden Scheren mit gleich langen Griffen, aber verschieden langen Schneiden zur Verfügung gestellt, sodass die Variation in der (maximal möglichen) Länge des Lastarms für die Kinder offensichtlich wird (vgl. Abbildung 19). Die Variation der Last wird an der Schere durch verschieden dicke Kartons gewährleistet. Der Kraftarm am Beispiel Schere wird durch die Aufnahme einer Nagelschere in die Lernumgebung umgesetzt. Sie hat einen deutlich kürzeren Kraftarm als die anderen Scheren und ermöglicht dadurch Erfahrungen mit unterschiedlich langem Kraftarm bei Scheren. Allerdings ist auch der maximal mögliche Lastarm an der Nagelschere deutlich kürzer als an Papier- und Haushaltsscheren. Deshalb ist die Nagelschere nur dann gewinnbringend, wenn der Karton bei allen Scheren nahe am Drehpunkt angesetzt wird, sodass der Lastarm immer gleich kurz ist und nur der Kraftarm variiert wird. Die Kinder müssten ihren Fokus also nicht auf die maximal mögliche Länge des Lastarms richten, sondern auf den tatsächlichen Angriffspunkt des Kartons. Es ist im Rahmen der Vorstudie zu prüfen, ob sich diese Form der Variablenkontrolle und die nötige Aufmerksamkeitslenkung am Beispiel Schere mit Vorschulkindern im Rahmen von Plan-Do-Review realisieren lässt. Gelingt dies nicht, ist damit zu rechnen, dass durch die Förderung zumindest am Beispiel Schere eine Fehlvorstellung für den Kraftarm aufgebaut wird, da die Nagelschere trotz des kurzen Kraftarmes durch den kurzen Lastarm eine gute Kraftübertragung gewährleistet.

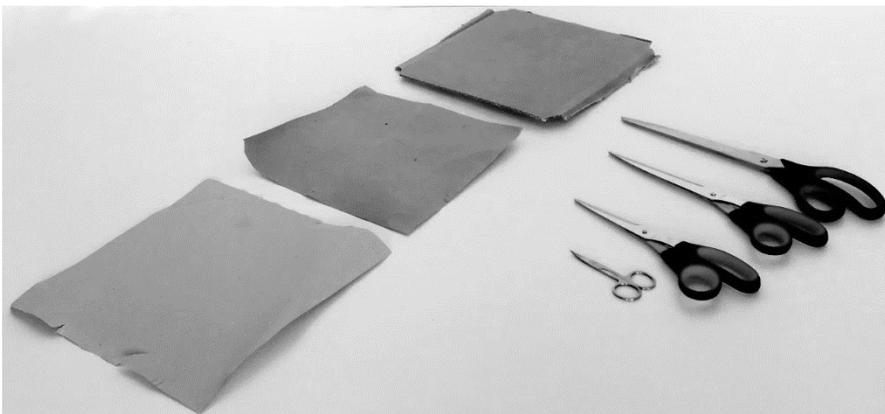


Abbildung 19. Scheren und Kartons in der Intervention der Vorstudie

Bei Kneifzangen ist die Variation des Kraftarmes durch Griffverlängerung / -kürzung und durch die Variation des Angriffspunktes am langen Griff gegeben. Als Last wird für die Kneifzangen unterschiedlich dicker Draht zur Verfügung gestellt, wodurch die Last variiert wird (vgl. Abbildung 20). Da Draht für die Kinder unvertraut und möglicherweise uninteressant ist, werden zusätzlich Mandeln als Last aufgenommen, welche mit Hilfe der Kneifzangen geöffnet werden können und auch gegessen werden dürfen. Dies soll gewährleisten, dass die Kneifzangen von den Kindern eingesetzt werden.



Abbildung 20. Kneifzangen, Drähte und Mandeln in der Intervention der Vorstudie

An Nageleisen wird durch die unterschiedlich langen Griffe ebenfalls das Teilkonzept Kraftarm angesprochen. Als Last für die Nageleisen werden Schrauben verwendet, welche in eine Holzplatte gedreht werden (vgl. Abbildung 21). Hierfür stehen den Kindern Schraubenzieher zur Verfügung. Von Nägeln wurde abgesehen, da sie beim Einschlagen einen erheblichen Lärm verursachen würden und ein höheres Verletzungsrisiko mit sich bringen. Zudem lassen sich zu weit eingeschlagene Nägel mit einem Nageleisen nicht mehr entfernen. Zu weit eingedrehte Schrauben können hingegen mit dem Schraubenzieher wieder etwas gelockert werden, um danach das Nageleisen ansetzen zu können. Die Variation der Last bei Nageleisen konnte bis zum Beginn der Intervention der Vorstudie nicht realisiert werden. Deshalb wird in der Vorstudie die Last am Nageleisen nicht variiert. Gleiches gilt für den Lastarm an Nageleisen und Kneifzangen.

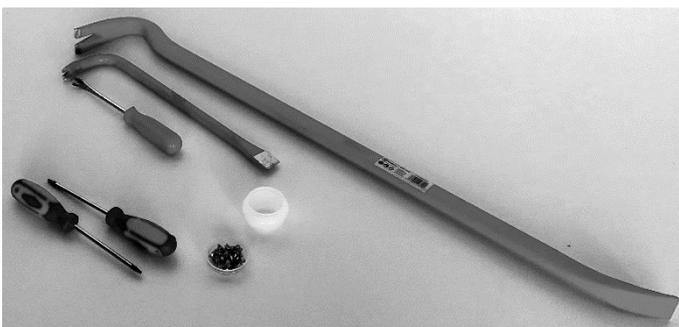


Abbildung 21. Nageleisen der Intervention der Vorstudie mit Schrauben und Schraubenzieher

Das Material lässt eine Organisation im Sinne von Experimentierreihen nicht zu, da diese weitgehend unvollständig wären. Stattdessen wird das Material in zwei Kisten organisiert (vgl. Abbildung 22). Die große Kiste enthält die zweiseitigen Hebel, die kleinere Kiste enthält Gewichte, Last und Schraubenzieher. Das Holzbrett für die Nageleisen wird separat aufbewahrt.

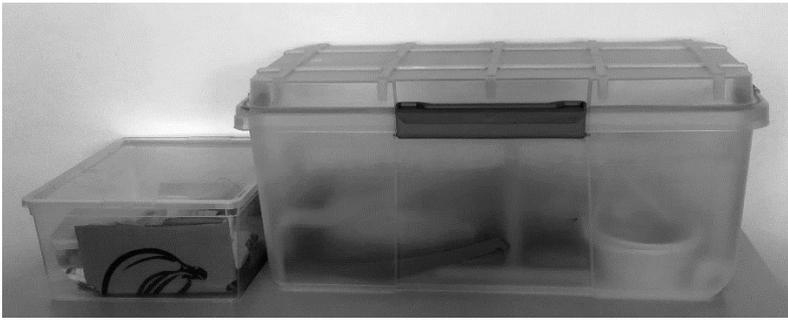


Abbildung 22. Materialkisten der Intervention der Vorstudie

Die Kinder entnehmen das Material der jeweiligen Kiste und sollen es beim Aufräumen auch wieder einsortieren. Dies bietet vermutlich einen Gesprächsanlass zur Kategorisierung in Hebel und Nicht-Hebel.

## 13.4 Ablauf

### *13.4.1 Zeitlicher Rahmen der Studie*

Den teilnehmenden Kitas wurden Elternbriefe und Einverständniserklärungen für die Eltern mit Kindern im letzten Kita-Jahr mit der Bitte übergeben, diese an die entsprechenden Eltern in der Kita zu verteilen. Die unterschriebenen Einverständniserklärungen wurden in der Kita gesammelt und vor Beginn der Untersuchung durch die Projektleiterin abgeholt. In der Interventionsgruppe fanden die Pretests in der letzten September- und ersten Oktoberwoche 2016 statt. In der zweiten Oktoberwoche begann die sechswöchige Interventionsphase, in der jede Kleingruppe an zwei Tagen pro Woche für fünfzig Minuten gefördert wurde. Im Anschluss daran erfolgte der Posttest (Dezember 2016). Die Tests der Baselinegruppe fanden aus organisatorischen Gründen leicht zeitversetzt statt (Pretest: November 2016, Posttest: Ende Januar / Anfang Februar 2017).

Innerhalb eines Testzeitpunktes wurden bei jedem Kind zuerst die bildungssprachlichen Fähigkeiten erhoben und erst danach das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung. Diese Reihenfolge wurde gewählt, weil in den Erläuterungen der Aufgaben im Konzepttest ein Teil des Zielwortschatzes verwendet wird. Im Posttest wurde im Anschluss daran die kognitive Kapazität erhoben, d.h. es gab mit jedem Kind im Pretest zwei Einzeltestungen und im Posttest drei. Die Einzeltestungen eines Kindes wurden auf mehrere Tage verteilt.

### *13.4.2 Ablauf der Intervention*

Die Intervention der Vorstudie umfasste 10 Sequenzen, welche nachfolgend beschrieben werden. Tabelle 16 gibt einen Überblick über die Sequenzen.

Tabelle 16:  
*Reihenfolge der Sequenzen in der Vorstudie*

Sequenz	Thema
1	Einführung
2	Waage Gleichgewicht / Gewicht
3	Waage Gleichgewicht / Abstand
4	Schere Kraftarm
5	Wiederholung bisheriger Erkenntnisse, Fokus auf Hebelarme
6	Einführung Mobile; Kraftverstärkung am Mobile
7	Nageleisen Kraftarm
8	Vergleich der Werkzeuge, Fokus auf Last- und Kraftarm
9	Schere Lastarm
10	Zusammenfassung

Die Förderung begann mit der Einführung von Material, Regeln und einer Handpuppe als Modell für die Planungs- und Reflexionsphasen. Dieses Modell wurde als Forscherschnecke „Ami“<sup>3</sup> eingeführt (vgl. Anhang C). In den nächsten beiden Sequenzen plante und reflektierte Ami zu Gewicht und Abstand an der Balkenwaage und bezog dabei auch den Gleichgewichtszustand ein.

Die Betrachtung des Kraftarmes bei der Schere war ursprünglich für Sequenz 7 geplant (vgl. Kapitel 11.3.3), wurde aber auf Sequenz 4 vorgezogen, weil das Vorhandensein der Nagelschere das Ableiten einer Regel zum Kraftarm erschwerte.

In Sequenz 5 wurde eine Sammlung der bisherigen Erkenntnisse der Kinder eingefügt, da diese schon herausgefunden hatten, bei welchem Werkzeug man beim jeweiligen Anwendungsbeispiel am wenigsten Kraft benötigt. Jedoch fokussierten die Kinder noch die Gesamtgröße der Werkzeuge. Deshalb wurde der Aufmerksamkeitsfokus in Sequenz 5 gezielt auf die unterschiedliche Länge einzelner Werkzeugteile gelenkt. In diesem Rahmen konnten die Erkenntnisse der Kinder zur Last thematisiert werden, welche eindeutig und richtig waren und deshalb nicht mehr in einer eigenständigen Sequenz thematisiert wurden.

---

<sup>3</sup> Es wurde ein möglichst geschlechtsneutraler Name gewählt, um Jungen und Mädchen gleichermaßen anzusprechen. Dies ist offenbar gelungen, weil einige Kinder im Verlauf der Studie fragten ob Ami ein Junge oder ein Mädchen sei. Da Ami eine Schnecke ist, ist sie beides zugleich.

In Sequenz 6 plante die Forscherschnecke zum Mobile, welches von den Kindern bis dahin nicht beachtet wurde. Da der thematische Fokus aber bereits auf der Kraftverstärkung lag, wurde diese am Mobile aufgegriffen.

In Sequenz 7 wurde der Kraftarm am Nageleisen separat fokussiert, da einige Kinder das Nageleisen mit mittellangem Griff bevorzugten.

In Sequenz 8 wurde darauf aufbauend die Gemeinsamkeit der Funktionsweise von Zange und Nageleisen („Die längste ist am besten“) mit der Grifflänge in Verbindung gebracht und das weiter vorne Anfassen mit dem Benutzen eines kürzeren Griffs. Außerdem wurde nochmals betont, dass bei den Papierscheren die Schneiden verschieden lang sind und die Griffe gleich lang und deshalb hier nicht die längste „die beste“ ist.

In Sequenz 9 wurde ergänzend der Lastarm an der Schere variiert, da die Kinder auch diese Variation nicht bewusst ausführten.

In Sequenz 10 wurden noch einmal alle Erkenntnisse zusammengetragen und die einzelnen Gesetzmäßigkeiten der Teilkonzepte von Hebelwirkung wiederholt.

Die Abschlussgeschichte und das Überreichen der Urkunde wurden in eine verkürzte elfte Sitzung (ca. 20 Minuten) verlagert, in welcher kein Experimentieren und keine gezielte Förderung mehr stattfand. Sie ist daher in Tabelle 16 nicht aufgeführt.

### 13.5 Erhebungsinstrumente

Zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von zweiseitigen Hebeln werden bestehende bildbasierte Erhebungsverfahren genutzt, um das „Regelwissen“ der Kinder unabhängig von deren sprachlichen Fähigkeiten zu erfassen. Sie werden somit weitgehend sprachfrei erfasst. Dies ist wichtig, weil einerseits die Verwendung zutreffender Bezeichnungen (z.B. Kraftarm) noch nichts darüber aussagt, ob ein korrektes konzeptuelles Verständnis vorliegt. Zum anderen ist zu erwarten, dass Vorschulkinder – selbst wenn sie über Teilkonzepte von Hebelwirkung verfügen – diese nicht oder nur unzureichend mit Worten beschreiben können.

Die bildungssprachlichen Fähigkeiten zu Hebelwirkung wurden in Kapitel 9.1.2 (Zone der nächsten Entwicklung bzgl. Bildungssprache zu Hebelwirkung) auf einem nicht-fachlichen Niveau verankert, da davon auszugehen ist, dass die meisten Vorschulkinder weder den Fachwortschatz zu Hebelwirkung beherrschen, noch alltagssprachliche Begriffe wie „Griff“ und „Schneide“. Diese alltagssprachlichen Begriffe liegen aber in der Zone der nächsten Entwicklung und bilden die Basis für den Erwerb des Fachwortschatzes, da sie die differenzierte Bezeichnung von Werkzeugteilen ermöglichen. Die auf Hebel und Hebelwirkung bezogenen bildungssprachlichen Fähigkeiten werden in einem Interview erfasst.

Durch dieses Interview leitet eine Handpuppe in Form eines Maulwurfs. Diese wird für die Erfassung der bildungssprachlichen Fähigkeiten zu Hebelwirkung benötigt, um eine kontext-reduzierte Gesprächssituation zu schaffen. Sie wird im Konzepttest ebenfalls zur Rahmung der Testsituation genutzt.

### 13.5.1 Verständnis zweiseitiger Hebel

Zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von Vorschulkindern zu Hebelwirkung an zweiseitigen Hebeln wurde bisher überwiegend Sieglers (1976) Balkenwaage eingesetzt (vgl. Kapitel 3.3), welche auf die Gleichgewichtsfunktion fokussiert. Zur Erfassung des Verständnisses von Kraftverstärkung wurde von Naber (2016) ein Test für sechs- bis siebenjährige Kinder zu einseitigen Hebeln entwickelt. Dieser wird für die vorliegende Arbeit adaptiert. Beide Tests werden bildbasiert durchgeführt und werden zu einem Test zum Verständnis zweiseitiger Hebel für Vorschulkindern zusammengefasst.

#### Anpassung und Aufbau der Aufgaben

Für die Entwicklung der Testaufgaben konnte auf Studien zur Gleichgewichtsfunktion an der Balkenwaage (z.B. Siegler, 1978) und zur Kraftverstärkungsfunktion einseitiger Hebel an den Beispielen Schubkarre und Schraubenschlüssel (Naber, 2016) zurückgegriffen werden. Beide Testverfahren sind bildbasiert, wobei die abgebildeten Hebel zunächst als Modelle gezeigt und die Korrespondenz mit den Bildern verdeutlicht wird. Die entsprechenden Zeichnungen wurden in Anlehnung an die Originaltests von Siegler (1978) und Naber (2016) mittels Inkscape (Inkscape-Projekt) erstellt. Bei Naber wird die Testsituation für die Kinder anhand der den meisten Kindern vertrauten Figuren Bob und Wendy aus der Animationsserie „Bob der Baumeister“ eingeführt. Bei Aufgaben, an denen Angriffspunkte am Kraftarm gargestellt sind, wird auf Bobs Katze „Kuschel“ zurückgegriffen. In der hier vorliegenden Studie wird als Figur für die Rahmung der Testsituation eine Maulwurf-Handpuppe (vgl. Abbildung 23) gewählt, da diese ohnehin für die Erhebung der bildungssprachlichen Fähigkeiten eingeführt wird. Ihre Pfoten werden in einzelnen Aufgaben auch zur Darstellung der Angriffspunkte im Testheft verwendet (vgl. Abbildung 24).



Abbildung 23. In den Tests zum Thema Hebel verwendete Maulwurfhandpuppe

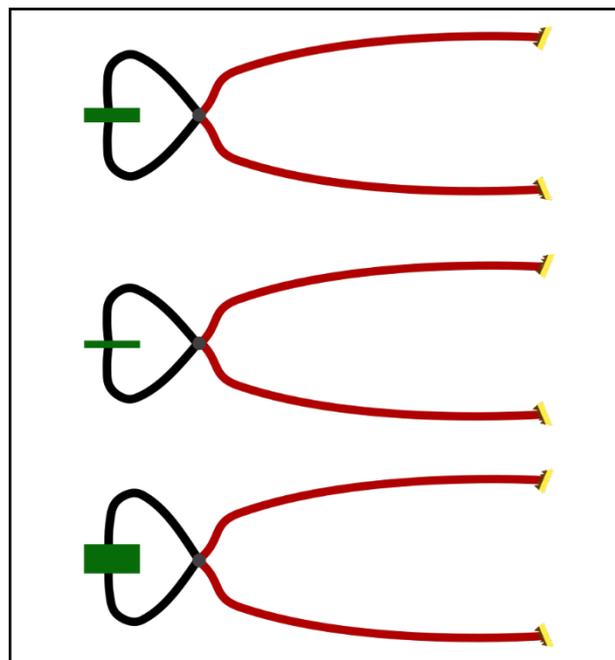


Abbildung 24. Beispielitem "Kneifzange Last" des Werkzeugtests - Angriffspunkt am Ende des Kraftarms mit Maulwurfpfoten dargestellt

Um die Testlänge in einem für die Altersgruppe zumutbaren Umfang von ca. 20 Minuten zu halten und trotzdem genügend Items eines Typs (entsprechend der Originaltests für die Balkenwaage vier Items pro Teilkonzept, für die Kraftverstärkung drei Items pro Teilkonzept pro Werkzeug) einbringen zu können, wurde auf Konflikt-Items bei der Balkenwaage verzichtet. Bei diesen Items würden Abstand und Gewicht gleichzeitig variiert werden und Vorschulkinder lösen diese Aufgaben i.d.R. nicht (vgl. Kapitel 3.3). Eine Ausnahme stellen Konflikt-Gewichtsaufgaben dar, die nach der Regel „die Seite mit mehr Gewichten kippt nach unten“ (Regel 1 bei Siegler (1978)) beantwortet werden können. Diese beinhalten dann aber keinen zusätzlichen Informationsgehalt über die reinen Gewichtsaufgaben hinaus. Somit wurden für die Gleichgewichtsfunktion am Beispiel der Balkenwaage 12 Items, je vier zu den Teilkonzepten Balance, Gewicht und Abstand, konstruiert. Die maximale Anzahl der Gewichte pro Seite beträgt sechs und es gibt vier mögliche Angriffspunkte auf jeder Seite. Alle Gewichte einer Seite wurden auf dem gleichen Angriffspunkt platziert. Da Aufgaben mit vielen Gewichten bzw. geringen Gewichts- und Abstandsunterschieden schwieriger zu lösen sind (vgl. Ferretti et al., 1985; Naber, 2016; Siegler & Chen, 2002), wurden aus allen theoretisch möglichen Items zu jedem Teilkonzept der Gleichgewichtsfunktion (Gewicht, Abstand, Balance) zwei schwierige und zwei leichte Aufgaben zufällig ausgewählt. Die Anordnung der Aufgaben erfolgte zunächst zufällig und wurde anschließend geringfügig angepasst, um eine Durchmischung in Schwierigkeit, Itemtyp und korrekter Antwort (Neigung auf eine bestimmte Seite bzw. Balance) zu erreichen. Abbildung 25 zeigt leichte und schwierige Beispielim-tem zu den an der Balkenwaage erhobenen Teilkonzepten der Gleichgewichtsfunktion.

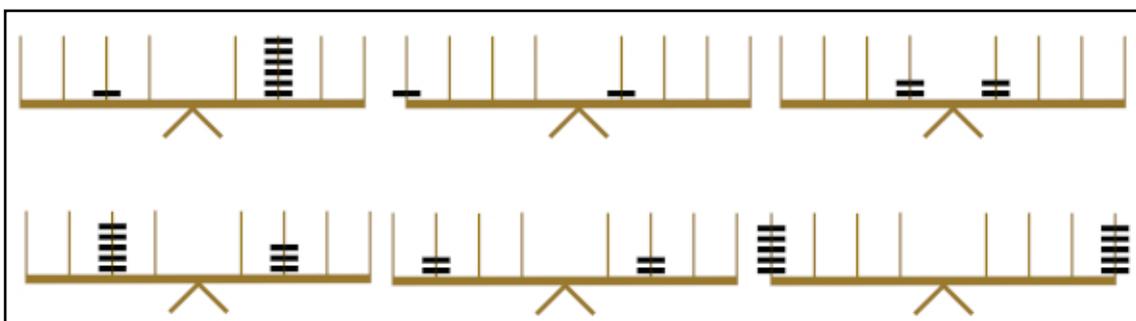


Abbildung 25. Beispielim-tem zu den Teilkonzepten der Gleichgewichtsfunktion an der Blakenwaage. Die obere Reihe zeigt leichte Items, die untere schwere. Von links nach rechts sind Items zu Gewicht, Abstand und Balance abgebildet.

Die Konstruktion der Items zur Kraftverstärkung zweiseitiger Hebel erfolgte für die in der Intervention verwendeten Werkzeuge analog zu den Testaufgaben von Naber (2016), wobei einige ihrer Vorschläge zur Verbesserung des Tests eingearbeitet wurden. So wurden alle Abbildungen konsequent zweidimensional gestaltet, es wurden sowohl ähnliche als auch unähnliche Hebel (Schere und Kneifzange vs. Nageleisen) verwendet und es wurden sowohl vertraute (Schere) als auch wenig vertraute Anwendungsfälle (Nageleisen) gewählt.

Der Untertest zur Kraftverstärkung enthält 18 Items. Items zum selben Anwendungsfall (Kneifzange, Nageleisen, Schere) und zum selben Teilkonzept (Kraftarm, Lastarm, Last)

bilden einen Itemtyp (z.B. Kraftarm-Kneifzange). Für jeden Itemtyp wurden drei Items konstruiert. Abbildung 26 zeigt Beispielitems jedes Typs. Der Test enthält somit Items sechs verschiedener Typen (vgl. Tabelle 17).

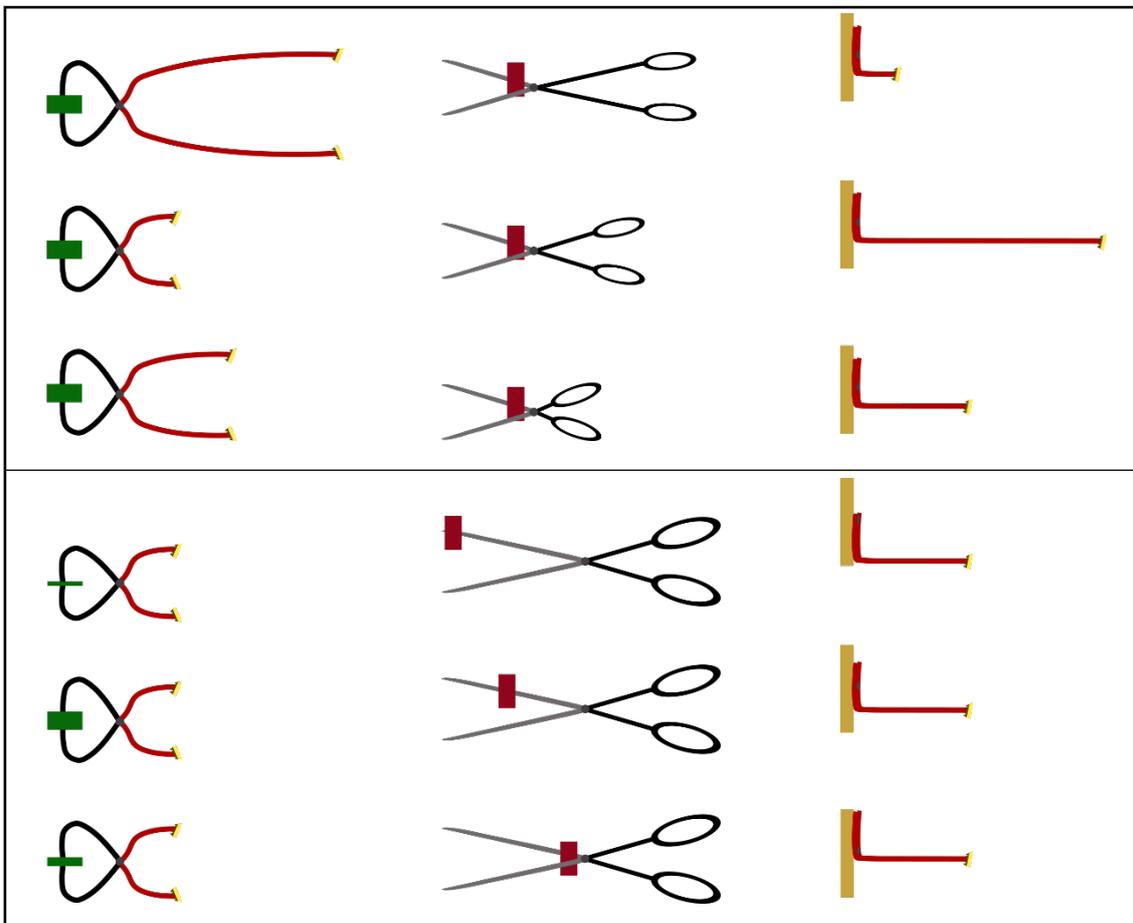


Abbildung 26. Beispielitems zu den Teilkonzepten der Kraftverstärkungsfunktion . Die obere Reihe zeigt Items zum Kraftarm an Kneifzange, Schere und Nageleisen. In der unteren Reihe ist je ein Item zur Last an der Kneifzange und zum Lastarm an Schere und Nageleisen abgebildet.

Tabelle 17:

Übersicht über Itemtypen zur Kraftverstärkung in der Vorstudie

Anwendungsfall	Kraftarm	Lastarm	Last
Kneifzange	X		X
Nageleisen	X	X <sup>hT</sup>	
Schere	X <sup>gT</sup>	X	

Anmerkungen: X: Itemtyp vorhanden, gT: geringer Transfer, hat hoher Transfer

Als Transferaufgaben wurden Aufgaben zum Lastarm am Nageleisen und zum Kraftarm an der Schere aufgenommen. Der Lastarm am Nageleisen wird in der Intervention nicht thematisiert, sodass von den Erfahrungen am Lastarm der Schere auf den Lastarm

am Nageleisen (unähnliches Beispiel) geschlossen werden muss. Der Kraftarm an der Schere wird in der Intervention der Vorstudie zwar thematisiert, konnte aber nicht optimal im Interventionsmaterial repräsentiert werden. Es können in der Intervention keine Erfahrungen mit mittellangem Kraftarm gemacht werden, sondern nur mit einem sehr kurzen (Nagelschere) und einem recht langen (Papier- und Haushaltsscheren). Im Test stehen hingegen alle drei Varianten zur Wahl, sodass auch hier eine geringe Transferleistung zu erbringen ist. Das Teilkonzept Last wird nur an der Kneifzange erhoben, da zu erwarten ist, dass bereits viele Kinder über korrekte Vorstellungen zur Last verfügen und der Fokus der Intervention und ihres Effektes somit eher auf Kraft- und Lastarm liegen.

### **Auswertung**

Für die Auswertung des Tests wird ein Summenscore verwendet, d.h. jedes korrekt gelöste Item wird mit einem Punkt bewertet. Anschließend die Anzahl der Punkte (=korrekte Items) gezählt. Daraus ergeben sich in der vorliegenden Arbeit insgesamt 30 mögliche Punkte, wovon 12 Punkte bei Aufgaben zur Balkenwaage erreicht werden können und 18 Punkte bei Aufgaben zur Kraftverstärkung an Werkzeugen.

Die Auswertung mittels Summenscore verwendet Naber (2016) für ihren Test zu Teilkonzepten von Hebelwirkung an einseitigen Hebeln. Tests zur Balkenwaage werden i.d.R. danach ausgewertet, ob sich im Antwortverhalten der einzelnen Probanden Muster erkennen lassen, die auf die Anwendung bestimmter Regeln hindeuten (vgl. z.B. Siegler, 1976, 1978; Siegler & Chen, 2002). Hierfür müssen 80 % der Antworten eines Probanden mit der jeweiligen Regel übereinstimmen (Siegler & Chen, 2002). Diese Auswertung ist aber nur möglich, wenn Aufgaben zu allen in Kapitel 3.2 vorgestellten Typen im Test vorkommen (ebd.). Da dies in der vorliegenden Studie nicht der Fall ist, kann der Test nicht auf diese Weise ausgewertet werden. Zudem erleichtert die Verwendung des Summenscores für beide Untertests das Zusammenfassen der Tests.

### **Gütekriterien**

Die Durchführungsobjektivität ist sowohl für den Testteil „Balkenwaage“ als auch für den Testteil „Werkzeuge“ durch standardisierte Testhefte mit Durchführungsskript und Protokollbogen gegeben, auf denen die Antworten der Kinder notiert werden (vgl. Döring & Bortz, 2016). Um die Anzahl richtig gelöster Items zu ermitteln, werden die protokollierten Kindantworten mit der Musterlösung verglichen und die Anzahl der Übereinstimmungen wird gezählt. Dieses Vorgehen beinhaltet keinen Interpretationsspielraum und kann auch automatisiert in Excel oder SPSS erfolgen.

In der Literatur werden für die Non-Konflikt-Items der Balkenwaage keine Reliabilitätswerte angegeben. Für den Test zur Kraftverstärkung gibt Naber (2016) für den von ihr entwickelten Test zu einseitigen Hebeln die Reliabilität auf Skalenebene an und kommt zu dem Schluss, dass mit ihrem Instrument die einzelnen Bestandteile Last, Kraftarm und Lastarm des Konzeptes Kraftverstärkung an einseitigen Hebeln reliabel gemessen werden (Guttman's  $\lambda_2$  in allen Studien zwischen .55 (zwei Items zum Kraftarm am Beispiel Schraubenschlüssel) und .91 (vier Items zum Kraftarm am Beispiel Schubkarre).

In der hier vorliegenden Studie wird die Reliabilität zur besseren Vergleichbarkeit ebenfalls als Guttmans  $\lambda_2$  angegeben (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18:

*Reliabilität der einzelnen Itemtypen des Tests zum konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung*

Teilkonzepte von Hebelwirkung	Anzahl der Items	Guttmans $\lambda_2$	
		Messzeitpunkt 1	Messzeitpunkt 2
Balance	4	0,75	0,83
Gewicht	4	0,80	0,86
Abstand	4	0,69	0,66
Kraftarm Kneifzange	3	0,60	0,91
Kraftarm Nageleisen	3	0,61	0,87
Kraftarm Schere	3	0,61	0,78
Lastarm Nageleisen	3	0,56	0,79
Lastarm Schere	3	0,70	0,89
Last (Kneifzange)	3	0,81	0,73

Die Reliabilität liegt für den Gesamttest mit 30 Items in der Stichprobe dieser Studie ( $N = 32$ ) zum zweiten Erhebungszeitpunkt bei  $\lambda_2 = .88$ , was dafürspricht, dass der Test die Leistung der Kinder reliabel erfassen kann. Zum ersten Messzeitpunkt ist die Reliabilität im Gesamttest mit  $\lambda_2 = .55$  unzureichend. Betrachtet man die Reliabilität wie Naber (2016) auf Ebene der einzelnen Anwendungsfälle und Teilkonzepte von Hebelwirkung, wird aber selbst zum ersten Messzeitpunkt weitgehend eine mindestens akzeptable Reliabilität erreicht. Auch die Zusammenfassung zu Teilkonzepten ergibt mindestens zufriedenstellende Werte (vgl. Tabelle 19). Es ist also davon auszugehen, dass die einzelnen Teilkonzepte von Hebelwirkung auch zum ersten Messzeitpunkt hinreichend reliabel gemessen werden, jedoch bei der Mehrheit der Kinder noch kein Gesamtkonzept vorliegt und deshalb die Reliabilität für den Gesamttest zum ersten Messzeitpunkt zu gering ausfällt.

Tabelle 19:

*Reliabilität des Tests zum konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung bzgl. Teilkonzepten und Gesamtkonzept*

Zusammenführung der Teilkonzepte von Hebelwirkung	Anzahl der Items	Guttmans $\lambda_2$	
		Messzeitpunkt 1	Messzeitpunkt 2
Kraftarm (Kneifzange + Nageleisen + Schere)	9	0,87	0,94
Lastarm (Nageleisen + Schere)	6	0,64	0,86
Gleichgewichtsfunktion (Balance + Gewicht + Abstand)	12	0,74	0,84
Kraftverstärkungsfunktion (Kraftarm, Lastarm und Last)	18	0,69	0,89
Hebelwirkung an zweiseitigen Hebeln (alle Teilkonzepte)	30	0,55	0,88

Für den Test zur Kraftverstärkung argumentiert Naber (2016), dass dieser inhaltstvalid ist, da alle Items Teilkonzepte der Kraftverstärkungsfunktion von Hebelwirkung messen und auch alle Teilkonzepte in den Items repräsentiert sind. Die Items zur Kraftverstärkung des in der hier vorliegenden Studie eingesetzten Tests zu zweiseitigen Hebeln wurden analog zu den Items von Naber (2016) konstruiert, weshalb davon auszugehen ist, dass auch für diese Inhaltsvalidität gegeben ist. Zusätzlich wurden Items zur Balkenwaage aufgenommen, da bei zweiseitigen Hebeln die Gleichgewichtsfunktion ebenfalls bedeutsam ist. Es wurden nur Non-Konflikt-Items verwendet, da diese analog zu den Items zur Kraftverstärkung keine Verknüpfung von Gewicht und Abstand erfordern und somit jeweils ein Teilkonzept von Hebelwirkung messen. Die statistische Überprüfung von Kriteriums- und Konstruktvalidität erscheint aufgrund der kleinen Stichprobe wenig sinnvoll. Zudem wurde kein weiterer Test zur Erfassung des Verständnisses von Hebelwirkung in der Studie eingesetzt, sodass ohnehin keine Kriteriumsvalidität bestimmt werden könnte. Einen ersten Hinweis auf Konstruktvalidität gibt jedoch das Ergebnis der Hypothesenprüfung der quantitativen Vorstudie: Der Test scheint geeignet zu sein, um zu erwartende Unterschiede in Lernzuwächsen im konzeptuellen Verständnis zweiseitiger Hebel zu erfassen (vgl. Kapitel 14.2.1). Naber (2016) zeigte für ihren Test zur Kraftverstärkung an einseitigen Hebeln mittels Faktorenanalyse, dass sich die Items so zu Faktoren zuordnen ließen, dass sie den Teilkonzepten von Hebelwirkung entsprechen, was zumindest für den Untertest zur Kraftverstärkung ein weiterer Hinweis auf Konstruktvalidität ist.

### 13.5.2 Bildungssprache zu Hebelwirkung

Zur Erfassung von Bildungssprache liegen bisher kaum standardisierte Erhebungsverfahren vor (Tietze et al., 2016). Bildungssprachliche Fähigkeiten von Vorschulkindern beim naturwissenschaftlichen Experimentieren können mit Hilfe der RaBi-Skala (ebd.) eingeschätzt werden, die anhand von Experimentiersituationen mit Vorschulkindern zum Thema „Schwimmen und Sinken“ entwickelt wurde. Die *RaBi-Skala* sieht vor, Äußerungen eines Kindes hinsichtlich Wortschatz, Grammatik und Diskursfunktionen zu codieren. Für die vorliegende Arbeit ist nur die Teilskala *Morphosyntax* relevant, da Diskursfunktionen nicht Gegenstand der Arbeit sind und sich der Wortschatz der RaBi-Skala auf einen anderen Fachinhalt bezieht. Stattdessen wird der *Wortschatz* in der vorliegenden Studie mittels einer theoretisch hergeleiteten *Zielwortliste* überprüft. Denn um den Wortschatz zu Hebelwirkung bestimmen zu können, ist nur relevant, ob ein Kind bspw. das Nageleisen erkennt und auch als solches bezeichnet. Ob der Begriff Nageleisen im Sinne der RaBi-Skala als bildungs- oder fachsprachliches Niveau zu werten ist, ist in der vorliegenden Arbeit nicht relevant. Das Erstellen einer Zielwortliste ist möglich, weil Material und die Gesprächsthemen in der vorliegenden Studie eng umgrenzt sind.

Um Wortschatz und Grammatik der Kinder auswerten zu können muss zunächst eine Gesprächssituation geschaffen werden, die mit Hilfe der *Zielwortliste* und der Dimension *Morphosyntax* der RaBi-Skala ausgewertet werden kann. Für die vorliegende Studie wurde ein Interview zu zweiseitigen Hebeln entwickelt, das sowohl themenrelevanten Wortschatz eliziert, als auch längere Äußerungen, die mittels RaBi-Skala auf morphosyntaktische Merkmale untersucht werden können.

#### **Entwicklung und Aufbau des Interviews**

Das Interview verfolgt das Ziel, sprachliche Daten der Kinder zu den in der Intervention verwendeten Hebeln zu elizieren, die mittels RaBi-Skala hinsichtlich Wortschatz und Grammatik ausgewertet werden können. Es ist so gestaltet, dass es möglichst unabhängig vom Wissen über Hebelwirkung ist, welches nichtsprachlich (bildbasiert) erhoben wird (vgl. Kapitel 13.5.1). Ein Interviewleitfaden gewährleistet eine möglichst große Vergleichbarkeit der Gesprächsdaten. Im Interview sollen die Kinder Gegenstände mit Hebelwirkung in einer vorgegebenen Reihenfolge benennen, beschreiben und miteinander vergleichen. Das Benennen dient der Erfassung des relevanten Wortschatzes. Beschreiben und Vergleichen sollen darüber hinaus längere Äußerungen elizieren, die Aufschluss über den weiteren Wortschatz und über grammatikalische Fähigkeiten geben.

Begonnen wird mit einer Haushaltsschere (Abbildung 27a), die allen Kindern vertraut sein dürfte. Die Kinder werden gefragt, (1a) was das ist (Wortschatz) und (1b) was man damit macht (Wortschatz). Dies ist vergleichbar mit anderen Erhebungsverfahren zum aktiven Wortschatz von Vorschulkindern (z.B. AWSTR (Kiese-Himmel, 2005), VER-ES (Kammermeyer, Roux & Stuck, 2008)). Anschließend werden die Kinder gebeten zu beschreiben, (2a) wie die Schere aussieht und (2b) wie sie funktioniert (Wortschatz und

Grammatik). Danach wird eine Nagelschere (Abbildung 27b) präsentiert und ebenfalls gefragt, was das ist und was man damit macht.



Abbildung 27. Im Interview eingesetzte Scheren

Nun sollen die Kinder Haushalts- und Nagelschere vergleichen: (3a) Was ist bei beiden gleich? (3b) Was ist anders? Sofern ein Kind auf den Größenunterschied eingeht, wird außerdem gefragt, (4a) ob es denkt, dass es beim Benutzen der Scheren einen Unterschied macht, dass eine groß / lang und die andere klein / kurz (je nach Formulierung des Kindes) ist. Das Kind wird dann gebeten seine Einschätzung zu begründen (4b).

Anschließend wird die Nagelschere außer Sichtweite gelegt und eine Kneifzange mit verlängerten Griffen (Abbildung 28a) präsentiert. Den Kindern werden zu diesem Gegenstand wieder die Fragen 1 und 2 gestellt. Anschließend werden sie gebeten, Haushaltsschere und Kneifzange zu vergleichen (Frage 3). Danach wird die Haushaltsschere durch eine handelsübliche Kneifzange (Abbildung 28b) getauscht und die Fragen 1, 3 und ggf. 4 werden gestellt.

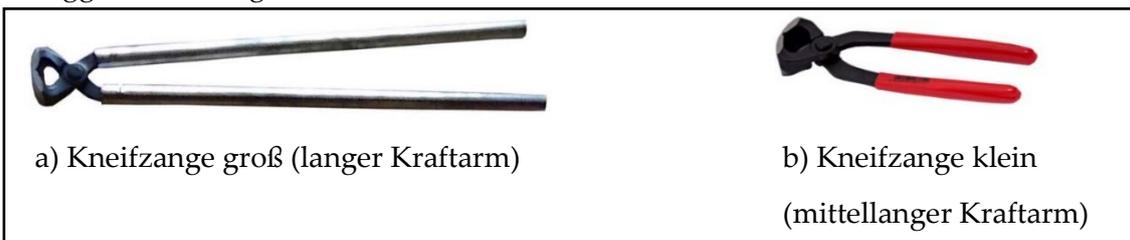


Abbildung 28. Im Interview eingesetzte Zangen

Das Vorgehen wird analog für ein kleines und großes Nageleisen (vgl. Abbildung 29, ein Mobile und eine Balkenwaage wiederholt (vgl. Abbildung 30). Tabelle 20 gibt einen Überblick über die Reihenfolge der Gegenstände und Vergleiche.



Abbildung 29. Im Interview eingesetzte Nageleisen

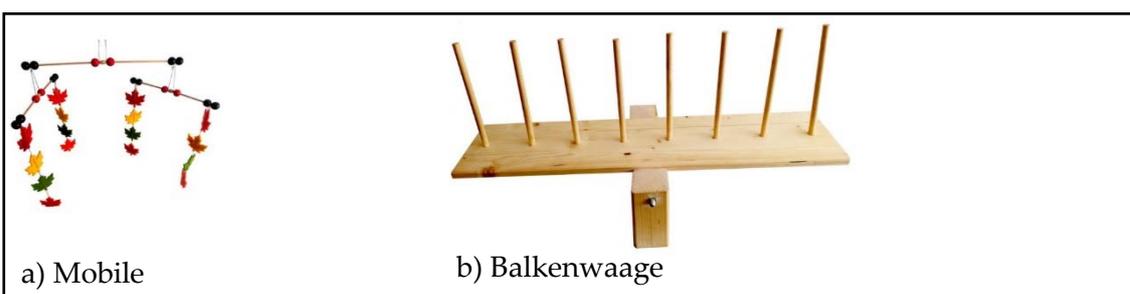


Abbildung 30. Im Interview eingesetzte Hebel mit Gleichgewichtsfunktion

Tabelle 20:  
*Ablauf des Interviews*

Gegenstand	Abbildung	Fragen einzelner Gegenstand	Vergleichsgegenstand (Fragen 3 und ggf. 4)	Abbildung
Haushaltsschere	27a	1 und 2	Nagelschere	27b
Große Zange	28a	1 und 2	Haushaltsschere	27a
Kleine Zange	28b	1	Große Zange	28a
Großes Nageleisen	29a	1 und 2	Kleine Zange	28b
Kleines Nageleisen	29b	1	Großes Nageleisen	29a
Mobile	30a	1 und 2	Kleines Nageleisen	29b
Balkenwaage	30b	1 und 2	Mobile	30a

Um trotz der kontextualisierten Interviewsituation bildungssprachliche Äußerungen herausfordern zu können, wird das Interview mittels einer Maulwurf-Handpuppe durchgeführt, welche den Kindern als blinder, neugieriger Maulwurf vorgestellt wird, der erfahren möchte, wie die Gegenstände aussehen und funktionieren. Dies ermöglicht es, die Kinder dazu anzuregen, auch offensichtliche Sachverhalte in Worten auszudrücken (vgl. Meindertsmä, van Dijk, Steenbeek & van Geert, 2013).

Die Durchführung des Interviews wurde vor Studienbeginn mit einem Kind im Vorschulalter erprobt. Das Interview konnte mit diesem Kind reibungslos durchgeführt werden und ergab die intendierten sprachlichen Äußerungen. Eine weitere Erprobung des Verfahrens sollte im Rahmen der Vorstudie stattfinden. Das Interview wird wie folgt durchgeführt:

Zu Beginn des Erhebungstages werden die zu beschreibenden Materialien auf einem Stuhl in Griffweite der Untersuchungsleiterin aber außer Sicht- und Reichweite der Kinder in der Reihenfolge des Vorkommens in der Befragung positioniert und eine Kamera mit Tischmikrofon im Raum installiert. Anschließend wird das erste Kind (i.d.R. im Gruppenraum der Kita) begrüßt und ihm die Maulwurf-Handpuppe vorgestellt. Wenn das Kind die Frage des Maulwurfs: „Ich habe ein paar Dinge gefunden, die ich dir zeigen möchte. Kommst du mit, damit wir sie gemeinsam anschauen können?“ bejaht, gehen Untersuchungsleiter\_in mit Maulwurf und Kind gemeinsam in den Untersuchungsraum und der / die Untersuchungsleiter\_in startet die Kamera. Das Einzel-Interview dauert i.d.R. ca. 15 Minuten und wird ohne Pause durchgeführt. Zum Abschluss bedankt sich der Maulwurf beim Kind dafür, dass es mit ihm die Gegenstände angeschaut hat

und er jetzt mehr darüber weiß. Der / die Untersuchungsleiter\_in stoppt nun die Kamera, überprüft die Positionierung der Werkzeuge und geht dann zum nächsten Kind (z.B. im Gruppenraum der Kita).

### **Auswertung**

Die videografierten Interviewsituationen werden zur weiteren Auswertung zunächst transkribiert. Da die Interviews auf einem einheitlichen Leitfaden beruhen und nur die sprachlichen Äußerungen der Kinder eine Rolle spielen, ist eine wörtliche Transkription der Fragen der Untersuchungsleiterin i.d.R. nicht erforderlich. Die Standardfragen des Leitfadens werden stattdessen stichpunktartig als Gliederung in das Transkript eingefügt. Äußerungen der Untersuchungsleiterin werden nur dann transkribiert, wenn sie über die Standardfragen des Leitfadens hinausgehen. Die Äußerungen der Kinder werden exakt übernommen. Ggf. werden auch Gesten und Handlungen der Kinder transkribiert, sofern dies für das Verständnis der Situation notwendig ist. Sie werden in Klammern angegeben. Zur Transkription und Auswertung der Transkripte wird die Software MAXQDA 11 (VERBI Software, 2013) verwendet.

Für die Auswertung des Wortschatzes werden die Interviews nach dem Zielwortschatz der Förderung durchsucht und codiert. Zum Zielwortschatz zählen Nomen zur korrekten Benennung von Materialien und Materialteilen (z.B. Griff und Schneide der Schere), Verben zur Benennung der Tätigkeiten (z.B. in Bezug auf die Schere „schneiden“ oder in Bezug auf das Nageleisen „herausziehen“) sowie Adjektive, die beim Vergleichen der für Hebelwirkung relevanten Eigenschaften eine Rolle spielen (bei der Schere bspw. lang / länger und kurz / kürzer für die verschiedenen Längen der Griffe und Schneiden). Für jedes Zielwort wird ein Code angelegt. Anschließend wird diese Wortliste induktiv anhand der Transkripte ergänzt. Die Transkripte können dann mit der Suchfunktion von MAXQDA nach den erwarteten Adjektiven, Verben und Nomen zeitsparend durchsucht und entsprechend codiert werden. Bevor ein Wort mit dem zugehörigen Code versehen wird, muss allerdings geprüft werden, ob es tatsächlich mit dieser Bedeutung verwendet wird. Beim Codieren zeigte sich beispielsweise, dass manche Kinder Schrauben als Nägel bezeichnen oder umgekehrt oder dass sie Kneifzangen als Schraubenzieher benennen. In diesen Fällen wird das Wort nicht als Zielwort codiert, weil das Kind es mit der falschen Bedeutung verwendet. Anschließend wird gezählt, wie viele verschiedene Zielworte ein Kind verwendet. Die Auswertung der Transkripte auf Ebene des Wortschatzes ähnelt somit einem Wortschatztest.

Die grammatikalischen Fähigkeiten werden mit Hilfe der Ratingskala zur Erfassung bildungssprachlicher Kompetenzen von Kindern im Vorschulalter (RaBi-Skala; Tietze et al., 2016) ausgewertet. Die Aussagen des Kindes werden nacheinander auf Kohäsion, Satzgefüge, unpersönliche Konstruktionen und komplexes Verbgefüge untersucht. Für jedes dieser morphosyntaktischen Merkmale wird jede Kindäußerung einer Niveaustufe zugeordnet. Die RaBi-Skala unterscheidet zwischen den Niveaustufen „0 – rudimentär“, „1 – alltagssprachlich“, „2 – differenzierte Alltagssprache / alltägliche Bildungssprache“ und „3 – komplexe Bildungssprache“. Nach Abschluss der Codierung wird bestimmt,

über welches Sprachniveau das Kind beim jeweiligen Merkmal von Morphosyntax verfügt. Dafür sind Schwellenwerte angegeben, welche nachfolgend am Beispiel *unpersönliche Konstruktionen* erläutert werden. Ein Kind, das mindestens fünf Passivsätze (Niveau 3) verwendet, erhält im Bereich *unpersönliche Konstruktionen* Niveaustufe 3. Verwendet es weniger als fünf Passivsätze, aber mindestens fünf Passiversatzkonstruktionen z.B. mit *man* oder *lassen* (Niveau 2), erhält es Gesamtniveau 2 für *unpersönliche Konstruktionen*. Erreicht das Kind auch diesen Schwellenwert nicht, wird geprüft, ob es mindestens 20 vollständige und korrekte Sätze im Aktiv gebildet hat, um Gesamtniveau 1 im Bereich der *unpersönlichen Konstruktionen* zu erhalten. Wird auch dieser Schwellenwert unterschritten, erhält das Kind Gesamtniveau 0 im Bereich der *unpersönlichen Konstruktionen*. Nach dem gleichen Prinzip werden auch für die anderen drei Teilbereiche der Skala *Morphosyntax* Gesamtniveaus bestimmt, wobei für jeden Teilbereich andere Schwellenwerte vorgegeben sind (vgl. Tabelle 21). Aus diesen Gesamtniveaus pro Teilbereich wird ein Durchschnittswert gebildet, um das Gesamtniveau der Dimension *Morphosyntax* zu bestimmen.

Tabelle 21:

*Schwellenwerte der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala (Tietze et al., 2016)*

Merkmal von Morphosyntax	Niveaustufe		
	3	2	1
Kohäsion	≥ 3	≥ 10	≥ 20
Satzgefüge	≥ 10	≥ 5	≥ 20
Unpersönliche Konstruktionen	≥ 5	≥ 5	≥ 20
Komplexes Verbgefüge	≥ 10	≥ 15	≥ 30

Bei der Anwendung der RaBi-Skala für die vorliegende Studie ist zu beachten, dass sich die Rahmenbedingungen der Erhebungssituation unterscheiden. Die RaBi-Skala wurde für Experimentiersituationen von ca. 45 Minuten Dauer mit einer pädagogischen Fachkraft und vier Vorschulkindern zum Thema Schwimmen und Sinken entwickelt. Es stellt sich daher die Frage, ob die Schwellenwerte für die vorliegenden Interviews geeignet sind. Die Schwellenwerte werden zunächst wie in der RaBi-Skala vorgesehen angewendet. Sofern bei Vergabe der Schwellenwerte bei einer großen Zahl der Transkripte der Schwellenwert stark vom Gesamteindruck abweicht oder die Schwellenwerte nicht angemessen erscheinen, um die Varianz der in den Transkripten vorhandenen grammatischen Fähigkeiten abzubilden, wäre eine Anpassung in Erwägung zu ziehen. Hierfür könnten gewichtete Mittelwerte über die einzelnen Äußerungen innerhalb eines Teilbereichs gebildet werden. Zu prüfen wäre jedoch, was eine sinnvolle Gewichtung ist, da davon auszugehen ist, dass sehr viele Äußerungen auf Niveau 0 und 1 liegen und nur wenige auf Niveau 2 oder 3 (vgl. Tietze et al., 2016).

## **Gütekriterien**

Zur Gewährleistung der Objektivität wurde das Auswertungsverfahren des Wortschatzes genau beschrieben. Die Objektivität der Auswertung der Morphosyntax ist durch den Kodierleitfaden der RaBi-Skala (Tietze et al., 2016) gegeben. Tietze et al. (2016) geben eine gute Interrater-Reliabilität für die Dimension Morphosyntax an (Cohens  $\kappa = .81$ ), wobei die beiden Rater an der Entwicklung der Skala beteiligt waren (vgl. Tietze et al., 2016). Die Interview-Transkripte der vorliegenden Studie wurden ausschließlich von der Doktorandin kodiert, die sich zuvor intensiv mit bildungssprachlichen grammatikalischen Fähigkeiten von Vorschulkindern und dem Kodiermanual auseinandergesetzt hat.

Die Reliabilität für die Dimension Morphosyntax geben Tietze et al. (2016) mit einem Cronbachs  $\alpha = .74$  an, die mittlere Trennschärfe mit  $.75$ . In der hier vorliegenden Studie liegt die Reliabilität sogar noch etwas höher ( $\alpha = .88$  im Pretest und  $\alpha = .80$  im Posttest), die Trennschärfe erreicht einen ähnlichen Wert ( $.77$  im Pretest und  $.69$  im Posttest). Für die Auswertung des Wortschatzes in der vorliegenden Studie erscheint eine Angabe der Reliabilität nicht sinnvoll, da keine Items vorliegen.

Die Inhaltsvalidität der Rabi-Skala ist durch die theoretische Fundierung hinsichtlich Bildungssprache und Sprachentwicklung gegeben (Tietze et al., 2016). Es werden geringe signifikante Korrelationen mit Intelligenz und einem Test basaler Sprachfähigkeiten (LiSe-DaZ®) berichtet, was als Hinweis auf Kriteriumsvalidität gewertet wird (ebd.). Für die Konstruktvalidität spricht, dass sich die Niveaus 0 und 1 der Items jeweils einem Faktor zuordnen lassen und die Niveaus 2 und 3 einem anderen. Die Faktoren lassen sich somit den basalen oder alltäglichen Sprachfähigkeiten einerseits und andererseits den bildungssprachlichen Fähigkeiten zuordnen.

Der Zielwortschatz zum Thema Hebelwirkung wurde in der vorliegenden Studie anhand des eingesetzten Materials bestimmt. Es wurde beim Zählen der Worte jedoch nicht unterschieden, auf welchem Niveau der RaBi-Skala diese zu verorten wären. Allerdings ist das Benennen eines Gegenstandes, einer Tätigkeit oder einer Eigenschaft durchaus relevant für Bildungssprache erfordernde Gesprächssituationen. Der Zielwortschatz gibt somit Auskunft darüber, inwiefern das Kind auf Ebene des Wortschatzes in der Lage ist, relevante Merkmale von Gegenständen mit Hebelwirkung zu bezeichnen und so dem kontext-reduzierten Gesprächsanlass gerecht zu werden. Insofern kann die Inhaltsvalidität auch für den Wortschatz als gegeben angesehen werden.

### ***13.5.3 Bildungssprache als Erzählfähigkeit***

Zusätzlich zum selbst entwickelten Interview wurden die bildungssprachlichen Fähigkeiten mit Hilfe des Untertests „Bilderzählung“ des DELFIN 5 (Fried, 2010a, 2010b) erhoben. Dies ist ein bereits erprobtes Verfahren zur Erfassung von bildungssprachlichen Fähigkeiten, mit dem in der Studie von Römstedt (2016) Interventionseffekte von Plan-Do-Review nachgewiesen werden konnten. Gemessen wird mit der Bilderzählung die Erzählfähigkeit als kontext-reduzierte Äußerungsform (Fried, 2009b), indem dem Kind

eine Bildergeschichte vorgelegt wird, die es erzählen soll. Kompetentes Erzählen erfordert u.a. das selbständige Eröffnen der Geschichte, Einführen der Akteure, Beachten von Zusammenhängen der Ereignisse, Markieren von Höhepunkten, Dramatisieren, und Schließen der Geschichte (ebd.).

Von Interesse für die vorliegende Studie ist v.a. die Benennung relevanter Akteure und die sprachliche Umsetzung der in der Geschichte gegebenen Zusammenhänge, da hierzu Fähigkeiten benötigt werden, welche in kontext-reduzierten Situationen generell relevant sind (Cummins, 2008). Für das Geschichtenerzählen typische Indikatoren wie Dramatisieren durch Mimik und Betonung oder Verwendung spielen allerdings beim naturwissenschaftlich ausgerichteten Plan-Do-Review keine Rolle. Es ist somit zu prüfen, ob sich ein möglicher Treatmenteffekt auf Bildungssprache ausreichend im Gesamtwert der Bilderzählung widerspiegelt. Falls im Gesamtwert kein signifikanter Gruppenunterschied nachweisbar ist, sollte überprüft werden, ob ein signifikanter Unterschied in den generell für kontext-reduzierte Situationen relevanten Items besteht.

### **Aufgabenstellung**

Die Bilderzählung besteht aus einem vierseitigen Bildheft (Fried, 2010a), das in vier Bildern folgende Geschichte zeigt: (1) Ein Hund zieht an einer Tischdecke samt Kuchen und Geschirr. (2) alles ist vom Tisch gefallen und der Hund liegt unter der Decke. Ein Mädchen steht daneben und schaut erschrocken. (3) Die Mutter kommt hinzu und schimpft mit dem Mädchen; das Mädchen weint. (4) Mutter und Kind räumen gemeinsam auf. Dabei entdeckt die Mutter den Hund unter der Tischdecke. Auf jeder Bildseite wird eine Szene der Geschichte dargestellt.

Das Bildheft wird Seite für Seite mit einem einzelnen Kind zunächst betrachtet, anschließend soll das Kind die Geschichte zu den Bildern erzählen. Hierfür wird das Bilderbuch noch einmal langsam durchgeblättert, sodass das Kind zu jedem Bild den entsprechenden Teil der Geschichte erzählen kann. Wenn ein Kind nicht selbstständig weitererzählt, kann es durch die Frage: „Und was ist dann passiert?“ ermuntert werden. Die Bilderbuchbetrachtungen wurden videografiert und anschließend transkribiert.

### **Auswertung**

Die transkribierten Bilderzählungen der Kinder werden anhand der Auswertungsanleitung (Fried, 2010b) ausgewertet. Bewertet werden zum einen Fähigkeiten, die für das Geschichtenerzählen spezifisch sind (z.B. Verwenden von indirekter oder wörtlicher Rede, Einsatz von Mimik und Gestik, selbstständiges Erzählen) und andererseits Fähigkeiten, die generell für bildungssprachliche Gesprächssituationen typisch sind (z.B. Verwenden von Satzkonnectoren, Nebensätzen, Benennung aller Akteure) und z.T. auch in der Ra-Bi-Skala vorkommen. Sobald eine Fähigkeit einmal in der Geschichtenerzählung des Kindes auftritt, bekommt es einen Punkt. Durch häufigeres Auftreten können keine weiteren Punkte erzielt werden. Insgesamt können in diesem Test 15 Punkte erreicht werden (vgl. Tabelle 22 Spalte 1). Zählt man nur die Items, die für alle bildungssprachlichen Gesprächssituationen typisch sind (in Tabelle 22, Spalte 2), ergeben sich 7 Punkte.

Tabelle 22:

*Überblick über die Items der Bilderzählung und die Itemauswahl für kontext-reduziertes Beschreiben von Ereignissen*

Items der Bilderzählung (je ein Punkt) vgl. Fried (2010b)	In Itemauswahl	Begründung für (Nicht-)Auswahl
beginnt ohne zusätzliche Ermunterung zu erzählen	nein	Bezieht sich nicht auf das Erzählen wichtiger Inhalte, Lexik oder Grammatik, nicht relevant für Beschreibung von Hebeln oder Hebelwirkung
führt die Erzählung ohne weitere Ermunterung fort.	nein	Bezieht sich nicht auf das Erzählen wichtiger Inhalte, Lexik oder Grammatik, nicht relevant für Beschreibung von Hebeln oder Hebelwirkung
geht auf das Problem / Höhepunkt der Geschichte ein (falscher Verdacht)	ja	Zentraler Inhaltsaspekt wird beschrieben
geht auf die Lösung (Hund als Übeltäter) ein	ja	Zentraler Inhaltsaspekt wird beschrieben
verwendet mindestens eine Haupt-, Nebensatzkonstruktion	ja	Satzgefüge mindestens 1x > RaBi-Niveau 1
verknüpft Hauptsätze durch „Bindewörter“ (und, oder, dann, deswegen...)	ja	RaBi: Kohäsion / Satzgefüge
ersetzt Benennungen von Akteuren oder Inhalten durch Pronomen oder Synonyme	ja	RaBi: Kohäsion
benennt alle Akteure der Geschichte (Mutter, Kind, Hund).	ja	Wortschatz / Kohäsion
erkennt, dass der Hund die Decke runter zieht.	ja	Zentraler Inhaltsaspekt wird beschrieben
erkennt, dass das Kind schreit / sich erschreckt.	ja	Zentraler Inhaltsaspekt wird beschrieben

Items der Bilderzählung (je ein Punkt) vgl. Fried (2010b)	In Itemauswahl	Begründung für (Nicht-)Auswahl
erkennt, dass die Akteure aufräumen / auffegen / putzen.	ja	Zentraler Inhaltsaspekt wird beschrieben
belebt die Erzählung durch Verwendung vokaler und / oder körperlicher Mittel	nein	Bezieht sich nicht auf das Erzählen wichtiger Inhalte, Lexik oder Grammatik, nicht relevant für Beschreibung von Hebeln oder Hebelwirkung
verwendet wörtliche und / oder indirekte Rede	nein	Bezieht sich nicht auf das Erzählen wichtiger Inhalte, Lexik oder Grammatik, nicht relevant für Beschreibung von Hebeln oder Hebelwirkung
leitet die wörtliche Rede ein	nein	nicht relevant für Beschreibung von Hebeln oder Hebelwirkung
deutet die Bildmotive durch Zuschreibungen (Wünsche der Akteure, mögliche Fortsetzung, eigene Urteile).	nein	Geht über Beschreibung hinaus – eher Ausschmücken der Geschichte und somit kein Bezug zu Fähigkeiten, die für das Beschreiben von Hebeln oder Hebelwirkung nötig sind

#### 13.5.4 Kovariate „kognitive Kapazität“

Im Hinblick auf Hebelwirkung ist zu berücksichtigen, dass der Erwerb und die Anwendung des themenspezifischen konzeptuellen Wissens nicht unabhängig von der kognitiven Kapazität der Kinder ist (Andrews et al., 2009; Halford et al., 2002). Dies wurde zwar bei der Testkonstruktion dahingehend berücksichtigt, dass die für den Konzepttest benötigte kognitive Kapazität unterhalb der potenziell für Vorschulkinder möglichen kognitiven Kapazität liegt. Vorschulkinder müssten daher über die notwendige Verarbeitungskapazität zur Lösung der Aufgaben verfügen und die Aufgaben somit mit Hilfe ihres Wissens bearbeiten können. Es ist dennoch möglich, dass sich Unterschiede in der kognitiven Kapazität auf den Erwerb des konzeptuellen Verständnisses über Hebelwirkung auswirken (in der Förderung und durch zufälligen Kontakt im Alltag). Daher wird die kognitive Kapazität erhoben und statistisch kontrolliert. Ausgewählt wurde hierfür der Untertest „Matrizen“ des CFT 1-R.

Der CFT 1-R gibt laut Manual „darüber Aufschluss, bis zu welchem Komplexitätsgrad ein Kind bereits in der Lage ist, insbesondere nonverbale Problemstellungen zu erfassen und zu lösen“ (Weiß & Osterland, 2013, S. 10). Der Untertest Matrizen erfasst „die Fähigkeit, Regeln und Zusammenhänge bei figuralen Problemstellungen zu erkennen“

(Weiß & Osterland, 2013, S. 22) und besteht aus 15 Matrizen verschiedener Komplexitätsstufen. Er wurde außerdem bereits in einer anderen Erhebung zu diesem Thema (Naber, 2016) eingesetzt.

## 13.6 Statistische Analysemethoden und Voraussetzungen

### 13.6.1 Geplante Auswertungsmethode

Die Hypothese zum konzeptuellen Wissen wird mittels Mixed ANCOVA überprüft, da das Design sowohl einen within-Faktor als auch einen between-Faktor enthält. Der Messzeitpunkt stellt den zweistufigen within-Faktor dar, die Zugehörigkeit zu Treatment- oder Baselinegruppe den ebenfalls zweistufigen between-Faktor. Als Kovariate wird der Untertest Matrizen des CFT aufgenommen. Die Überprüfung der Hypothese zu den bildungssprachlichen Fähigkeiten erfolgt mittels Mixed ANOVA, da das gleiche Design vorliegt, die kognitiven Kapazität allerdings keine theoretisch relevante Kovariate für die sprachlichen Fähigkeiten darstellt. Ein signifikanter Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe für die abhängige Variable in der ANCOVA bzw. ANOVA würde jeweils für die Annahme der Hypothese sprechen, dass sich die mit Plan-Do-Review geförderte Gruppe in ihrem Verständnis von Hebelwirkung und ihren bildungssprachlichen Fähigkeiten verbessert.

Das übliche Signifikanzniveau liegt bei  $\alpha = .05$ . In Anbetracht der geringen Stichprobengröße ist es jedoch wahrscheinlich, dass sich auf diesem Niveau keine signifikanten Effekte zeigen, obwohl möglicherweise bedeutsame Effekte vorliegen. G\*Power gibt für die vorliegende Stichprobengröße von  $N = 28$  bei zwei Gruppen und zwei Messzeitpunkten für ein Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  an, dass in einer ANOVA nur recht große Effekte signifikant werden (Cohens  $f \geq .354$ ). Es erscheint deshalb sinnvoll, nicht nur auf Basis der Signifikanz des Interaktionseffektes von Messzeitpunkt und Gruppe bzw. der Zuwächse zu urteilen. Für die Annahme der Hypothese würde darüber hinaus sprechen, wenn sich zwar die Experimentalgruppe in der jeweiligen abhängigen Variable signifikant verbessert, die Kontrollgruppe allerdings nicht. Dies wird innerhalb der mixed AN(C)OVA in SPSS (IBM Corp., 2017) mit Hilfe der geschätzten Randmittel geprüft, welche sich über die Syntax nicht nur für die Haupteffekte, sondern auch für die Interaktion ausgeben lassen und mit Bonferroni-Korrektur berechnet werden.

### 13.6.2 Voraussetzungsprüfung

Voraussetzungen der ANOVA sind Normalverteilung und Varianzhomogenität (Field, 2018).

Laut Shapiro-Wilk-Test kann für die meisten Variablen von Normalverteilung ausgegangen werden (vgl. Tabelle 23). Nicht normalverteilt sind die Morphosyntax im Interview in der Experimentalgruppe zu beiden Messzeitpunkten und der Baselinegruppe zum zweiten Messzeitpunkt, sowie die Itemauswahl der Bilderzählung zum kontextreduzierten Beschreiben für die Experimentalgruppe zum ersten Messzeitpunkt.

Tabelle 23:

Prüfung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test (Vorstudie)

Variable	Gruppe	MZP	Ergebnisse Shapiro-Wilk-Test
Verständnis zweiseitiger Hebel	EG	1	$W(14) = 0.917, p = .201$
		2	$W(14) = 0.932, p = .321$
	BG	1	$W(14) = 0.898, p = .105$
		2	$W(14) = 0.900, p = .112$
Wortschatz zu Hebelwirkung im Interview	EG	1	$W(14) = 0.989, p = .999$
		2	$W(14) = 0.974, p = .926$
	BG	1	$W(14) = 0.918, p = .206$
		2	$W(14) = 0.935, p = .361$
Morphosyntax im Interview	EG	1	$W(14) = 0.872, p = .044^*$
		2	$W(14) = 0.844, p = .018^*$
	BG	1	$W(14) = 0.902, p = .120$
		2	$W(14) = 0.715, p = .001^{**}$
Erzählfähigkeit	EG	1	$W(14) = 0.952, p = .594$
		2	$W(14) = 0.941, p = .429$
	BG	1	$W(14) = 0.909, p = .150$
		2	$W(14) = 0.904, p = .130$
Kontext-reduziertes Beschreiben	EG	1	$W(14) = 0.862, p = .033^*$
		2	$W(14) = 0.929, p = .297$
	BG	1	$W(14) = 0.911, p = .160$
		2	$W(14) = 0.958, p = .694$
Kognitive Kapazität	EG	2	$W(14) = 0.916, p = .195$
	BG	2	$W(14) = 0.934, p = .351$

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, EG: Experimentalgruppe, BG: Baselinegruppe

Varianzhomogenität ist für alle Variablen außer der Morphosyntax im Interview zum ersten Messzeitpunkt gegeben (vgl. Tabelle 24).

Für die ANCOVA muss zusätzlich die Kovariate unabhängig vom Treatmenteffekt sein, d.h. Experimental- und Baselinegruppe dürfen sich nicht signifikant in der kognitiven Kapazität unterscheiden (ebd.). Diese Voraussetzung ist erfüllt ( $F(1, 26) = 2.183, p = .152$ ).

Tabelle 24:

*Prüfung der Varianzhomogenität mittels Levene-Test (Vorstudie)*

Variable	MZP	Ergebnisse Levene-Test
Verständnis zweiseitiger Hebel	1	$F(1, 26) = 0.937, p = .333$
	2	$F(1, 26) = 0.175, p = .679$
Wortschatz zu Hebelwirkung im Interview	1	$F(1, 26) = 2.112, p = .158$
	2	$F(1, 26) = 0.759, p = .392$
Morphosyntax im Interview	1	$F(1, 26) = 23.050, p = .000^{***}$
	2	$F(1, 26) = 3.573, p = .070$
Erzählfähigkeit	1	$F(1, 26) = 1.087, p = .307$
	2	$F(1, 26) = 0.403, p = .518$
Kontext-reduziertes Beschreiben	1	$F(1, 26) = 1.892, p = .181$
	2	$F(1, 26) = 0.017, p = .898$
Kognitive Kapazität	1	$F(1, 26) = 0.371, p = .548$

*Anmerkung:* MZP: Messzeitpunkt

### **Überprüfung auf Outlier**

Ein Outlier oder Ausreißer ist ein Wert, der von der übrigen Werteverteilung deutlich nach oben oder unten abweicht (Field, 2018). Outlier können die Ergebnisse von Hypothesentests erheblich beeinflussen (ebd.). Dennoch sollten auffällige Fälle nicht nur aus statistischen Gründen aus der Stichprobe entfernt werden, sondern es sollten auch nachvollziehbare inhaltliche Gründe vorliegen (ebd.). Zudem ist das Vorkommen einzelner leichter Abweichungen nach oben oder unten bei normalverteilten Daten zu erwarten (ebd.).

Nachfolgend werden die abhängigen Variablen und die Kovariate mittels Boxplots auf Outlier geprüft. Neben der Verteilung der Pre- und Posttestwerte werden auch die Zuwächse, d.h. die Differenz zwischen Posttest und Pretest, betrachtet.

Beim *konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung* gibt es im Pretest (vgl. Abbildung 31) und im Zuwachs (vgl. Abbildung 32) keine Ausreißer. Im Posttest (vgl. Abbildung 31) weichen jedoch zwei Kinder der Baselinegruppe nach oben ab (Kind Nr. 26 und Nr. 32). Es liegen aber keine inhaltlichen Gründe vor, um die Kinder von der weiteren Analyse auszuschließen. Beide Kinder erreichen schon im Pretest eine recht hohe Punktzahl und sind im Zuwachs nicht auffällig. Sie werden daher in der Stichprobe belassen.

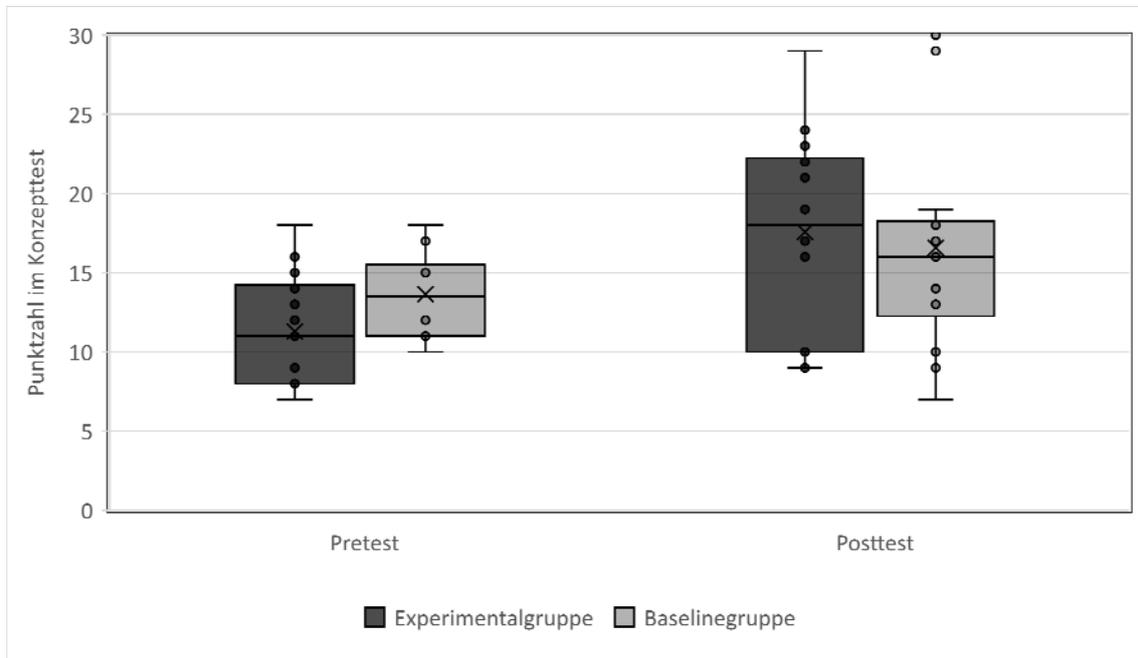


Abbildung 31. Boxplot für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie)

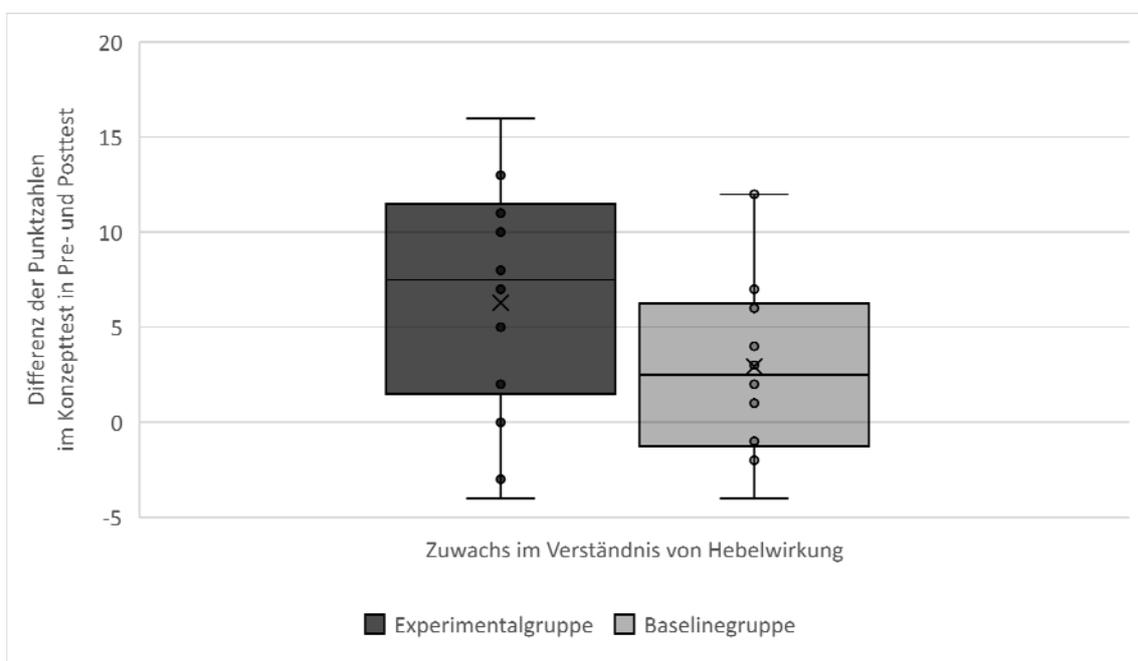


Abbildung 32. Boxplot für den Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie)

In der *kognitiven Kapazität* (vgl. Abbildung 33) liegen keine Ausreißer vor.

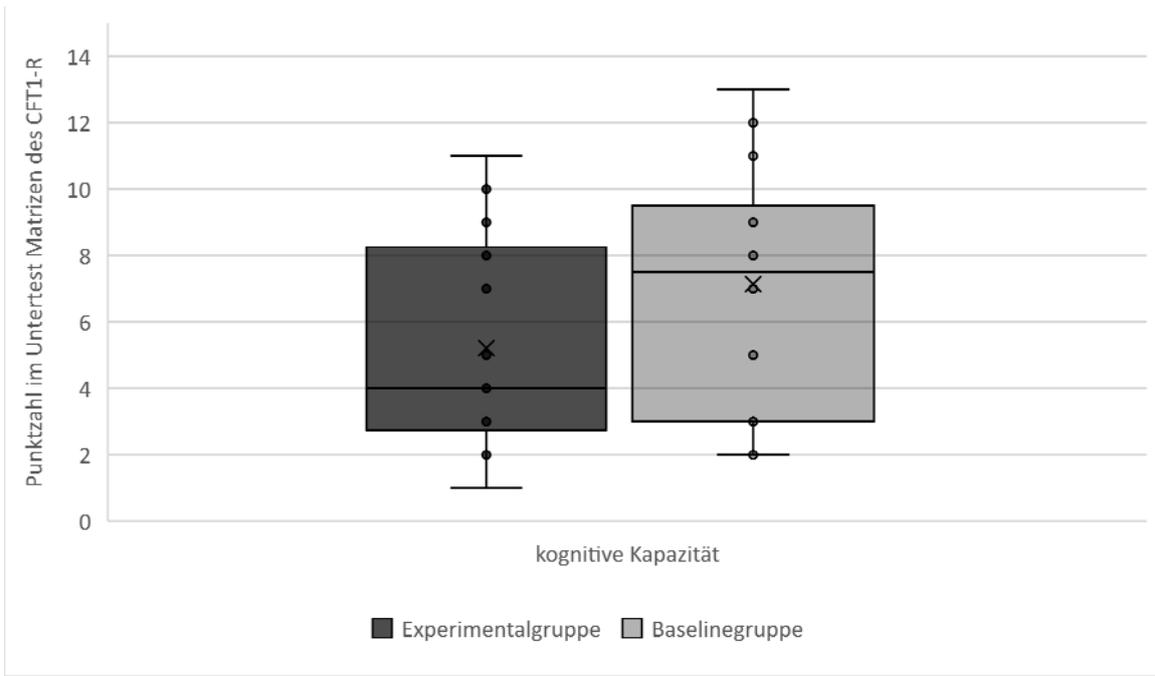


Abbildung 33. Boxplot für die kognitive Kapazität (Vorstudie)

Weder in der Anzahl verschiedener Zielworte im Interview (vgl. Abbildung 34) noch in deren Zuwachs (vgl. Abbildung 35) gibt es auffällige Werte in den Boxplots.

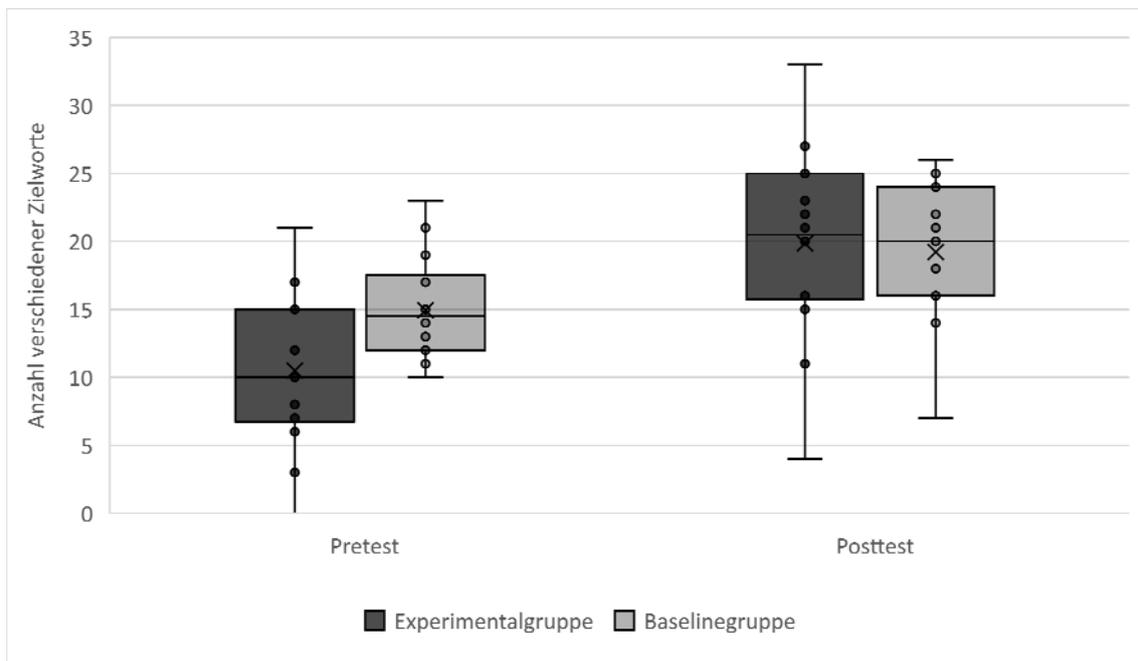


Abbildung 34. Boxplot für die Anzahl verschiedener Zielworte im Interview (Vorstudie)

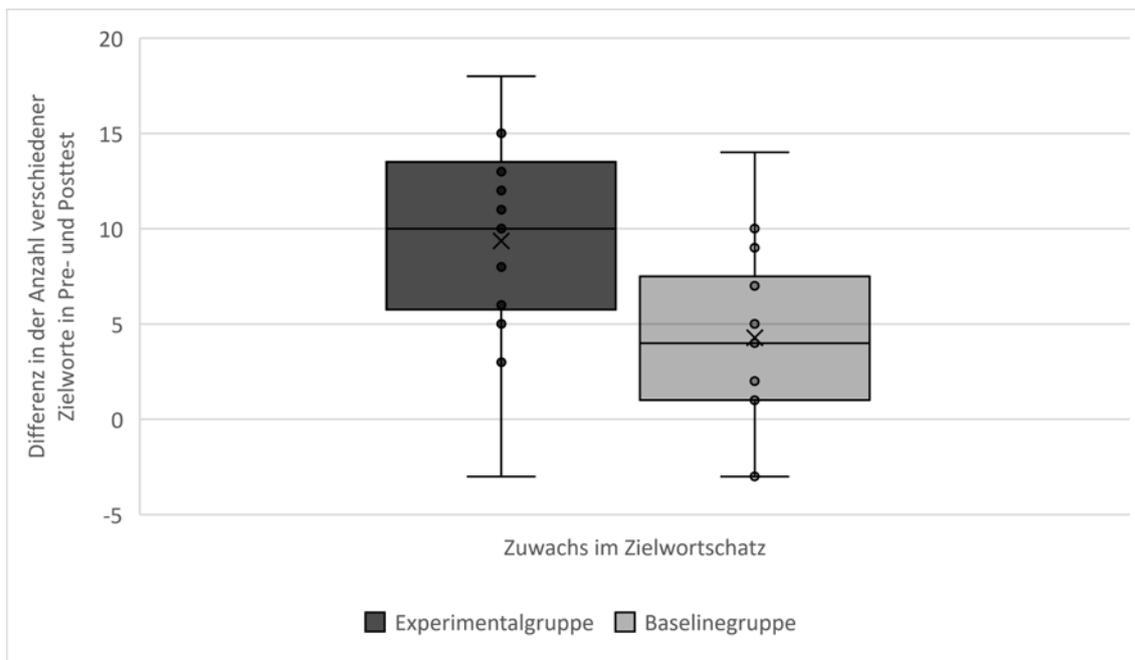


Abbildung 35. Boxplot für den Zuwachs in der Anzahl verschiedener Zielworte im Interview (Vorstudie)

Abbildung 36 zeigt die Verteilung der Werte für das mit Hilfe der RaBi-Skala bestimmte Niveau der im Interview verwendeten *bildungssprachlichen Morphosyntax*. In der Baselinegruppe gibt es sowohl im Pre- als auch im Posttest jeweils einen Wert, der geringfügig nach oben abweicht. Das Kind, das im Pretest im Boxplot auffällt (Nr. 30), ist jedoch im Posttest unauffällig. Im Posttest fällt Kind 28 auf, welches im Pretest unauffällig ist. Der Zuwachs um 0,25 Niveaustufen dieses Kindes (Nr. 28) entspricht zudem der Veränderung der meisten Kinder der Baselinegruppe (vgl. Abbildung 37). Es wird somit davon ausgegangen, dass die Kinder Nr. 28 und 30 zwar in der Entwicklung bildungssprachlicher Morphosyntax recht weit fortgeschritten sind, dies aber noch zum oberen Ende des Normalbereichs gehört und nicht als Ausreißer zu werten ist.

Im Posttest finden sich außerdem in der Baselinegruppe zwei Kinder mit Abweichung nach unten. Eines dieser Kinder (Nr. 21) liegt bei einem Wert von 1,75 und hält sein Niveau vom Pretest. In Anbetracht der Zugehörigkeit zur Baselinegruppe erscheint dies nicht ungewöhnlich.

Das andere Kind (Nr. 31) erreicht im Pretest ebenfalls einen Wert von 1,75 und liegt im Posttest nur noch bei 0,75. In Kohäsion und Satzgefüge verändert sich dieses Kind nicht, allerdings verwendet es im Posttest kaum noch unpersönlichen Konstruktionen oder bildungssprachliche Verbgefüge. Es gibt aber keine Auffälligkeiten in der Durchführung des Interviews oder anderen Erklärungen für die Verschlechterung dieses Kindes. Im Vergleich zur Experimentalgruppe ist das Morphosyntax-Niveau dieses Kindes zudem nicht auffällig. Es wird daher in der Stichprobe belassen.

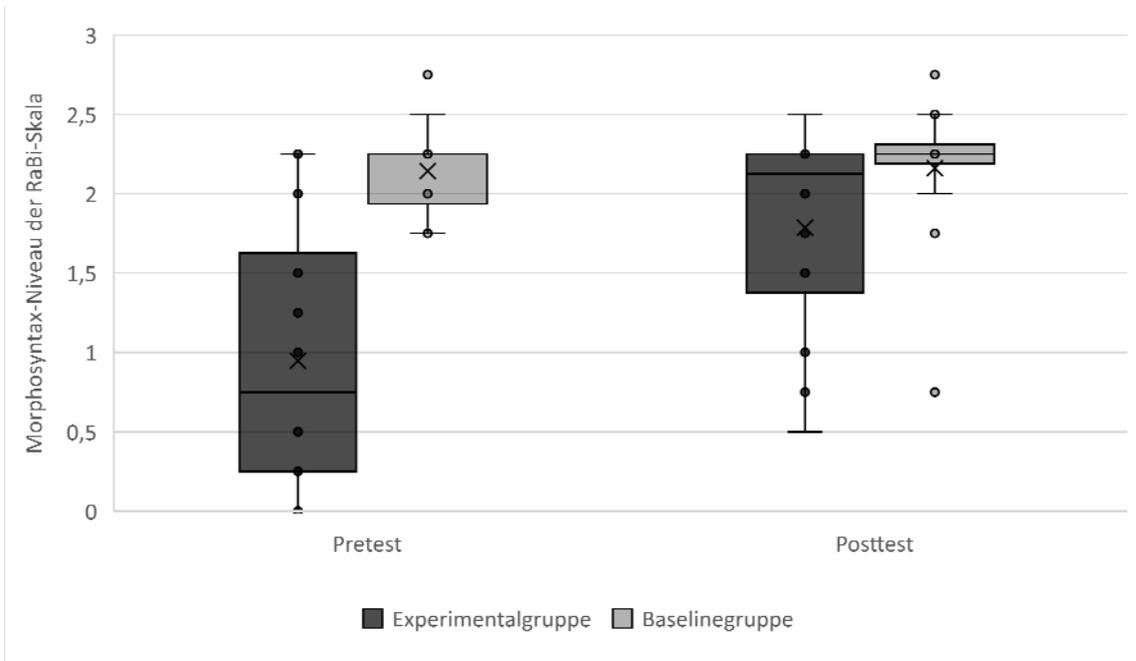


Abbildung 36. Boxplot für Gesamtwert der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala (Vorstudie)

Zwei der vier in Abbildung 36 auffälligen Kinder sind auch im Zuwachs in Abbildung 37 auffällig (Kinder Nr. 30 und Nr. 31). Es sind die einzigen beiden Kinder in der gesamten Stichprobe, die sich verschlechtern. Da für diese Verschlechterungen aber keine Erklärungen (z.B. in der Interviewführung oder durch besondere äußere Umstände) gefunden werden können, muss davon ausgegangen werden, dass sie zur normalen Variabilität der sprachlichen Produktion von Vorschulkindern gehören.

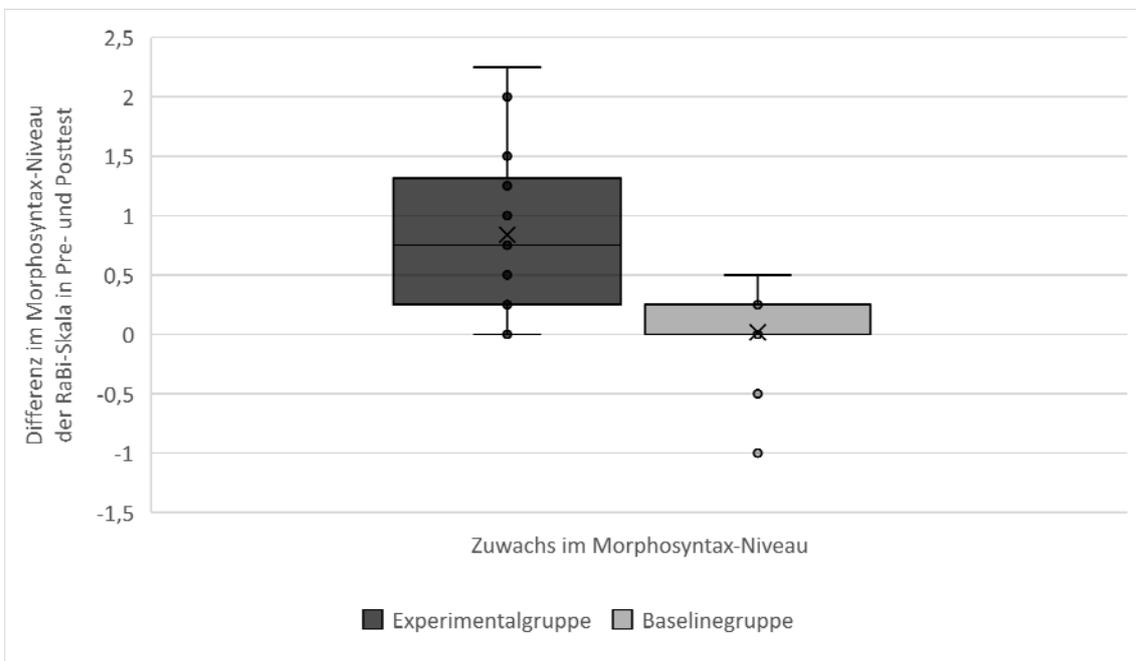


Abbildung 37. Boxplot für den Zuwachs im Gesamtwert der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala (Vorstudie)

In der *Erzählfähigkeit*, die mit der Bilderzählung des Delfin 5 (Fried, 2010a, 2010b) gemessen wurde, gibt es keine auffälligen Werte im Pre- und Posttest (vgl. Abbildung 38).

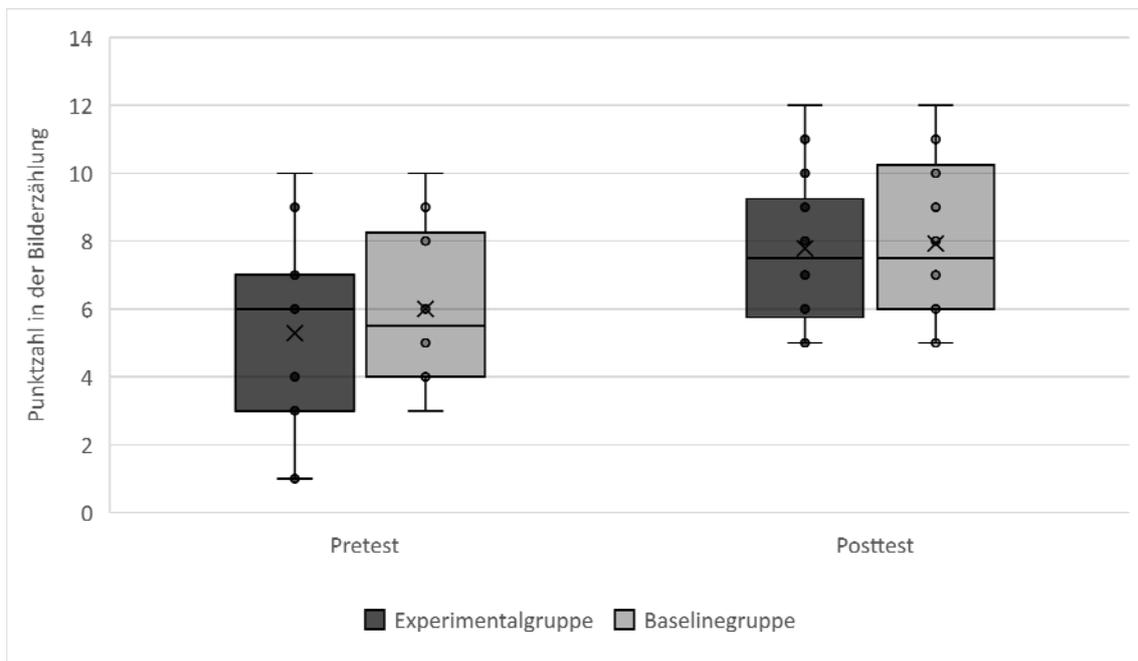


Abbildung 38. Boxplot für die Bilderzählung (Vorstudie)

Im Zuwachs in der Bilderzählung weicht ein Kind (Nr. 22) in der Baselinegruppe im Boxplot nach unten ab (vgl. Abbildung 39). Es gibt keine Auffälligkeiten in der Interviewsituation und das Kind ist in den anderen Erhebungsverfahren unauffällig. Deshalb wird davon ausgegangen, dass diese Abweichung noch zur normalen Variabilität gehört. Das Kind wird daher in der Stichprobe belassen.

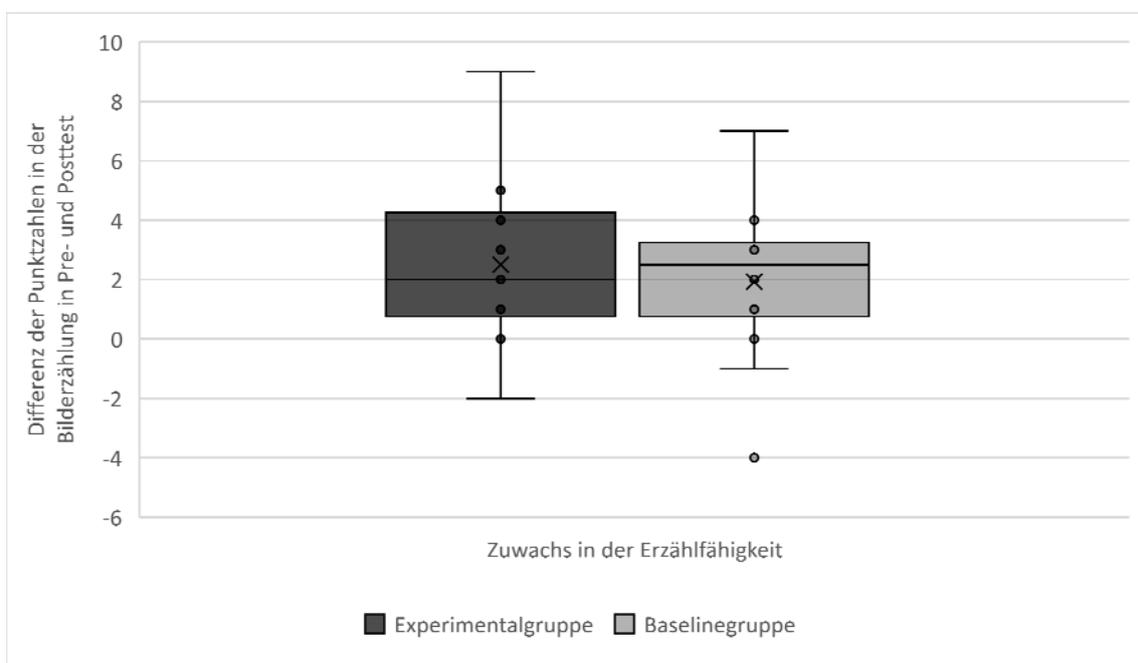


Abbildung 39. Boxplot für den Zuwachs in der Bilderzählung (Vorstudie)

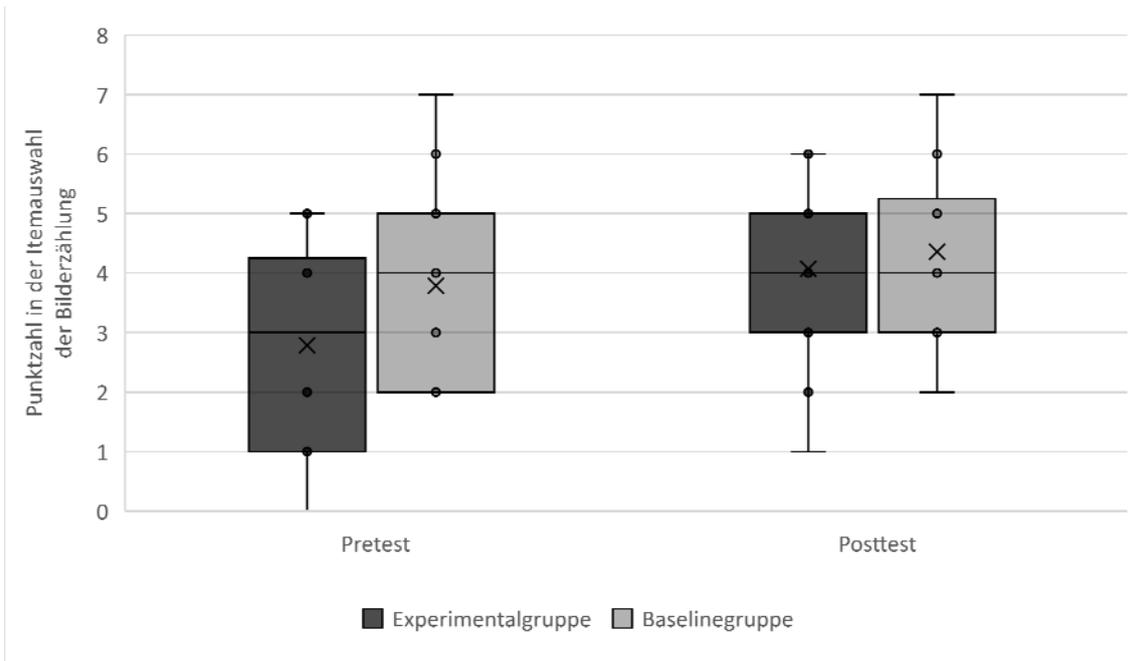


Abbildung 40. Boxplot für das kontext-reduzierte Beschreiben (Vorstudie)

In der Itemauswahl der Bilderzählung, die nur Items enthält, die auch für das *kontext-reduzierte Beschreiben* benötigt werden, gibt es keine auffälligen Werte im Boxplot für Pre- und Posttest (vgl. Abbildung 40).

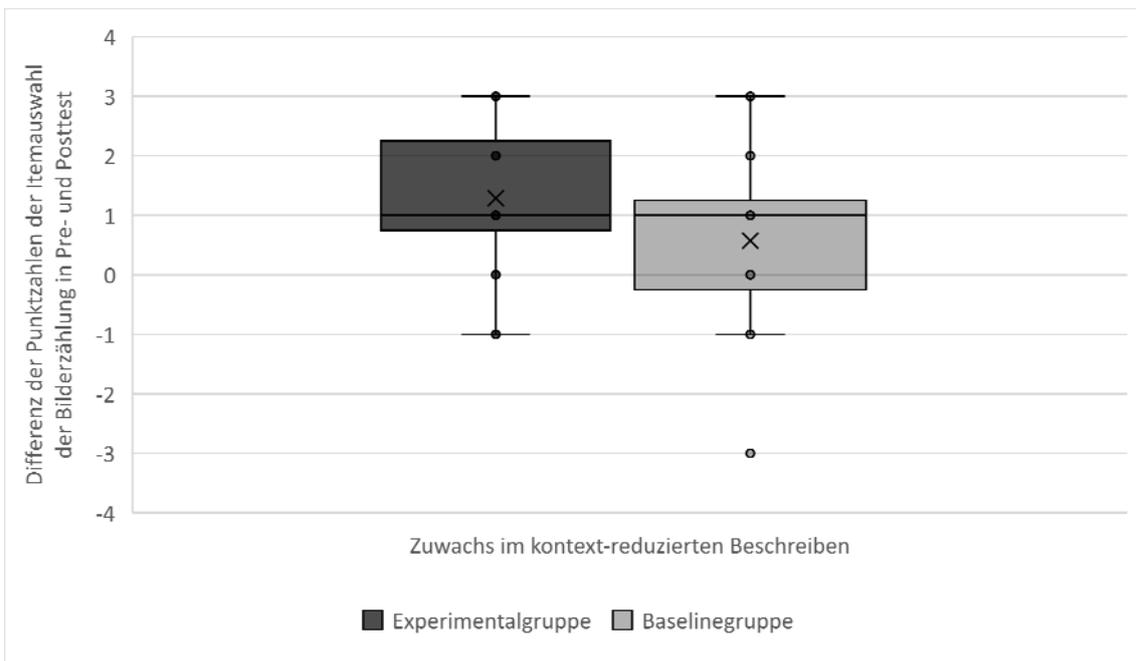


Abbildung 41. Boxplot für den Zuwachs im kontext-reduzierten Beschreiben (Vorstudie)

Im Zuwachs (vgl. Abbildung 41) weicht Kind Nr. 22 leicht nach unten ab. Es erzählt im Posttest weniger detailliert als im Pretest, weshalb es einen vergleichsweise geringen Posttestwert und einen negativen Zuwachs erreicht. Dieses Kind hat auch im Gesamtwert der Bilderzählung einen negativen Zuwachs. Dort wurde aber argumentiert, dass es in keinem anderen Erhebungsverfahren auffällig ist und auch keine Erklärung für die

Verschlechterung vorliegt. Außerdem ist das Kind im Pre- und Posttest sowohl der Bilderzählung als auch der Itemauswahl unauffällig (vgl. Abbildungen 38 und 40), weshalb es in der Stichprobe belassen wird.

Die Betrachtung der Boxplots für die einzelnen Variablen hat ergeben, dass die in den Boxplots auffälligen Werte nur leicht vom Rest der Stichprobe abweichen und keine inhaltlichen Erklärungen für die Abweichungen vorliegen. Es wird deshalb davon ausgegangen, dass diese zu den im Rahmen normalverteilter Daten zu erwartenden Werten gehören und nicht als bedeutsame Ausreißer einzustufen sind. Es wird daher entschieden die Daten nicht zu bereinigen, da davon ausgegangen wird, dass die Werte noch an der Grenze zum Normalbereich liegen.

### *13.6.3 Auswahl alternativer statistischer Verfahren*

Aus der Voraussetzungsprüfung im vorangegangenen Kapitel ergibt sich, dass die meisten Variablen die Annahmen der Normalverteilung und Varianzhomogenität erfüllen, die Kovariate unabhängig vom Treatmenteffekt ist und keine bedeutsamen Ausreißer vorliegen. Daraus folgt, dass weitgehend wie geplant mittels ANCOVA bzw. ANOVA ausgewertet werden kann. Lediglich die Variablen bildungssprachliche Morphosyntax sowie kontext-reduziertes Beschreiben (Itemauswahl der Bilderzählung) erfüllen die Voraussetzungen nicht in allen Gruppen zu allen Messzeitpunkten. Da aufgrund der kleinen Stichprobe nicht von einer Robustheit der ANOVA ausgegangen werden kann (Field, 2018), werden nonparametrische Analysemethoden gewählt. Allerdings steht keine nonparametrische Alternative zur mixed ANOVA in SPSS zur Verfügung (ebd.). Daher wird für die Variablen kontext-reduziertes Beschreiben und bildungssprachliche Morphosyntax die Differenz zwischen Pre- und Posttestwerten berechnet und die Hypothesenprüfung mit Hilfe dieser Differenzwerte (im Folgenden „Zuwächse“) bestimmt. Sofern die Zuwächse normalverteilt und varianzhomogen sind, kann ein *t*-Test für unabhängige Stichproben zur Hypothesenprüfung eingesetzt werden (ebd.).

Die Zuwächse der bildungssprachlichen Morphosyntax sind zwar in der Experimentalgruppe normalverteilt ( $W(14) = 0.920, p = .223$ ), in der Baselinegruppe jedoch nicht ( $W(14) = 0.786, p = .003$ ). Zudem sind die Varianzen der Gruppen nicht homogen ( $F(1, 26) = 5.370, p = .029$ ). Daher wird der Mann-Whitney-U-Test als nonparametrische Alternative für den *t*-Test für unabhängige Gruppen (ebd.) über die Zuwächse gerechnet.

Für die Variable kontext-reduziertes Beschreiben (Itemauswahl der Bilderzählung) sind die Zuwächse normalverteilt (Experimentalgruppe:  $W(14) = 0.903, p = .123$ , Baselinegruppe:  $W(14) = 0.935, p = .643$ ) und varianzhomogen ( $F(1, 26) = 0.233, p = .633$ ). Die Hypothesenprüfung für diese Variable erfolgt mittels *t*-Test für unabhängige Stichproben über die Zuwächse.

## 14. Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Vorstudie mit Bezug zu den einzelnen Forschungsfragen vorgestellt.

### 14.1 Durchführbarkeit der Lernumgebung (Forschungsfrage F<sub>V1</sub>)

Die erste Fragestellung der Vorstudie lautet:

*Ist die entwickelte Lernumgebung mit Vorschulkindern durchführbar?*

Zur Beantwortung der Fragestellung werden die Materialauswahl, Dauer und Fördermethode der Intervention der Vorstudie daraufhin untersucht, welche Aspekte sich mit den Vorschulkindern der Vorstudie problemlos umsetzen ließen und wo Schwierigkeiten aufgetreten sind.

Die Gruppengröße und Dauer der Gesprächs- und Experimentierphasen ließen sich problemlos umsetzen. Es ist gelungen Material auszuwählen, das die Kinder zum Umgang mit Hebeln animiert, und die Kinder konnten mit Hilfe des zur Verfügung stehenden Materials alle Teilkonzepte von Hebelwirkung erfahren. Dennoch bringt das Material einige Nachteile mit sich.

Die Mandeln, die mit den Zangen geöffnet werden konnten, wirkten zwar wie beabsichtigt motivationssteigernd<sup>4</sup>, sie verursachten aber auch viele Krümel, die wieder aufgefegt werden mussten. Zudem musste die Anzahl verfügbarer Mandeln pro Sequenz begrenzt werden, da mit dem Budget der Studie nur eine gewisse Menge davon angeschafft werden konnte. Daraus entstanden Streitigkeiten über die Aufteilung der Mandeln. Letztlich lenkten die Mandeln also mehr vom Lerninhalt ab, als sie durch Motivationssteigerung positiv beitragen konnten.

Ein wesentlicher Nachteil ist, dass nicht an jedem Hebel jedes relevante Merkmal einzeln variiert werden konnte, was sich besonders ungünstig auf den Aufbau korrekter Vorstellungen zum Kraftarm am Beispiel Schere auswirkte (vgl. Kapitel 14.2.1).

Bei Balkenwaagen war die ausschließliche Variation des Abstands nur dann gegeben, wenn die Kinder auf beiden Hebelarmen die gleiche Art und Anzahl von Gewichten verwenden. Dies wurde dadurch erschwert, dass den Kindern in der Lernumgebung zur Festigung des Teilkonzeptes Gewichts mehrere Gewichte zur Verfügung standen. Die Kinder wurden zwar bei den Planungsgesprächen zu Experimenten zum Abstand darauf aufmerksam gemacht, dass auf beiden Seiten der Waage das gleiche Gewicht zu verwenden ist; jedoch gelang die Umsetzung dieser Empfehlung in der Do-Phase i.d.R. nicht.

Bei den Scheren wurde probeweise eine Nagelschere zusätzlich zu den drei Scheren mit gleichlangem Griff aber verschieden langer Schneide aufgenommen, um den Kindern auch Erfahrungen mit der Variation des Kraftarms an Scheren zu ermöglichen. Es zeigte

---

<sup>4</sup> In den meisten Sequenzen äußerte nahezu jedes Kind in der Planungsphase, dass es Mandeln knacken möchte.

sich, dass die Kinder diese Nagelschere bevorzugt benutzten, da sie sehr viel handlicher ist, als die größeren Papier- und Haushaltsscheren und durch den kurzen Lastarm eine gute Kraftübertragung ermöglicht. Das Berücksichtigen der gleichzeitigen Variation von Last- und Kraftarm stellte sich für die Kinder jedoch erwartungsgemäß schwierig dar. In der Förderung wurde versucht dies aufzufangen, indem der Kraftarm am Beispiel Schere von Sequenz 7 auf Sequenz 4 vorgezogen wurde. Dennoch scheint die Nagelschere den Aufbau von Fehlvorstellungen zum Kraftarm am Beispiel Schere begünstigt zu haben (vgl. Kapitel 14.2.1).

Erprobt wurde außerdem, inwiefern Vorschulkinder mit Mobiles experimentieren und welche Förderpotenziale daraus resultieren. Es zeigte sich, dass das zur Verfügung gestellte Mobile-Material von den Kindern nicht genutzt wurde.

Das Material wurde in zwei Kisten (Hebel und Nicht-Hebel) organisiert, da nur ein bis zwei Anwendungsfälle pro Teilkonzept zur Verfügung standen, weshalb die Organisation des Materials in Experimentierreihen nicht sinnvoll gewesen wäre.

Zu Beginn der jeweiligen Sequenz sollten die Kinder die für ihre Pläne benötigten Materialien aus den Kisten entnehmen und am Ende der Do-Phase wieder dorthin zurücklegen. Dies hatte den Nachteil, dass es immer wieder zu Unstimmigkeiten kam, wer gerade was benutzt und wer am Ende was aufräumt. Zudem war die Unterscheidung in Hebel und Nichthebel für die Kinder auch gegen Ende der Förderung noch nicht nachvollziehbar. Die Organisation in Kisten ist somit ungeeignet.

In der Sequenzierung mussten geringfügige Änderungen vorgenommen werden. Der Kraftarm wurde an Schere und Nageleisen separat betrachtet, da die Nagelschere das Verständnis des Kraftarms am Beispiel Schere erschwerte (s.o.). In Sequenz 5 wurden die bisherigen Erkenntnisse der Kinder zusammengetragen, da die Kinder bereits herausgefunden hatten, welches Werkzeug sich im jeweiligen Anwendungsbeispiel am besten eignet: Die Nagelschere schneidet am besten den dicken Karton, mit den längeren Nageleisen kann man die Schrauben leichter herausziehen und mit der längsten Zange kann man am leichtesten die Drähte schneiden. Allerdings fokussierten die Kinder die Gesamtgröße der Werkzeuge und kamen deshalb zu widersprüchlichen Ergebnissen: Die Zangen und Nageleisen erbrachten in den Augen der Kinder übereinstimmende Ergebnisse („das Größte / Längste geht am besten“), die Schere widersprach dieser Erkenntnis aber, da die Nagelschere nicht nur über einen kürzeren Kraftarm, sondern auch über einen kürzeren Lastarm verfügt und sie zudem für die Kinder handlicher war als die übrigen Scheren (d.h. es gelang ihnen bei der Nagelschere auch besser, die Schere so weit zu öffnen, dass sie den Karton kurz vor dem Drehpunkt ansetzen konnten). Aufgrund dieser Beobachtungen wurde der Aufmerksamkeitsfokus der Kinder in Sequenz 5 auf die einzelnen Werkzeugteile (Hebelarme) gelenkt. Durch das Einfügen der Zusammenfassung in Sequenz 5 und der separaten Betrachtung des Kraftarms an der Schere ist der Interventionszeitraum somit um zwei Sitzungen länger, als bei der ursprünglich aus der Theorie abgeleiteten Sequenzierung in Kapitel 11.3.3.

## 14.2 Wirksamkeit der Lernumgebung im Vergleich zum Kita-Alltag (Forschungsfrage F<sub>v2</sub>)

In Kapitel 12 wurden die Forschungsfrage und Hypothesen wie folgt formuliert:

*F<sub>N3</sub>: Fördert die Lernumgebung bildungssprachliche Fähigkeiten und naturwissenschaftliche Konzepte von Vorschulkindern stärker als der Kita-Alltag?*

*H<sub>v1</sub>: Untersuchungen zum Kita-Alltag legen nahe, dass dort nur selten eine gezielte Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte stattfindet. Es ist daher zu erwarten, dass die gezielte Förderung einer Lernumgebung bei Kontrolle der kognitiven Kapazität zu einem größeren Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung führt, als die ausschließliche Teilnahme am Kita-Alltag ohne diese Lernumgebung.*

*H<sub>v2</sub>: Aus Studien zu pädagogischer Qualität, Sprachförderung und sustained shared thinking lässt sich ableiten, dass kontext-reduzierte Gespräche und verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache im Kita-Alltag nur selten vorkommen. Im Gegensatz dazu sollen in der Lernumgebung gezielt kontext-reduzierte Gespräche und verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache eingesetzt werden. Es ist daher zu erwarten, dass sich eine mit der Lernumgebung geförderte Gruppe stärker in ihren bildungssprachlichen Fähigkeiten entwickelt, als eine Gruppe, die am Kita-Alltag ohne spezifische Förderung teilnimmt.*

Nachfolgend werden die Ergebnisse der Hypothesentests für das konzeptuelle Verständnis und die bildungssprachlichen Fähigkeiten zu Hebelwirkung sowie für Erzählfähigkeit berichtet.

### 14.2.1 Verständnis zweiseitiger Hebel

Im Pretest zeigt die Experimentalgruppe ein deutlich geringeres Verständnis zweiseitiger Hebel als die Baselinegruppe (vgl. Tabelle 25). Dieser Unterschied ist nahezu signifikant mit einem mittleren Effekt. Im Posttest unterscheiden sich beide Gruppen nur noch mit sehr kleinem nicht signifikantem Effekt. In der kognitiven Kapazität gibt es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen (vgl. Tabelle 26).

Tabelle 25:

*Deskriptive Statistik für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie)*

MZP	Experimentalgruppe				Baselinegruppe				p	d
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX		
1	11.29	3.50	7	18	13.64	2.65	10	18	.055	0.76
2	17.57	6.28	9	29	16.57	6.55	7	30	.684	0.16

*Anmerkungen:* MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest. Die p-Werte beziehen sich auf t-Tests für unabhängige Stichproben.

Tabelle 26:

Deskriptive Statistik für die kognitive Kapazität (Vorstudie)

MZIP	Experimentalgruppe				Baselinegruppe				<i>p</i>	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	MIN	MAX	<i>M</i>	<i>SD</i>	MIN	MAX		
2	5.21	3.22	1	11	7.14	3.68	2	13	.152	0.55

Anmerkungen: MZIP: Messzeitpunkt, MZIP 1: Pretest. Die *p*-Werte beziehen sich auf *t*-Tests für unabhängige Stichproben.

Die mixed ANCOVA (vgl. Tabelle 27) ergibt für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung einen signifikanten starken Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe. Kinder, die an der Lernumgebung zu Hebelwirkung mit kontext-reduzierten Gesprächen teilgenommen haben, verbessern sich stärker im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung als Kinder, die am Kita-Alltag teilgenommen haben. Die Interaktion von Messzeitpunkt und kognitiver Kapazität ist marginalsignifikant mit mittlerem Effekt. Kinder mit höherer kognitiver Kapazität lernen mehr dazu ( $r = .243, p = .212$ ). Ein deutlicher Zusammenhang liegt in der Baseline-Gruppe vor ( $r = .503, p = .067$ ), in der Experimentalgruppe lediglich ein schwacher ( $r = .229, p = .431$ ).

Tabelle 27:

Ergebnisse der mixed ANCOVA für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung mit kognitiver Kapazität als Kovariate (Vorstudie)

Effekt	<i>F</i> <sup>a</sup>	<i>p</i>	partielles $\eta^2$	Cohens <i>f</i>
MZIP	0.235	.632	.009	0.10
MZIP x kogKap	3.609	.069	.126	0.38
MZIP x Gruppe	4.497	.044*	.152	0.42
kogKap	1.689	.206	.063	0.26
Gruppe	0.003	.956	.000	0.00

Anmerkungen: MZIP: Messzeitpunkt, kogKap: kognitive Kapazität, <sup>a</sup> alle mit *df* = 1, 25, \* signifikanter Effekt.

Abbildung 42 stellt die Veränderung im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung zwischen Pre- zu Posttest in den beiden Untersuchungsgruppen unter Berücksichtigung der Kovariate graphisch dar.

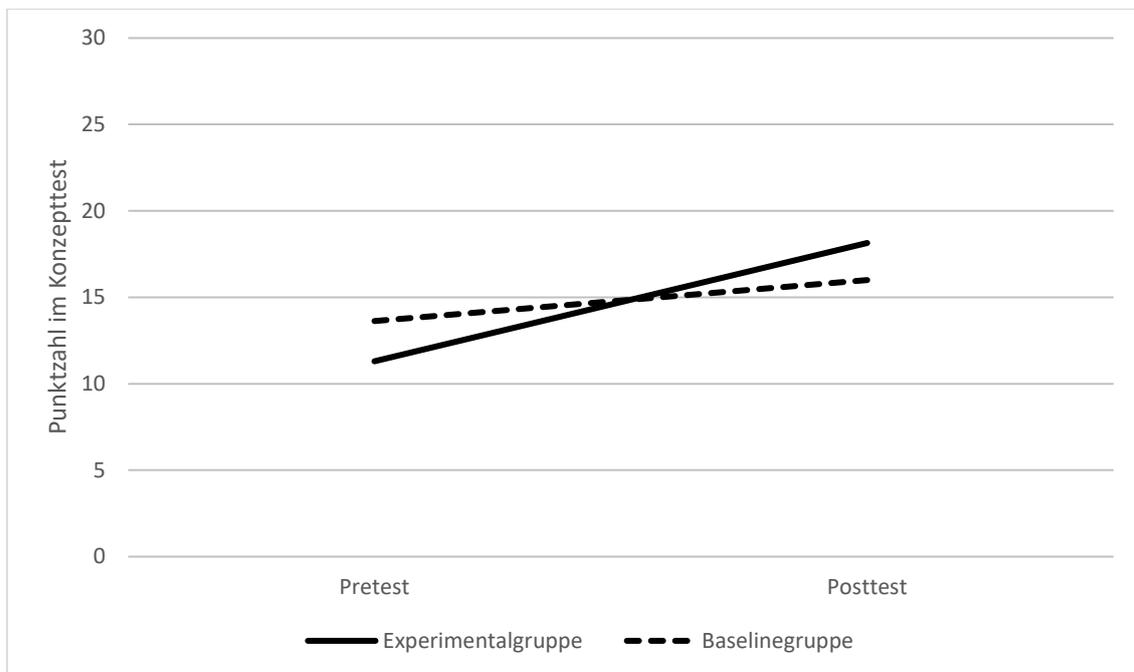


Abbildung 42. Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie) basierend auf den geschätzten Randmitteln unter Berücksichtigung der Kovariate mit  $M = 6.18$ .

Der signifikante starke Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe spricht für die Hypothese, dass das Treatment der Experimentalgruppe einen stärkeren Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung bewirkt als der normale Kita-Alltag.

Im Folgenden werden die Ergebnisse auf Ebene der einzelnen Teilkonzepte von Hebelwirkung deskriptiv betrachtet, um näheren Aufschluss darüber zu gewinnen, ob die Intervention auf alle Teilkonzepte gleichermaßen gewirkt hat. Tabelle 28 gibt einen Überblick über den Anteil der „Könnner“. Könnner sind Kinder, die über das jeweilige Teilkonzept verfügen. Es wird davon ausgegangen, dass ein Kind über ein Teilkonzept verfügt, wenn es höchstens eins der drei bzw. vier Items eines Itemtyps falsch beantwortet.

Zum ersten Messzeitpunkt verfügt in beiden Gruppen lediglich bei Last und Balance mehr als die Hälfte der Kinder über das jeweilige Teilkonzept. In der Baselinegruppe verändert sich dieser Anteil im Posttest nicht, in der Experimentalgruppe steigt er noch an. In allen Teilkonzepten außer dem Kraftarm an der Schere ist der Zuwachs im Anteil der Könnner in der Experimentalgruppe höher als in der Baselinegruppe.  $\chi^2$ -Tests zeigen allerdings zu keinem der Messzeitpunkte signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen.

Tabelle 28:  
Anteil der "Köner" pro Teilkonzept (Vorstudie)

Teilkonzept von Hebelwirkung	Pretest		Posttest	
	EG	BG	EG	BG
Gewicht	29 %	50 %	64 %	64 %
Abstand	21 %	36 %	36 %	50 %
Balance	50 %	64 %	71 %	64 %
Last	64 %	79 %	79 %	79 %
Kraftarm Schere	21 %	7 %	29 %	29 %
Kraftarm Nageleisen	21 %	7 %	57 %	36 %
Kraftarm Zange	29 %	14 %	64 %	43 %
Lastarm Schere	36 %	57 %	50 %	50 %
Lastarm Nageleisen	14 %	36 %	43 %	57 %

Anmerkungen: EG: Experimentalgruppe, BG: Baselinegruppe, alle Unterschiede n.s.

#### 14.2.2 Bildungssprache zu Hebelwirkung

Die bildungssprachlichen Fähigkeiten zu zweiseitigen Hebeln wurden mittels eines Interviews erhoben, indem anschließend das Vorkommen unterschiedlicher Zielworte und bildungssprachlicher grammatikalischer Merkmale kodiert wurde. Die Ergebnisse werden daher getrennt für Wortschatz und Grammatik berichtet.

#### Wortschatz

Im Zielwortschatz zu zweiseitigen Hebeln erreicht die Experimentalgruppe im Pretest signifikant weniger Punkte als die Baselinegruppe. Im Posttest besteht hingegen kein Gruppenunterschied mehr (vgl. Tabelle 29).

Tabelle 29:  
Deskriptive Statistik für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Vorstudie)

MZP	Experimentalgruppe				Baselinegruppe				p	d
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX		
1	10.43	5.68	0	21	14.93	3.85	10	23	.024*	0.91
2	19.86	7.21	4	33	19.21	5.16	7	26	.788	0.10

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest, \* signifikanter Effekt im t-Test für unabhängige Stichproben.

Es gibt einen starken signifikanten Effekt des Messzeitpunktes (vgl. Tabelle 30), da sich beide Gruppen im Zielwortschatz verbessern (vgl. Tabelle 29). Der Zuwachs im Zielwortschatz unterscheidet sich jedoch signifikant zwischen den Gruppen: Es liegt ein starker signifikanter Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe vor (vgl. Tabelle 30). Kinder, die an der Lernumgebung zu Hebelwirkung mit kontext-reduzierten Gesprächen teilgenommen haben, verbessern sich stärker im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung als Kinder, die am Kita-Alltag teilgenommen haben (vgl. Tabelle 29). Dies kann auch der graphischen Darstellung in Abbildung 43 entnommen werden und spricht für die Annahme der Hypothese, dass das Treatment der Experimentalgruppe Bildungssprache stärker fördert, als der normale Kita-Alltag.

Tabelle 30:

*Ergebnisse der mixed ANOVA für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Vorstudie)*

Effekt	$F^a$	$p$	partielles $\eta^2$	Cohens $f$
MZP	49.811	.000*	.657	1.38
MZP x Gruppe	6.883	.014*	.209	0.51
Gruppe	1.001	.326	.037	0.20

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, <sup>a</sup> alle mit  $df = 1, 26$ , \* signifikanter Effekt.

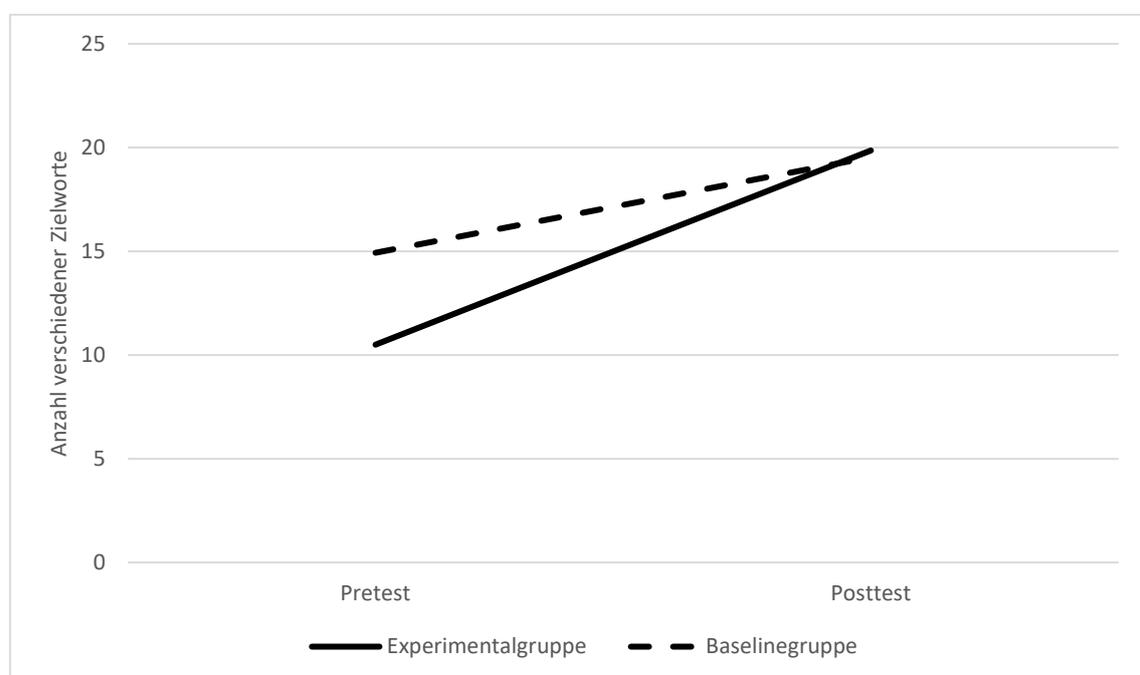


Abbildung 43. Zuwachs in der Anzahl unterschiedlicher relevanter Worte im Interview (Vorstudie)

Tabelle 31 gibt einen Überblick über die Mittelwerte auf Ebene der Wortarten. Sie zeigt, dass die Baselinegruppe zum ersten Messzeitpunkt signifikant mehr Verben und Adjektive zur zielgerichteten Beschreibung von Hebeln verwendet als die Experimentalgruppe. Zum zweiten Erhebungszeitpunkt nutzt die Experimentalgruppe hingegen signifikant mehr Nomen. Der Zuwachs der Experimentalgruppe ist in nahezu allen Worten größer als in der Baselinegruppe. Signifikante Gruppenunterschiede bestehen im Zuwachs der Nomen und spezifischen Verben.

Tabelle 31:

*Zielworte pro Wortart (Vorstudie)*

Wortart	Pretest			Posttest			Zuwachs		
	EG	BG	<i>p</i>	EG	BG	<i>p</i>	EG	BG	<i>p</i>
Nomen	3	3	.881	6	4	.033*	3	1	.019*
Verben	4	6	.045*	8	8	1.0	4	2	.141
nur spezifische	2	3	.059	5	4	.464	3	1	.036*
nur unspez. mit Vorsilbe	2	3	.265	4	4	.526	2	1	.874
Adjektive	4	6	.025*	6	7	.266	2	1	.301
nur Grundform	2	3	.240	3	4	.364	1	1	1.00
nur Komparativ	1	3	.016*	2	3	.100	1	0	.300
nur Superlativ	0	0	.178	0	0	.207	0	0	.075

*Anmerkungen:* EG: Experimentalgruppe, BG: Baselinegruppe, \* signifikanter Effekt. Angegeben sind die Mittelwerte gerundet auf ganze Zahlen. Die *p*-Werte beziehen sich auf *t*-Tests für unabhängige Stichproben.

### **Grammatik**

Die grammatikalischen Fähigkeiten wurden mit der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala auf Basis der Interview-Transkripte erfasst. Der Mittelwert der Experimentalgruppe liegt im Pretest auf alltagssprachlichem Niveau, der der Baselinegruppe auf alltäglichem bildungssprachlichem Niveau (vgl. Tabelle 32). Dieser Gruppenunterschied ist signifikant und entspricht einem großen Effekt. Im Posttest besteht kein Gruppenunterschied mehr.

Tabelle 32:

Deskriptive Statistik für die Morphosyntax zu zweiseitigen Hebeln (Vorstudie)

MZP	Experimentalgruppe				Baselinegruppe				p	r
	M	SD	MIN	MAX	M	SD	MIN	MAX		
1	0.95	0.84	0	2.25	2.14	0.29	1.75	2.75	.000*	0.56
2	1.79	0.64	0.5	2.5	2.16	0.47	0.75	2.75	.094	0.33

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest, \* signifikanter Effekt im Mann-Whitney-U-Test.

Die Hypothesenprüfung der grammatikalischen Fähigkeiten erfolgt mittels nonparametrischer Tests (vgl. Kapitel 13.6.3). Der Mann-Whitney-U-Test zeigt, dass die Zuwächse der Experimentalgruppe signifikant größer sind als die der Baselinegruppe mit  $U = 26.00$ ,  $Z = -3.38$ ,  $p_{\text{einseitig}} < .001$ ,  $r = -0.64$  (großer Effekt). Abbildung 44 stellt die Mittelwerte der Gruppen graphisch dar.

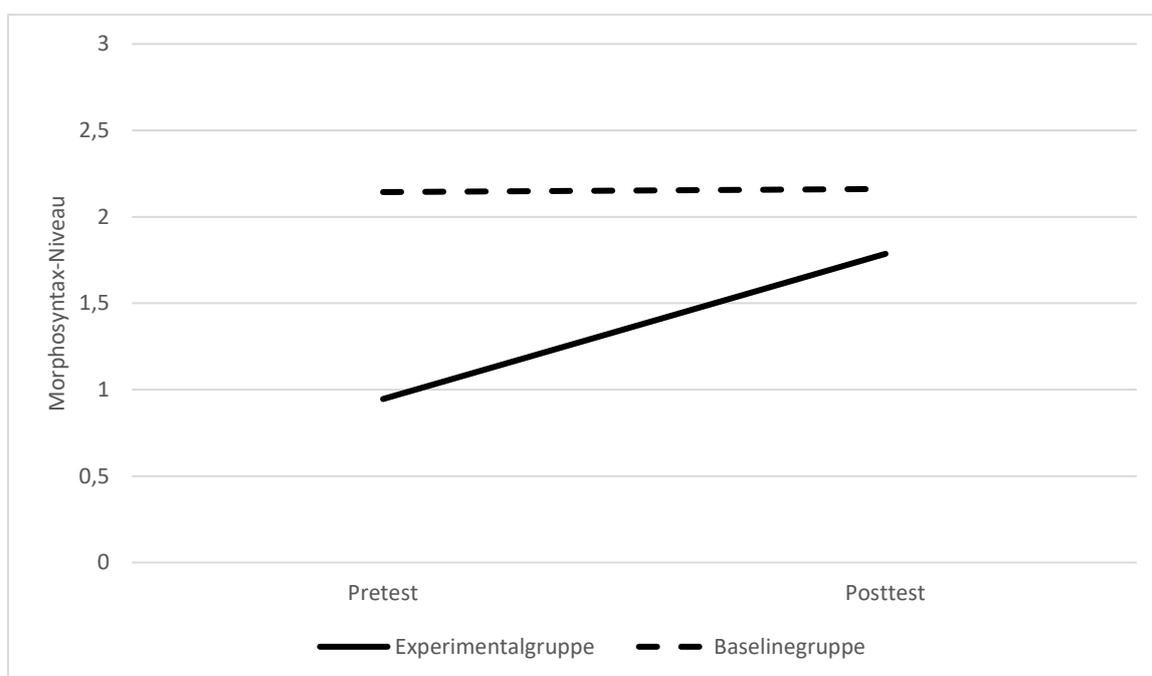


Abbildung 44. Zuwachs im Morphosyntax-Niveau (Vorstudie)

Der signifikant stärkere Zuwachs des Morphosyntaxniveaus der Experimentalgruppe spricht dafür, dass das Treatment die bildungssprachlichen Fähigkeiten stärker fördert als der Kita-Alltag.

#### 14.2.3 Bildungssprache als Erzählfähigkeit

Ergänzend zu den bildungssprachlichen Fähigkeiten mit direktem Bezug zu Hebelwirkung wurde die Erzählfähigkeit erhoben, da bestimmte morphosyntaktische Merkmale von Erzählfähigkeit auch für kontext-reduziertes Beschreiben eine Rolle spielen.

In der Erzählfähigkeit unterscheiden sich Experimental- und Baselinegruppe zu keinem der beiden Messzeitpunkte (vgl. Tabelle 33). Es liegt somit auch kein signifikanter Unterschied im Zuwachs vor, sondern nur ein signifikanter Haupteffekt im Messzeitpunkt (vgl. Tabelle 34).

Tabelle 33:

*Deskriptive Statistik für die Erzählfähigkeit (Vorstudie)*

MZP	Experimentalgruppe				Baselinegruppe				<i>p</i>	<i>d</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	MIN	MAX	<i>M</i>	<i>SD</i>	MIN	MAX		
1	5.29	2.73	1	10	6.00	2.18	3	10	.451	0.29
2	7.79	2.23	5	12	7.93	2.40	5	12	.872	0.06

*Anmerkungen:* MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest. Die *p*-Werte beziehen sich auf einen *t*-Test für unabhängige Stichproben.

Tabelle 34:

*Ergebnisse der mixed ANOVA für die Erzählfähigkeit (Vorstudie)*

Effekt	<i>F</i> <sup>a</sup>	<i>p</i>	partielles $\eta^2$	Cohens <i>f</i>
MZP	19.354	.000*	.427	0.86
MZP x Gruppe	0.322	.575	.012	0.11
Gruppe	0.325	.574	.012	0.11

*Anmerkungen:* MZP: Messzeitpunkt, <sup>a</sup> alle mit *df* = 1, 26, \* signifikanter Effekt.

### **Kontext-reduziertes Beschreiben**

Werden in die Auswertung der Erzählfähigkeit nur die für die Intervention relevanten Items einbezogen, gibt es ebenfalls keine signifikanten Gruppenunterschiede im Pre- und Posttest (vgl. Tabelle 35).

Tabelle 35:

*Deskriptive Statistik für die kontext-reduziertes Beschreiben (Vorstudie)*

MZP	Experimentalgruppe				Baselinegruppe				<i>p</i>	<i>r</i>
	<i>M</i>	<i>SD</i>	MIN	MAX	<i>M</i>	<i>SD</i>	MIN	MAX		
1	2.79	1.81	0	5	3.79	1.58	2	7	.194	0.25
2	4.07	1.44	1	6	4.36	1.39	2	7	.598	0.10

*Anmerkungen:* MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest. Die *p*-Werte beziehen sich zu MZP 1 auf den Mann-Whitney-U-Test und zu MZP 2 auf einen *t*-Test für unabhängige Stichproben. Die Effektstärke wird einheitlich in *r* angegeben

Da für die Experimentalgruppe zum ersten Messzeitpunkt keine Normalverteilung angenommen werden kann, die Zuwächse aber normalverteilt und varianzhomogen sind, erfolgt ein  $t$ -Test über die Zuwächse zur Überprüfung der Hypothese. Dieser zeigt einen mit  $t(26) = 1.28$ ,  $p_{\text{einseitig}} = .11$ ,  $r = 0.24$  nichtsignifikanten nahezu mittleren Effekt. Dies spricht gegen die Hypothese, dass Plan-Do-Review kontext-reduziertes Beschreiben fördert. Prüft man aber, ob eine signifikante Verbesserung zwischen den Messzeitpunkten innerhalb der Gruppen besteht, entsteht ein anderes Bild. Für die Verbesserung der Experimentalgruppe zeigt sich ein signifikanter starker Effekt ( $T = 83$ ,  $z = 2.67$ ,  $p < .01$ ,  $r = 0.52$ ), für die Baselinegruppe hingegen nicht ( $t(13) = -1.33$ ,  $p = .21$ ,  $r = .35$  (kleiner Effekt)). Dies spricht eher für die Annahme der Hypothese, dass Plan-Do-Review kontext-reduziertes Beschreiben stärker fördert als der Kita-Alltag.

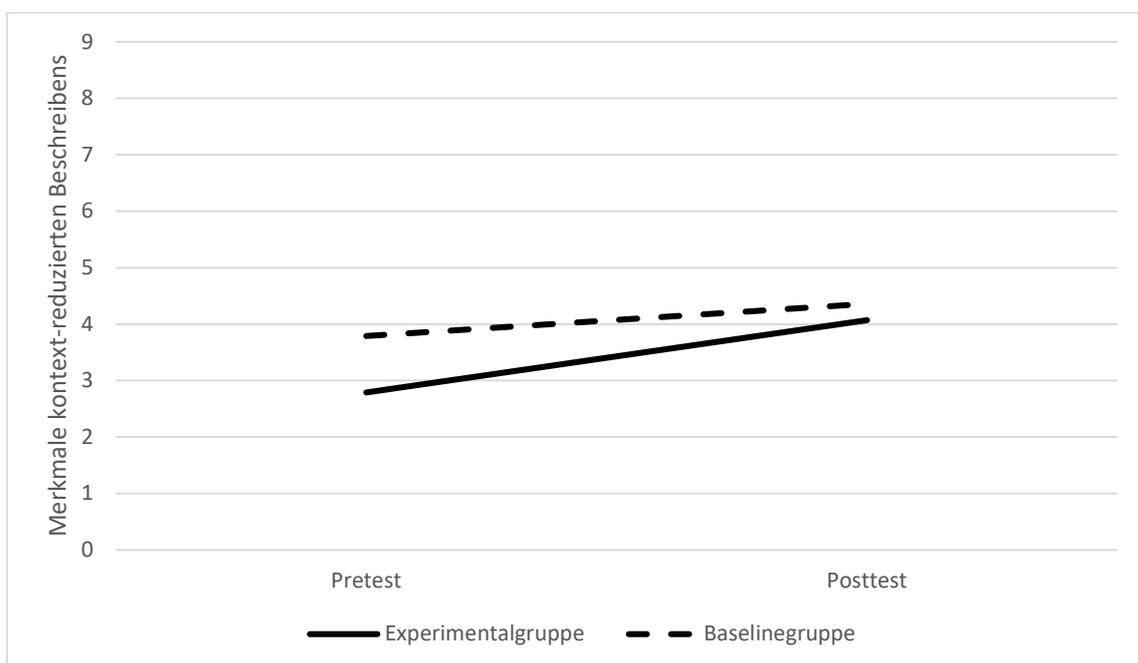


Abbildung 45. Zuwachs im kontext-reduzierten Beschreiben (Vorstudie)

## 15. Diskussion der Vorstudie und Konsequenzen für die Hauptstudie

Die Vorstudie hatte das Ziel zu überprüfen, ob eine Lernumgebung, die handelnde Erfahrungen mit Hebelwirkung ermöglicht und diese durch kontext-reduzierte Planungs- und Reflexionsgespräche unterstützt, geeignet ist, um Vorschulkinder sowohl in ihrem konzeptuellen Wissen über Hebelwirkung als auch in ihren bildungssprachlichen Fähigkeiten zu fördern. Da eine solche Lernumgebung bisher noch nicht verfügbar war, wurde sie im Rahmen der Vorstudie ausgehend von der theoretischen Basis der Arbeit entwickelt. Es zeigte sich, dass es schwierig ist, passendes Material für eine solche Lernumgebung zu finden und dass die ursprüngliche Sequenzierung geringfügig angepasst und um zwei Sitzungen erweitert werden musste. Daraus ergab sich eine leicht verlän-

gerte Interventionsphase. Dennoch entspricht die Intervention mit einer zweimal wöchentlich stattfindenden Förderung und einer Dauer von fünf Wochen ungefähr dem Zeitraum anderer Studien (Leuchter & Saalbach, 2014; Römstedt, 2017).

Die erstellte Lernumgebung ist grundsätzlich durchführbar und sie wirkt sich bei Kontrolle der kognitiven Kapazität positiver auf das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung aus als der Kita-Alltag. Auch in den lexikalischen und grammatikalischen Fähigkeiten, die zur Beschreibung der verwendeten Hebel benutzt wurden, verbesserten sich Kinder, die in der Lernumgebung gefördert wurden, stärker als Kinder, die ausschließlich am Kita-Alltag teilnahmen. In diese Richtung weisen auch die Ergebnisse zum kontext-reduzierten Beschreiben. Lediglich in der allgemeinen Erzählfähigkeit gibt es keinen Unterschied zwischen Kita-Alltag und der Lernumgebung zu zweiseitigen Hebeln. Ein Effekt in der Erzählfähigkeit war aber auch nicht zu erwarten, da Erzählfähigkeit nicht der Fokus der Förderung war.

In Anbetracht der kleinen Stichprobe und der Unterschiedlichkeit der Gruppen im Pretest müssen diese Ergebnisse interpretiert werden. Insgesamt bestätigen sie aber die Hypothesen der Vorstudie, dass mit der entwickelten Lernumgebung, die Experimente zu Hebelwirkung und zu kontext-reduzierten Gesprächen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen enthält, naturwissenschaftliche Konzepte und Bildungssprache bei Vorschulkindern stärker gefördert werden als im Kita-Alltag. Die entwickelte Lernumgebung kann also zur weiteren Erforschung kontext-reduzierter Gespräche eingesetzt werden.

Aus der Wirksamkeit der Lernumgebung kann abgeleitet werden, dass die Zone der Entwicklung mit hinreichender Passung bestimmt wurde. Es scheint somit angemessen zu sein, Hebelwirkung auf Ebene von Teilkonzepten zu fördern und zu erheben. Für den Wortschatz bedeutet dies, dass der Einbezug von Fachwortschatz nachrangig ist. Dieser ist v.a. dann notwendig, wenn von den einzelnen Hebeln abstrahiert und die Einzelerfahrungen zu einem Gesamtkonzept von Hebelwirkung integriert werden sollen. Dies wurde in der Vorstudie nicht angestrebt, da auf Basis des theoretischen Hintergrundes davon auszugehen war, dass es den kognitiven Entwicklungsstand von Vorschulkindern übersteigt.

Die Ergebnisse in den einzelnen Tests stimmen weitgehend mit dem aktuellen Forschungsstand zur Entwicklung von Vorschulkindern überein. So verfügen auch in dieser Studie die meisten Kinder bereits zum ersten Messzeitpunkt über sichere Vorstellungen zu Balance an der Balkenwaage und Last an der Kneifzange. Über Vorstellungen zu Abstand, Last- oder Kraftarm verfügt – ebenfalls übereinstimmend mit anderen Studien – jeweils nur ein geringer Anteil der Kinder zum ersten Messzeitpunkt. Die Ergebnisse des Pretests legen ähnlich wie die Ergebnisse von Naber (2016) nahe, dass Unterschiede im konzeptuellen Wissen durch unterschiedliche Erfahrungsmöglichkeiten im Alltag bedingt sein könnten: Beim Lastarm ist der Anteil der Könnern im Pretest beim Nageleisen deutlich geringer als bei Schere. Erfahrungen mit dem Lastarm an der Schere können die Kinder permanent im Alltag machen, Nageleisen waren den untersuchten Kindern

jedoch als zweiseitige Hebel nicht bekannt. Sie wurden im Interview als Rutsche, Rechen oder Stemmeisen beschrieben. Der Kraftarm ist an Werkzeugen im Alltag typischerweise in der Länge festgelegt, weshalb hier unabhängig vom Gegenstand nur wenige Kinder über das Teilkonzept verfügen. Eine Abweichung von den Ergebnissen der im Theorieteil berichteten Studien zeigt das Teilkonzept Gewicht an der Balkenwaage. Hier wäre zu erwarten gewesen, dass die meisten Kinder im Alter von fünf bis sechs Jahren bereits über das Teilkonzept verfügen, was sich in den Daten der Vorstudie nicht bestätigte.

Das Interview zum Thema Hebel ergab, dass Vorschulkinder noch kaum über Wortschatz zur Beschreibung und zum Vergleich von Gegenständen mit Hebelwirkung und deren Funktion verfügen und dass dieser Wortschatz im Zeitraum der Studie auch kaum im Kita-Alltag erworben wurde. Auch dies spricht für die Förderung von alltagsnäherem bildungssprachlichem Wortschatz und lässt die Förderung von Fachwortschatz nachrangig erscheinen.

Die Auswertung der grammatikalischen Fähigkeiten erfolgte mit Hilfe der RaBi-Skala. Die Experimentalgruppe erreicht im Pretest einen Mittelwert, der mit dem von Tietze et al. (2016) übereinstimmt. Die Baselinegruppe erreicht im Pretest einen deutlich höheren Mittelwert. Die Abweichung lässt sich möglicherweise dadurch erklären, dass die Stichprobe von Tietze et al. (2016) zur Hälfte aus Kindern mit Deutsch als Zweitsprache besteht und die Experimentalgruppe dieser Gruppenzusammensetzung evtl. mehr entsprach als die Baselinegruppe<sup>5</sup>.

### **Methodische Diskussion**

Die Vorstudie basiert auf einer sehr kleinen und regionalen Gelegenheitsstichprobe, welche möglicherweise nicht repräsentativ für alle Vorschulkinder in Deutschland ist. Desweiteren wurde die Baselinegruppe leicht zeitversetzt erhoben, was die Interpretation der Ergebnisse erschwert. Die Baselinegruppe ist in allen Variablen im Pretest deutlich besser als die Experimentalgruppe. Dennoch zeigen alle Variablen mit Ausnahme der allgemeinen Erzählfähigkeit, dass sich die Experimentalgruppe innerhalb von ca. zwei Monaten signifikant verbessert hat und die Baselinegruppe innerhalb von ca. drei Monaten nicht. Es liegt daher nahe, dass die Verbesserungen der Experimentalgruppe auf die Intervention zurückzuführen sind.

Der Test zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von Hebelwirkung erwies sich als gut durchführbar und auch als Gesamttest reliabel, weshalb für den Einsatz in der Hauptstudie geeignet ist.

Bei der Auswertung des Wortschatzes auf Basis des Interviewmaterials kann diskutiert werden, inwiefern Bildungssprache gemessen wird, da möglicherweise einzelne gezählte Worte nicht den bildungssprachlichen Niveaus der RaBi-Skala entsprechen. Da

---

<sup>5</sup> Der sprachliche Hintergrund der Kinder wurde in einem Elternfragebogen erhoben. Dieser konnte aber aufgrund mangelnden Rücklaufs nicht in die Auswertung einbezogen werden. Dennoch legen die vorhandenen Daten zum sprachlichen Hintergrund nahe, dass sich die Experimental- und Baselinegruppe im Anteil mehrsprachig aufwachsender Kinder unterscheiden.

ein bildungssprachlicher Wortschatz aber kein Selbstzweck ist, sondern u.a. in kontext-reduzierten Kommunikationssituationen gelingende Kommunikation ermöglicht, stellt der Einbezug jeglichen relevanten Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln in der vorliegenden Arbeit keinen Widerspruch dar. Um in kontext-reduzierten Situationen zu beschreiben, wie die im Interview verwendeten Hebel benutzt werden und funktionieren, gehören nämlich nicht nur bildungssprachliche Worte wie „neigen“, „beladen“ oder „Nageleisen“, sondern auch alltägliche Worte wie „schneiden“ oder „Schere“.

Das Interview ist geeignet, um Datenmaterial zur Einschätzung der grammatikalischen bildungssprachlichen Fähigkeiten von Vorschulkindern hervorzubringen. Zur Absicherung der Interview-Auswertung mit Hilfe der RaBi-Skala wäre eine Zweitkodierung wünschenswert, um die Interrater-Reliabilität überprüfen zu können. Da sich der Interventionseffekt aber auch im kontext-reduzierten Beschreiben der Bilderzählung abzeichnet, welches ebenfalls Merkmale von Morphosyntax enthält, erscheint der zusätzliche Aufwand für die Vorstudie nicht angemessen.

Die eingesetzten Methoden zur Erfassung der bildungssprachlichen Fähigkeiten sind mit einem erheblichen Durchführungs- und Auswertungsaufwand verbunden und daher für größere Stichproben evtl. ineffizient. Darüber hinaus stellt das Interview hohe Anforderungen an den / die Untersuchungsleiter\_in, um eine zufriedenstellende Vergleichbarkeit in der Interviewführung zu erreichen, da der Leitfaden lediglich teilstandardisiert ist. Außerdem erfordert das Interview einen großen Materialaufwand und das Einverständnis der Erziehungsberechtigten, die an der Studie teilnehmenden Kinder zu videografieren. Die im Interview evozierten sprachlichen Äußerungen sind außerdem nicht gänzlich unabhängig vom Wissen der Kinder. Die Interviewfragen wurden zwar so gewählt, dass nicht vorrangig nach dem Wissen über Hebelwirkung gefragt wurde, größeres Wissen über die zu beschreibenden Materialien (z.B. darüber, wofür ein Nageleisen eingesetzt werden kann) begünstigt aber das Erreichen höherer Werte in der gemessenen Lexik und Grammatik. Unterschiede zwischen Experimental- und Baselinegruppe im Zuwachs der lexikalischen und grammatikalischen Fähigkeiten könnten deshalb auch dadurch entstanden sein, dass Kinder der Experimentalgruppe mit dem Material wesentlich vertrauter waren und schon allein deshalb zielführender darüber erzählen konnten. Dieses Problem lässt sich nur durch stärker standardisierte, testartige Situationen beheben, die außerdem auch wesentlich zeitökonomischer in der Auswertung sind. Das Interviewmaterial und die Auswertung nach Zielworten bieten die notwendige Basis zur Entwicklung eines Wortschatztestes.

### **Konsequenzen für die Hauptstudie**

In der theoretischen Diskussion wurde deutlich, dass die Intervention den theoretisch zu erwartenden Effekt auf das Verständnis von Hebelwirkung und die bildungssprachlichen Fähigkeiten der Kinder hatte. Daraus wurde geschlossen, dass die mit der Förderung angestrebten Ziele in der Zone der nächsten Entwicklung der Kinder liegen und dass die Lernumgebung zur Untersuchung der Hypothesen der Hauptstudie genutzt werden kann. Dennoch sind einzelne Verbesserungen für die Hauptstudie vorzunehmen.

Es sollte eine größere Stichprobe erhoben werden und darauf geachtet werden, dass die Kinder unterschiedlicher Untersuchungsgruppen nicht aus verschiedenen Kitas stammen und nicht zeitversetzt erhoben werden. Dies erfordert den Einsatz mehrerer Untersuchungsleiter\_innen.

Auf Seiten der Erhebungsinstrumente sollte nochmals geprüft werden, ob Wortschatz und Grammatik statt des Interviews auch mit stärker standardisierten Tests erfasst werden können. Dies würde den Auswertungsaufwand erheblich reduzieren und die Sicherstellung von Objektivität und Reliabilität (insbesondere bei Durchführung durch mehrere Untersuchungsleiter\_innen) erleichtern. Der Wortschatz könnte mit einem bildbasierten Wortschatztest (ähnlich dem AWSTR) erfasst werden, welche auf Basis der Interviews der Vorstudie entwickelt werden kann. Den Effekt von Plan-Do-Review auf die grammatikalischen Fähigkeiten von Kitakindern untersuchte Römstedt (2016) mit Hilfe des TROG-D. Kapitel 16.4 ist zu entnehmen, dass in diesem Test grammatikalische Konstruktionen abgefragt werden, die für Bildungssprache relevant sind.

Die Gestaltung der Intervention sollte ebenfalls geringfügig angepasst werden.

Die Nagelschere war aufgrund der gleichzeitigen Variation von Last- und Kraftarm verwirrend für die Kinder, was sich sowohl in den Schlussfolgerungen der Kinder in den Reflexionsphasen als auch in der deskriptiven Betrachtung der Ergebnisse des Konzepttests zeigte. Das Teilkonzept „Kraftarm“ am Beispiel Schere war der einzige Itemtyp, bei dem die Baselinegruppe größere Fortschritte als die Experimentalgruppe machte. Die Nagelschere sollte daher aus der Lernumgebung entfernt werden.

Bei der Balkenwaage zeigte sich außerdem, dass viele Kinder zu Beginn der Studie scheinbar noch nicht sicher über das Teilkonzept Gewicht verfügten. Es könnte für diese Kinder hilfreich sein, eine Waage in die Lernumgebung aufzunehmen, bei der der Abstand nicht variiert werden kann. Das Mobile könnte hingegen entfernt werden, da sich die Kinder dafür nicht interessierten und der Gegenstand aus theoretischer Sicht wahrscheinlich zu komplex für Kinder dieser Altersgruppe ist.

Die Materialien sollten für die Do-Phase als Stationen angeordnet werden, sodass klar erkennbar ist, wer gerade an welcher Station arbeitet. Wird eine Station vom einem Kind verlassen, räumt es seine Arbeitsmaterialien an dieser Station wieder auf. So lassen sich Streitigkeiten über die Zuständigkeit in der Do-Phase reduzieren und die zur Verfügung stehende Zeit kann stärker für Lernprozesse genutzt werden, was sich günstig auf den Lerngewinn auswirkt (Hattie, Beywl & Zierer, 2013).

Um eine möglichst standardisierte Durchführung durch mehrere Untersuchungsleiter\_innen zu gewährleisten, ist zudem ein ausführliches Skript für jede Untersuchungsgruppe notwendig. Die Basis zur Erstellung des Skripts stellen die Erfahrungen und Notizen der Vorstudie dar.

## VI. Hauptstudie zur Untersuchung der Effekte kontext-reduzierter Gespräche

In der Hauptstudie wird mit Hilfe eines quasi-experimentellen Designs untersucht, welche Effekte kontext-reduzierte Gespräche auf Vorstellungen von Vorschulkindern zu zweiseitigen Hebeln und deren bildungssprachliche Lexik und Grammatik haben (F<sub>H1</sub>). Design und Ablauf der Hauptstudie werden in Kapitel 16 beschrieben, die Überlegungen zur statistischen Auswertung in Kapitel 17. In Kapitel 18 werden die Ergebnisse dargestellt.

### 16. Aufbau und Ablauf der Hauptstudie

Im Folgenden wird zunächst das quasi-experimentelle Design der Studie erläutert (Kapitel 16.1). Die Stichprobe wird in Kapitel 16.2 beschrieben. In Kapitel 16.3 wird auf die Schulung der Untersuchungsleiterinnen<sup>6</sup> und den zeitlichen Rahmen der Studie eingegangen und in Kapitel 16.4 werden die Instrumente beschrieben.

#### 16.1 Design

Um untersuchen zu können, welche Effekte kontext-reduzierte Gespräche auf das Verständnis von Hebelwirkung und die zugehörige Bildungssprache von Vorschulkindern hat, wird ein quasi-experimentelles Design eingesetzt (vgl. Abbildung 46).

Pretest	Intervention	Posttest
<b>Abhängige Variablen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis zweiseitiger Hebel</li> <li>• Wortschatz „zweiseitige Hebel“</li> <li>• Bildungssprachliche Grammatik</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plan–Do–Review kontext-reduziert (n = 30)</li> <li>• Plan–Do–Review kontextualisiert (n = 30)</li> <li>• Nur Do-Phase (n = 30)</li> </ul>	<b>Abhängige Variablen:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verständnis zweiseitiger Hebel</li> <li>• Wortschatz „zweiseitige Hebel“</li> <li>• Bildungssprachliche Grammatik</li> </ul>
<b>Kovariate:</b> Kognitive Kapazität	<b>Implementationskontrolle:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protokollbogen für jede Sequenz jeder Kleingruppe</li> <li>• 2 Videoaufnahmen pro Treatment und UL</li> </ul>	

Abbildung 46. Design der Hauptstudie. UL: Untersuchungsleiterin.

<sup>6</sup> Es bewarben sich nur weibliche Personen auf die Ausschreibung, weshalb nur weibliche Untersuchungsleiter an der Studie beteiligt waren.

Bei allen Kindern werden vor und nach der Intervention die abhängigen Variablen Verständnis von Hebelwirkung an zweiseitigen Hebeln, Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln und bildungssprachliche Grammatik (als Grammatikverständnis von Satzstrukturen, die für Bildungssprache relevant sind) erhoben. Als Kontrollvariable wird, wie in der Vorstudie auch, die kognitive Kapazität erhoben. Die hierfür verwendeten Instrumente werden in Kapitel 16.4 beschrieben.

Es werden drei Interventionsgruppen mit verschiedenen Varianten der in der Vorstudie entwickelten Lernumgebung gefördert. Die Umsetzung erfolgt mit Hilfe von geschulten Untersuchungsleiterinnen in mehreren Kitas parallel (vgl. Kapitel 16.2 und 16.3). Innerhalb einer Kita wird für jedes Treatment je eine Kleingruppe von ca. fünf Kindern von derselben Untersuchungsleiterin gefördert, sodass sich eventuelle Unterschiede zwischen Untersuchungsleiterinnen sowie zwischen den Kitas und deren Einzugsgebiet gleichmäßig auf die drei Treatments verteilen.

In der kontext-reduzierten Variante wird die Lernumgebung wie in der Vorstudie beschrieben eingesetzt, d.h. die Kinder können sich in jeder Sitzung ca. 30 Minuten handelnd mit dem Material auseinandersetzen und die Planungs- und Reflexionsgespräche finden in raum-zeitlicher Distanz zum Material statt (Kontext-Reduzierung). Als Erinnerungshilfe stehen den Kindern Fotos von den Stationen zur Verfügung. Durch die Gliederung in Stationen gibt es von jeder Station ein Foto (vgl. Abbildung 47). Die Fotos wurden auf einem DIN-A3-Blatt abgedruckt, das in der Mitte des Sitzkreises / Tisches liegt und ggf. von der Untersuchungsleiterin gedreht wird, damit es das aktuell planende / reflektierende Kind gut sehen kann.

Ergänzend zu dem in Abbildung 47 dargestellten Material waren noch zwei weitere Schraubensorten in der Lernumgebung enthalten, sodass drei verschieden dicke Schrauben zur Variation der Last am Beispiel Nageleisen zur Verfügung standen.

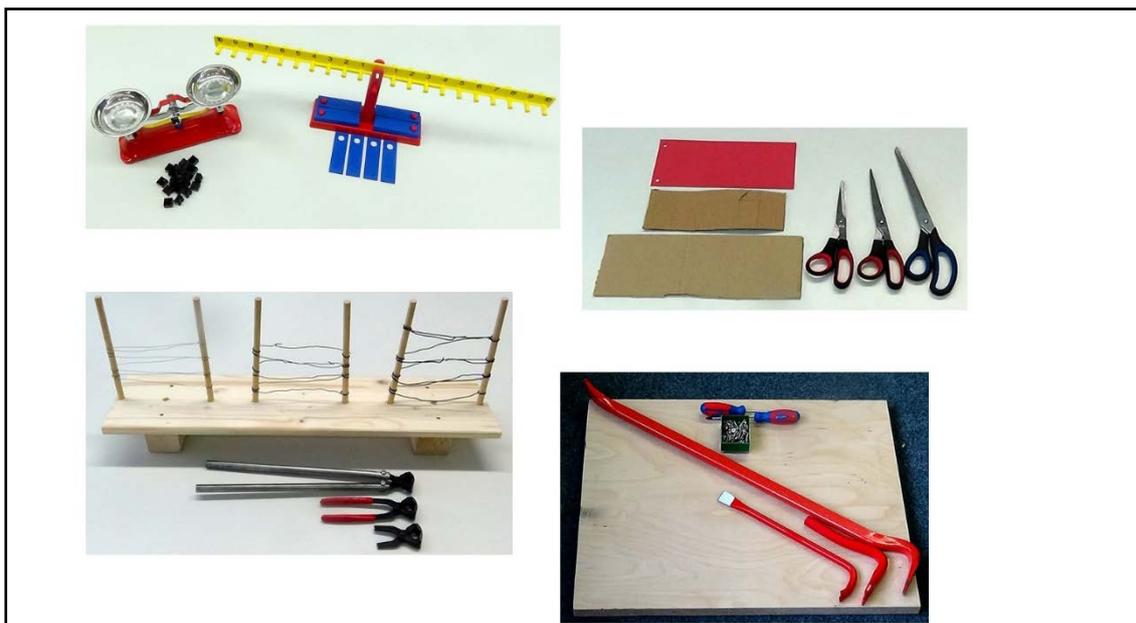


Abbildung 47. Fotos der Stationen der Hauptstudie für die Planungs- und Reflexionsgespräche

Das kontextualisierte Treatment unterscheidet sich vom kontext-reduzierten in nur einem Punkt: Beim Planen und Reflektieren ist das Material für die Kinder greifbar. Dies wird dadurch erreicht, dass beim Planen und Reflektieren jeweils ein Rundgang von Station zu Station gemacht wird. So können verbale Erläuterungen der Kinder und der Untersuchungsleiterin durch Zeigen am Material unterstützt werden.

In der Kontrollgruppe findet nur die Do-Phase ohne Gespräche statt. Die Dauer der Do-Phase ist hier geringfügig länger, um die Förderzeit der drei Gruppen gleich zu halten.

Für jedes Treatment und jede Sequenz wurde den Untersuchungsleiterinnen ein detailliertes Skript zur Verfügung gestellt. Zur Implementationskontrolle wurden die Untersuchungsleiterinnen gebeten, für jede Sequenz und Kleingruppe je einen Protokollbogen auszufüllen (Anhang D). Sie sollten u.a. Angaben dazu zu machen, wie gut sie in dieser Sitzung das Skript der Förderung befolgen konnten und wie leicht ihnen das gefallen ist. Die Protokollbögen sollten v.a. dazu dienen, Besonderheiten im Ablauf zu dokumentieren. Um näheren Aufschluss über die tatsächliche Umsetzung der Förderung zu erhalten wurden zusätzlich zwei Sequenzen pro Kleingruppe auf Video aufgezeichnet. Bei Kleingruppen, in denen aufgrund mangelnder Elterneinverständnis keine Videoaufnahmen möglich waren, erfolgte eine Livebeobachtung. Für jede videografierte bzw. beobachtete Sequenz wurde von der Projektleiterin ebenfalls ein Protokollbogen ausgefüllt. Die Protokollbögen ergaben, dass die Förderung wie geplant umgesetzt wurde.

## 16.2 Stichprobe

Basierend auf den Berechnungen mit G\*Power 3.1.9.2 (ANOVA: repeated measures, within-between interaction) wurde eine Stichprobengröße von  $N = 66$  Kindern angestrebt. Dies entspricht 22 Kindern pro Versuchsgruppe. Da erfahrungsgemäß mit einem gewissen Dropout zu rechnen ist, wird eine Anfangsstichprobe von 30 Kindern pro Treatment, also insgesamt  $N = 90$  rekrutiert. Dies bedeutet, dass mehrere Kitas an der Studie teilnehmen müssen, um den erforderlichen Stichprobenumfang erreichen zu können, da selbst große Kitas höchstens 30 Kinder im letzten Kita-Jahr betreuen.

Innerhalb einer Kita wird jedes Treatment einmal umgesetzt, d.h. es werden drei Kleingruppen von vier bis sechs Kindern gefördert – eine Kleingruppe als EG1 (kontext-reduzierte Gespräche), eine Kleingruppe als EG2 (kontextualisierte Gespräche) und eine Kleingruppe als KG (Kontrollgruppe ohne Gespräche). In jeder Kita sollten also zwischen 12 und 18 Kinder an der Studie teilnehmen, die alle von der gleichen Untersuchungsleiterin gefördert werden. Um die Fahrtkosten und Anfahrtszeiten in einem bewältigbaren Rahmen zu halten, musste auf eine Gelegenheitsstichprobe zurückgegriffen werden. Diese kam wie folgt zustande:

Im Internet wurden hinsichtlich der Einrichtungsgröße infrage kommende Kitas in zunehmendem Radius um Landau/Pfalz recherchiert und zunächst telefonisch kontaktiert. Bei Interesse wurden weitere Informationen per Mail zugesandt und von der Kita die Rückmeldung erbeten, ob sie an der Studie teilnehmen möchte. Fiel diese Rückmeldung

positiv aus, wurden der Kita Elternbriefe und Einverständniserklärungen für die Eltern mit Kindern im letzten Kita-Jahr mit der Bitte übergeben, diese an die entsprechenden Eltern in der Kita zu verteilen. Die unterschriebenen Einverständniserklärungen wurden in der Kita gesammelt und vor Beginn der Untersuchung durch die Projektleiterin abgeholt.

Auf diese Weise konnten sechs Kitas mit insgesamt 90 teilnehmenden Kindern gewonnen werden. Jede Kita wurde gebeten, die teilnehmenden Kinder so zu arbeitsfähigen Kleingruppen zusammenzustellen, dass der allgemeine Entwicklungsstand der Kinder vergleichbar ist. Kinder, die nicht gefilmt werden dürfen, wurden in einer Kleingruppe zusammengefasst, um möglichst viele Gruppen filmen zu können. Tabelle 36 zeigt, welche Gruppen nicht gefilmt werden durften und wie sich die 90 Kinder auf die Kitas und Treatments verteilen:

Tabelle 36:

*Anzahl der Kinder mit Einverständnis pro Kita und Treatment (Hauptstudie)*

	Kita 1	Kita 2	Kita 3	Kita 4	Kita 5	Kita 6	Summe
EG1	5	5	6	5 	4 	5	30
EG2	5	5	6	5	4	5 	30
KG	5	5 	6	5	4	5	31
Summe	15	15	18	15	12	15	90

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG ohne Gespräche.  In dieser Gruppe dürfen ein oder mehrere Kinder nicht gefilmt werden.

Aus der ursprünglichen Stichprobe von N = 90 Kindern konnten aufgrund fehlender Testwerte und / oder unregelmäßiger Teilnahme an der Intervention (weniger als sieben Einheiten) nicht alle Kinder in die Auswertung aufgenommen werden. Zudem mussten die Daten von Kita 1 (15 Kinder) aus der Auswertung ausgeschlossen werden, da die Implementationskontrolle anhand der Videoaufnahmen ergab, dass der Zielwortschatz auch in den Experimentierphasen in großem Umfang verwendet wurde. Ein weiteres Kind wurde aus der Analyse ausgeschlossen, da es auffällige Werte zeigte, die vermutlich durch eine private Umbruchsituation verursacht waren. Tabelle 37 zeigt für die abhängigen Variablen im Detail, wie viele Kinder aus welcher Gruppe und mit welchem Grund ausgeschlossen wurden. Die bereinigte Stichprobe beträgt n = 19 in der kontext-reduzierten Bedingung, n = 15 in der kontextualisierten und n = 18 in der Kontrollgruppe ohne Gespräche. Insgesamt werden also 52 Kinder in die Auswertungen einbezogen

Tabelle 37:

*Dropout der Hauptstudie*

Gründe <sup>a</sup>	EG1	EG2	KG	Summe
Fehlerhafte Implementation	5	5	6	16
Mangelnde Teilnahme an der Intervention	6	10	8	24
Fehlende Testwerte <sup>b</sup>	2 <sup>b</sup>	1 <sup>b</sup>	2	5
Beeinträchtigung durch persönliche Situation	--	1	--	1
Verbliebene Stichprobe <sup>b</sup>	19 <sup>b</sup>	15 <sup>b</sup>	18	52

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG: ohne Gespräche. <sup>a</sup> Es können mehrere Gründe auf ein Kind zutreffen. <sup>b</sup> Im Test zum konzeptuellen Verständnis fehlen außerdem Werte von drei weiteren Kindern, sodass die Stichprobengrößen für diese Variable in EG1  $n = 17$  und in EG2  $n = 14$  beträgt.

In der Altersverteilung besteht kein signifikanter Unterschied zwischen den Untersuchungsgruppen (vgl. Tabelle 38). Bei der Verteilung der Geschlechter fällt auf, dass in der kontextualisierten Bedingung weniger Mädchen sind, als in den anderen Bedingungen. Ansonsten sind die Geschlechter annähernd gleich auf die Treatments verteilt. Insgesamt gibt es keine signifikanten Unterschiede in der Geschlechterverteilung in den Treatments.

Tabelle 38:  
*bereinigte Stichprobe der Hauptstudie*

	EG1	EG2	KG	Prüfgröße	<i>df</i>	<i>p</i> <sub>zweiseitig</sub>
<b>Anzahl</b>						
m	8	11	10			
w	11	4	8			
Gesamt	19	15	18	$X^2 = 3.314$	2	.205
Alter (J;M) <sup>a</sup>	5;9	5;10	5;10	$F = 0.512$	2, 49	.603

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG: ohne Gespräche. J;M: Das Alter ist in Jahren;Monaten angegeben. <sup>a</sup> Alter zum ersten Messzeitpunkt.

### 16.3 Zeitlicher Ablauf und Schulung der Untersuchungsleiterinnen

Die Rekrutierung der Stichprobe fand im Herbst 2017 statt. Parallel zur Rekrutierung der Kitas wurden studentische Hilfskräfte als Untersuchungsleiter\_innen rekrutiert.

Hierbei wurde darauf geachtet, dass die Personen bereits Vorerfahrungen in der Betreuung von Kindergruppen hatten und nach Möglichkeit Frühpädagogik studieren. Auf diese Weise konnten sechs Untersuchungsleiterinnen gewonnen werden, welche je einer Kita zugeteilt wurden. Jede Untersuchungsleiterin erhielt einen Materialsatz und ein detailliertes Skript zur Durchführung der drei Treatments sowie die Materialien für die Testung. Zwei Untersuchungsleiterinnen konnten beim Pretest nicht teilnehmen, weshalb hierfür zwei weitere Untersuchungsleiterinnen rekrutiert wurden, die bereits Erfahrung in der Testung von Kindern hatten. Keine Untersuchungsleiterin wurde über die Forschungsfrage oder Hypothesen informiert.

Die Pretests wurden im Januar 2018 durchgeführt. Direkt im Anschluss daran begann der sechswöchige Interventionszeitraum (Ende Januar – Anfang März), an den sich wiederum direkt die Posttests anschlossen, sodass die Erhebungen Ende März abgeschlossen waren.

Die Untersuchungsleiterinnen wurden im Dezember 2017 für die Durchführung der Intervention und der Testinstrumente geschult. Als Vorbereitung auf die Schulung wurden die Skripts für Testdurchführung und Intervention an die Untersuchungsleiterinnen ausgegeben, mit der Bitte sich bereits vor der Schulung damit vertraut zu machen.

Die vierstündige Schulung für die Testdurchführung umfasste das Einüben der Durchführung für alle Instrumente. Die Projektleiterin, welche im Testen von Kindern für andere Forschungsprojekte bereits vielfältige Erfahrungen gesammelt hatte, spielte ein Kind und gab richtige und falsche Antworten sowie Antworten, die das Anwenden von Besonderheiten des jeweiligen Manuals notwendig machten (z.B. beim Wortschatztest das Einüben von Nachfragen und das Protokollieren der Antworten). Auf diese Weise wurde sichergestellt, dass die Manuale der verschiedenen Tests korrekt verstanden wurden und von den Untersuchungsleiterinnen auch entsprechend umgesetzt werden konnten.

Die Schulung für die Förderung umfasste insgesamt acht Stunden, verteilt auf zwei Termine im Abstand von fünf Tagen. Es wurde auf Materialien zur Ausbildung von Sprachförderkräften aus dem Projekt „Mit Kindern im Gespräch“ (Kammermeyer et al., 2017) zurückgegriffen. Der Fokus wurde auf die Strategien zur Anregung sprachlicher Bildungsprozesse gelegt, welche auch grundlegende Strategien zur Förderung der Konzeptentwicklung enthalten. Als Vorbereitung auf die Schulung erhielten die Untersuchungsleiterinnen neben den Skripts die Texte zu den Gesprächsstrategien aus der Veröffentlichung „Mit Kindern im Gespräch“ (ebd.), welche um Besonderheiten naturwissenschaftlicher Konzepte erweitert wurden. Die Untersuchungsleiterinnen wurden gebeten, die Strategien bereits vor der Schulung bewusst in Interaktionen mit Kindern anzuwenden, um erste Erfahrungen damit zu machen. Diese Erfahrungen wurden zu Beginn der Schulung erfragt und es war Gelegenheit, bisher aufgetretene Fragen zu klären. In der Schulung wurde in besonderem Maße auf die Strategien eingegangen, mit denen die Untersuchungsleiterinnen Schwierigkeiten hatten. Im Anschluss daran wurden die Untersuchungsleiterinnen gebeten, das Interventionsmaterial selbst auszuprobieren. Anknüpfend an diese konkreten Erfahrungen zu Hebelwirkung wurden die Lernziele

besprochen. In diesem Rahmen wurden auch Informationen zu typischen Denkprozessen und Verhaltensweisen der Kinder gegeben, welche sich in der Vorstudie zeigten. Danach wurde das Skript besprochen. Es wurde erläutert, welche Stellen wortwörtlich in der Förderung wiedergegeben werden sollen und welche Teile des Skripts (entsprechend farblich markiert) Handlungsanweisungen (z.B. ein bestimmtes Material griffbereit zu haben oder zu nutzen) oder Bausteine zur Gesprächsführung darstellen, die an die jeweilige Interaktion angepasst werden müssen. Anschließend übten die Untersuchungsleiterinnen in Dreiergruppen mit Hilfe des Skripts eine fünfminütige Gesprächssituation mit verteilten Rollen. Eine Person spielte das Kind, eine die Untersuchungsleiterin und die dritte beobachtete die Interaktion. Es gab insgesamt drei Durchgänge für die kontext-reduzierte Bedingung und drei für die kontextualisierte Bedingung, sodass jede Untersuchungsleiterin für jede Bedingung einmal in der Rolle „Untersuchungsleiterin“ war. Nach jedem Durchgang tauschten sich die Beteiligten darüber aus, was im Gespräch bereits gut gelungen war und wo Schwierigkeiten lagen. Im zweiten Teil der Schulung wurden organisatorische Aspekte wie bspw. die Kommunikation mit der Kita geklärt und es wurde erneut auf die Skripts und Strategien eingegangen. Zur Vertiefung des Verständnisses der Gesprächsstrategien wurden Videos aus der Vorstudie genutzt, in denen die Untersuchungsleiterinnen beurteilten, welche Strategie im Videoausschnitt eingesetzt wurde und wie die Kinder darauf reagieren. Sie begründeten außerdem inwiefern der Strategieeinsatz angemessen war und welche anderen Strategien in der Situation angemessen sein könnten. Die Einschätzungen und Begründungen wurden gemeinsam diskutiert.

Am Ende der Schulung entstand der Eindruck, dass den Untersuchungsleiterinnen klar war, wie die Förderung verlaufen soll und welche Ziele die Kinder erreichen sollen. Die Untersuchungsleiterinnen gaben die Rückmeldung, dass sie sich gut auf die Durchführung der Intervention vorbereitet fühlen.

## 16.4 Erhebungsinstrumente

Nachfolgend werden die zur Erfassung der abhängigen Variablen und der Kovariate genutzten Erhebungsinstrumente beschrieben.

### *16.4.1 Verständnis zweiseitiger Hebel*

Zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von Hebelwirkung wird der bereits im Rahmen der Vorstudie ausführlich beschriebene Test eingesetzt. Die Rahmung der Testaufgaben erfolgt somit auch in der Hauptstudie mit Hilfe der Maulwurfhandpuppe. Die einführende Erklärung der Testaufgaben muss nun jedoch erweitert werden. Im Rahmen der Vorstudie konnten die Kinder bei der Erklärung der Aufgaben an die echten Hebel aus dem vorher durchgeführten Interview zur Erfassung der bildungssprachlichen Fähigkeiten erinnert werden. Da das Interview in der Hauptstudie nicht eingesetzt wird, werden alternativ Modelle der verwendeten Gegenstände im Spielzeugformat verwendet (vgl. Anhang A). Dies ermöglicht es, alle Varianten (also bspw. auch die Variation des Kraftarms an der Schere) an Gegenständen zu zeigen. Eine vergleichbare

Strategie verwendet auch Naber (2016).

Durch das Weglassen der Nagelschere in der Intervention sind die Items zum Kraftarm an der Schere nun auch als Items einzustufen, die eine hohe Transferleistung erfordern. Der Test ermöglicht es nun zu überprüfen, ob Vorschulkinder Vorstellungen zum Kraftarm, die in der Intervention an Kneifzangen und Nageleisen gefördert werden, auch auf Scheren übertragen. Ebenso wird (wie in der Vorstudie) überprüft, ob Vorstellungen zum Lastarm, die an der Schere gefördert werden, auf das Nageleisen übertragen. Dies ist bedeutsam, da sich Konzepte dadurch auszeichnen, dass sie diesen Transfer ermöglichen.

#### 16.4.2 Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln

In der Hauptstudie wird ein bildbasierter Wortschatztest (ähnlich des AWST-R (Kiese-Himmel, 2005)) zur Erfassung des Zielwortschatzes eingesetzt, um den Wortschatz standardisiert erfassen zu können.

#### Entwicklung

Der Wortschatztests umfasst Worte, die nötig sind, um in einer Bildungssprache erfordernden Situation über die zweiseitigen Hebel und die damit gemachten Erfahrungen kommunizieren zu können. Die Worte wurden bereits im Zuge der Auswertung des Interviews in der Vorstudie deduktiv aus den Hebeln und den damit durchzuführenden Tätigkeiten bestimmt und anschließend induktiv mit den Interviews der Vorstudie abgeglichen und ergänzt. In diesem Wortschatz sind einzelne Worte enthalten, die nicht der Bildungssprache zuzurechnen sind (z.B. Schere). Diese wurden dennoch mit in den Test aufgenommen, da sie ebenfalls notwendig sind, um der bildungssprachlichen Kommunikationssituation der kontext-reduzierten Bedingung gerecht zu werden und da es in der Vorstudie vereinzelt Kinder gab, die noch nicht über diese Worte verfügten.

Bei den Adjektiven liegt der Fokus auf Längenunterschieden (länger – kürzer) und Unterschieden in Gewicht (schwerer – leichter) und Last (Materialdicke: dicker – dünner). Für den Wortschatztest wurden Fotos erstellt, die die gesuchten Worte darstellen. Für ein Adjektiv-Paar (z.B. länger – kürzer) wurde ein gemeinsames Bild erstellt (vgl. Beispielitems in Abbildung 48). Für die Nomen wurden Bilder von den einzelnen Materialien der Intervention erstellt. Bei den Verben wurde das Resultat der Tätigkeit dargestellt, da sich dies eindeutiger abbilden ließ.



Abbildung 48. Beispielitems Wortschatztest

Inwiefern die Bilder für Vorschulkinder erkennbar sind, wurde mit 17 Vorschulkindern erprobt. Es zeigte sich, dass manche Kinder bei dem Adjektivpaar „lang – kurz“, das mit zwei Schrauben dargestellt war, meinten sie seien unterschiedlich dick, weshalb das Bild durch zwei unterschiedlich lange Drahtstücke desselben Drahtes ersetzt wurde. Beim Adjektivpaar „schwer – leicht“ waren in der Pilotierungsversion zwei Gewichtsstücke abgebildet. Diese Gegenstände waren den meisten Kindern nicht bekannt, weshalb sie auch das zugehörige Adjektivpaar nicht spontan produzierten. Das Bild wurde deshalb ausgetauscht und stattdessen ein Backstein und ein Legostein abgebildet. Weiterhin kam es vor, dass Kinder zu jedem Bild zunächst das Adjektivpaar „größer – kleiner“ produzierten, aber auf Nachfrage („Kannst du das noch genauer sagen?“) die angestrebten differenzierteren Adjektive nennen konnten. Die Pilotierung ergab außerdem, dass einzelne Kinder spontan nur ein Adjektiv eines Adjektivpaares nannten, obwohl sie auf Nachfrage („Und das andere ist dann?“) auch den zugehörigen Gegenpart nennen konnten. Diese Nachfragen wurden deshalb ins Testprotokoll aufgenommen.

Bei den Verben nannten manche Kinder zunächst eine alltagssprachliche Bezeichnung, obwohl sie auch eine bildungssprachliche kannten. Um sicher zu gehen, dass der Wortschatz der Kinder mit Hilfe der Bilder zutreffend erhoben wird, wurden deshalb für einzelne Items standardisierte Nachfragen auf den Protokollbogen aufgenommen und eine detaillierte Anleitung für die Untersuchungsleiterinnen erstellt.

Weiterhin wurde der Wortschatztest im Anschluss an die Pilotierung um zwei feststehende Ausdrücke („Am Ende des Griffs“ und „An der Spitze der Schneide“) ergänzt, die für das Verständnis von Hebelwirkung zentral und typisch für Bildungssprache sind.

### **Durchführung**

Dem Kind wird erklärt, dass Untersuchungsleiterin und Kind nun gemeinsam Bilder anschauen. Der Test beginnt mit den Nomen und das Kind wird gebeten immer zu sagen, was es auf dem Bild sieht. Als erstes wird ein Bild von der Schere gezeigt, das nahezu alle Vorschulkinder korrekt benennen können. Zu jedem Bild wird die Frage „Was ist das?“ gestellt.

Nach dem letzten Nomen erklärt die Untersuchungsleiterin, dass noch weitere Bilder folgen und auf diesen Bildern immer zwei Gegenstände abgebildet sind, bei denen etwas verschieden ist. Dem Kind wird ein Bild von einem großen und einem kleinen Nageleisen gezeigt und es wird erklärt: „Das hier ist zum Beispiel größer (auf großes Nageleisen zeigen) und das ist kleiner (auf kleines Nageleisen zeigen). In der Vorstudie hatte sich gezeigt, dass die meisten Kinder über diese beiden Adjektive bereits verfügen, sodass sie zur Erläuterung des Itemformats genutzt werden konnten. Zu jedem Adjektiv-Bild wird das Kind gefragt: „Wie sind die beiden?“.

Im Anschluss an das letzte Adjektiv-Paar erfolgt die Einführung in die Bilder zu den Verben. Das Kind soll bei den nächsten Bildern sagen, was hier passiert ist. Zu jedem Bild wird es gefragt: „Was ist hier passiert?“.

Die Kindantworten zum jeweiligen Bild werden auf dem Protokollbogen (vgl. Anhang B) notiert. Nennt das Kind das korrekte Wort, wird dies mit einem Haken vermerkt, ansonsten wird die Antwort des Kindes wörtlich notiert. Es wird ebenfalls notiert, ob die ggf. erlaubte Nachfrage gestellt wurde. Diese Methode führte bei Nomen, Adjektiven und Verben zu klaren Angaben. Bei den feststehenden Ausdrücken waren mehrere gestaffelte Nachfragen möglich, die das Bewerten der protokollierten Antworten erschwerten. Sie werden daher in der Auswertung des Wortschatztestes und den Ergebnissen nicht berücksichtigt.

### **Auswertung**

Für die Auswertung des Wortschatztestes wird die Anzahl richtiger Antworten von Nomen, Adjektiven und Verben gezählt.

Wird bspw. eine Schere als solche benannt, gibt es einen Punkt. Bei den Adjektiven wird mit jedem Bild ein Wortpaar überprüft (z.B. bei Abbildung 48 kurz – lang). Hier zählt jedes Adjektiv als ein Punkt (lang = 1 Punkt, kurz = 1 Punkt). Ein Verb wird nur als richtig gewertet, wenn die bildungssprachliche Form (z.B. rausgezogen) genannt wurde. Die alltagssprachliche Form (z.B. rausgemacht), eine fehlerhafte Form (z.B. rausgeziet) oder der Infinitiv (z.B. rausziehen) geben keinen Punkt.

### **Gütekriterien**

Die Durchführungsobjektivität ist durch standardisierte Testhefte, eine detaillierte schriftliche Anleitung und zusätzliche Schulung der Untersuchungsleiterinnen gewährleistet. Bei der Schulung lag der Fokus auf dem Einüben des Protokollierens und Nachfragens, wenn die Kinder nicht auf Anhieb die richtige Antwort geben, eine Rückmeldung über ihre Leistung wünschen o.ä. Das Zählen der Anzahl korrekter Antworten erfolgt ebenfalls standardisiert, sodass auch die Auswertungsobjektivität gegeben ist. Leidglich bei den beiden Items zu feststehenden Ausdrücken konnte die notwendige Auswertungsobjektivität nicht erreicht werden, weshalb sie aus den Analysen ausgeschlossen wurden.

Der Test erfasst den Wortschatz zum Thema Hebelwirkung reliabel (Cronbachs  $\alpha = .72$  im Pretest und im Posttest  $\alpha = .82$  und alle Nomen, Adjektive und Verben tragen in ähnlichem Maße dazu bei (vgl. Tabelle 39). Auch die Trennschärfen liegen überwiegend im mittleren Bereich. Das Nomen „Schere“ hat zu beiden Erhebungszeitpunkten eine Trennschärfe von 0 und wird daher aus der Auswertung ausgeschlossen. Einige Worte haben zwar zum ersten Erhebungszeitpunkt eine niedrige Trennschärfe, liegen aber im Posttest im mittleren Bereich und werden daher im Test belassen. Die Worte „Karton“, „abgetrennt“ und „rausgezogen“ liegen zu beiden Erhebungszeitpunkten im niedrigen Bereich, werden aber aus Gründen der inhaltlichen Vollständigkeit im Test belassen.

Tabelle 39:  
*Itemstatistiken des Wortschatztests*

Wortart	Wort	$\alpha$ , wenn weggelassen		Trennschärfe	
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest
Nomen	Schere	.717	.821	.000	.000
	Schraube	.703	.815	.305	.326
	Zange	.699	.807	.346	.481
	Draht	.709	.799	.238	.628
	Waage	.691	.808	.419	.495
	Karton	.709	.817	.233	.265
	Griff	.708	.803	.248	.526
	Schneide	.719	.810	.044	.404
	Nageleisen	.717	.805	.072	.494
	Gewicht(e)	.717	.812	.000	.388
Adjektive	lang	.702	.810	.315	.406
	kurz	.706	.810	.267	.417
	dick	.703	.814	.310	.333
	dünn	.693	.807	.392	.475
	schwer	.703	.819	.305	.254
	leicht	.693	.816	.393	.318
Verben	geschnitten	.705	.813	.287	.380
	abgetrennt	.710	.820	.221	.144
	rausgezogen	.706	.819	.276	.257
	hineingelegt	.693	.806	.417	.478
	drangehängt	.705	.810	.285	.409

Für die Validität des Tests spricht, dass er aus der Theorie (bildungssprachlicher Wortschatz von Vorschulkindern, vgl. Kapitel 6.2) abgeleitet und auf den konkreten Inhalt „zweiseitige Hebel“ (Materialbezug, vgl. Kapitel 6.4) übertragen wurde sowie an empirischen Daten überprüft wurde (Vorstudie). Die statistische Überprüfung von Kriteriums- und Konstruktvalidität würde eine größere Stichprobe und den Einsatz geeigneter Testinstrumente erfordern, die im Rahmen dieser Studie nicht eingesetzt wurden, um die Testzeit in einem für Vorschulkinder angemessenen Rahmen zu halten.

#### *16.4.3 Bildungssprachliche Grammatik*

Aufgrund der Erfahrungen der Vorstudie wurde entschieden, für die Hauptstudie einen standardisierten Grammatiktest einzusetzen, um die Durchführungs- und Auswertungsobjektivität zu erhöhen und die für die Auswertung benötigte Zeit in einem bewältigbaren Rahmen zu halten. Ausgewählt wurde der TROG-D (Fox, 2013), da dieser ab Item G das Verständnis bildungssprachlicher Grammatik bei Kindern zwischen drei und zehn Jahren erfasst (vgl. Erläuterungen weiter unten). Er wurde bereits in der Studie von Römstedt (2016, 2017) zu Plan–Do–Review eingesetzt und konnte hier einen Treatmenteffekt abbilden.

#### **Erfassung bildungssprachlichen Grammatikverständnisses im TROG-D**

Die ersten sechs Item-Blöcke des TROG-D erfassen, inwiefern die Kinder einzelne Wortarten und einfache Sätze verstehen. Diese zählen zwar nicht direkt zur Bildungssprache, sind aber alltagssprachliche Fähigkeiten, ohne die Bildungssprache nicht bewältigt werden kann. Die meisten Itemblöcke des TROG-D umfassen jedoch komplexere Sätze (z.B. verschiedene Nebensatzkonstruktionen und Doppelobjektkonstruktionen), welche eindeutig zur bildungssprachlichen Grammatik zählen und zum Darstellen komplexer Sachverhalte genutzt werden (vgl. Tabelle 40). Darüber hinaus sind Items zum Verständnis von Sätzen mit Präpositionen und Pronomen enthalten, welche in der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala im Rahmen der Kohäsion zur bildungssprachlichen Grammatik gezählt werden (Tietze et al., 2016) und im Theorieteil als lexikalische Merkmale aufgeführt wurden, die der Darstellung komplexer Zusammenhänge dienen (vgl. Hövelbrinks, 2014). Es ist daher davon auszugehen, dass mit dem TROG-D das Verständnis bildungssprachlicher Strukturen von Vorschulkindern erfasst werden kann.

Tabelle 40:

*Bildungssprachliche Grammatik im TROG-D (Fox, 2013)*

Item-Block im TROG-D	Merkmale von Bildungssprache	RaBi-Skala
A Substantive	Lexikalisches Mittel: präzise Bezeichnungen	Wortschatz: Nomen
B Verben	Lexikalisches Mittel: präzise Bezeichnungen	Wortschatz: Verben
C Adjektive	Lexikalisches Mittel: präzise Bezeichnungen	Wortschatz: Adjektive
D 2-Element-Sätze	Alltagssprache	Satzgefüge N1
E 3-Element-Sätze	Alltagssprache	Satzgefüge N1
F Negation	Nicht explizit genannt; eher alltagssprachlich	Nicht explizit genannt.
G Präpositionen	Lexik, nötig für komplexe Attribute	Kohäsion N2 + N3
H Perfekt	Chronologie von Ereignissen / Abläufen	Implizit in Kohäsion N3, komplexes Verb- gefüge N2
I Plural	Nicht explizit genannt; eher alltagssprachlich	Implizit in Satzgefüge N2 + N3
J Präpositionen	Lexik, nötig für komplexe Attribute	Kohäsion N2+ N3
K Passiv	Vom Einzelfall abstrahierende sachliche Ausdrucksweise	Unpersönliche Konstruktionen N3
L Personalprono- mina	Lexikalisches Mittel zur Darstel- lung komplexer Zusammenhänge	Kohäsion
M Relativsatz (Nomi- nativ)	Satzgefüge zur Darstellung kom- plexer Zusammenhänge	Satzgefüge N3
N Personalprono- mina	Lexikalisches Mittel zur Darstel- lung komplexer Zusammenhänge	Kohäsion
O Doppelobjektkon- struktionen	Satzgefüge zur Darstellung kom- plexer Zusammenhänge	Implizit in Kohäsion N3, komplexes Verbgefüge N2

Item-Block im TROG-D	Merkmale von Bildungssprache	RaBi-Skala
P Subordination (während / nachdem)	Satzgefüge zur Darstellung komplexer Zusammenhänge	Satzgefüge N3
Q Topikalisierung	Inversion zur Darstellung komplexer Zusammenhänge	Komplexes Verbgefüge N3
R Disjunktion	passt zur Darstellung komplexer Zusammenhänge	passt zu Kohäsion N2 + N3, Satzgefüge N3
S Relativsatz (Akkusativ / Dativ)	Satzgefüge zur Darstellung komplexer Zusammenhänge	Satzgefüge N3
T Koordination mit und	Satzgefüge zur Darstellung komplexer Zusammenhänge	Satzgefüge N2
U Subordination mit dass	Satzgefüge zur Darstellung komplexer Zusammenhänge	Satzgefüge N3

*Anmerkung:* Graue Schrift zeigt an, dass ein Block aus Sicht des Theorieteils oder der RaBi-Skala nicht als Bildungssprache zu klassifizieren ist. N: Niveau der RaBi-Skala.

Bildungssprachliche Grammatik wird insbesondere in den Items zu Nebensatzstrukturen (M, P, S und U) zum Passiv (K) und zu besonderen Satzstrukturen (O und Q) erfasst. Wählt man die in der Vorstudie eingesetzt RaBi-Skala als Beurteilungskriterium zur Iteauswahl, so entsprechen die Blöcke G – U bildungssprachlicher Grammatik. Da die RaBi-Skala explizit zur Erfassung bildungssprachlicher Fähigkeiten von Vorschulkindern entwickelt wurde, wird diese als Auswahlkriterium stärker berücksichtigt und somit die Blöcke G – U in die Auswertung einbezogen.

### **Durchführung**

Der Test wurde entsprechend des Testmanuals (Fox, 2013) durchgeführt. Dem Kind wird erklärt, dass es gemeinsam mit dem / der Untersuchungsleiter\_in ein Buch mit vielen Bildern anschauen wird und dass es alle Bilder auf einer Seite genau anschauen soll. Auf jeder Testseite sind vier Bilder abgebildet. Ein Bild passt genau zu dem Satz, den der / die Untersuchungsleiter\_in vorliest, die anderen drei Bilder stellen unterschiedliche Ablenker dar. Das Kind bekommt gesagt, was es auf der Seite suchen soll, d.h. der / die Untersuchungsleiter\_in gibt den Testsatz vor und das Kind soll dann das passende Bild zeigen. Es wird vermerkt, welches Bild das Kind gezeigt hat und zum nächsten Satz bzw. zur nächsten Testseite übergegangen. Nach Abschluss eines Blockes (vier Items vom gleichen Typ) wird vermerkt, ob alle Items des Blocks korrekt gelöst wurden oder nicht. Wurden ein oder mehrere Items des Blocks falsch gelöst, gilt der Block als

falsch. Werden fünf Blöcke in Folge als Falsch gewertet, wird der Test vorzeitig abgebrochen. Dies ist sinnvoll, da die Itemblöcke im Laufe der Testentwicklung zunächst nach der expressiven Erwerbsreihenfolge angeordnet und auf Basis der empirischen Daten der Erprobung nochmals in der Reihenfolge angepasst wurden. Die Items sind dadurch weitgehend nach ihrer Schwierigkeit angeordnet (vgl. Fox, 2013, S. 28). Es ist somit davon auszugehen, dass Kinder, die fünf Blöcke in Folge falsch lösen, auch die nachfolgenden grammatikalischen Strukturen nicht verstehen und die Durchführung des Gesamttests eine unnötige Belastung dieser Kinder darstellen würde.

### **Auswertung**

Die Auswertung des TROG-D erfolgte entsprechend des Testmanuals (Fox, 2013), d.h. es wurde die Anzahl richtiger Blöcke gezählt. Auf die Umwandlung des Gesamtscores in Normwerte (Prozentrang oder T-Wert) wurde verzichtet, da aufgrund des messwiederholten Designs manche Kinder zum einen Messzeitpunkt zur Altersgruppe der Fünfjährigen und zum zweiten Messzeitpunkt zur Altersgruppe der Sechsjährigen gehören. Eine Umrechnung in Normwerte verdeckt in diesen Fällen u.U. eine Veränderung in der Anzahl richtig gelöster Blöcke. Für die Auswahl bildungssprachlicher Blöcke gibt es keine Normwerte.

### **Gütekriterien**

Der TROG-D ist ein standardisierter Test, weshalb die Durchführungs- und Auswertungsobjektivität gegeben ist (vgl. Fox, 2013). Um zu gewährleisten, dass der Test entsprechend des Manuals umgesetzt wird, wurde mit den Untersuchungsleiterinnen die angemessene Durchführung in einer Schulung geübt, sodass sie auch mit Abbruchkriterien, Vorgehen bei Unkonzentriertheit des Kindes u.ä. vertraut waren.

Die interne Konsistenz wird im Testmanual als hoch angegeben, was dafürspricht, dass der TROG-D ein reliables Messinstrument ist (ebd.).

Laut Manual misst der TROG-D das passive Grammatikverständnis valide (ebd.). Inwiefern der TROG-D bildungssprachliche Grammatik misst, wurde bereits erörtert. Es ist davon auszugehen, dass die Blöcke G – U das Verständnis bildungssprachlicher Grammatik messen (vgl. Tabelle 40). In die Auswertung werden daher nur diese Blöcke einbezogen.

#### ***16.4.4 Kovariate „kognitive Kapazität“***

Zur Erfassung der Kovariate „kognitive Kapazität“ wurde der bereits im Rahmen der Vorstudie beschriebene Untertest „Matrizen“ des CFT1-R eingesetzt. Auf diesen wird daher nicht weiter eingegangen.

## 17. Statistische Analysemethoden und Voraussetzungen

### 17.1 Geplante Auswertungsmethode

Aufgrund des messwiederholten Designs mit drei Untersuchungsgruppen erfolgt die Hypothesenprüfung in den abhängigen Variablen „Wortschatz“ und „bildungssprachliches Grammatikverständnis“ mittels mixed ANOVA (Field, 2018). Für das konzeptuelle Verständnis zweiseitiger Hebel wird die Kovariate „kognitive Kapazität“ aufgenommen (mixed ANCOVA). Da das Design drei Untersuchungsgruppen aufweist, sind weitere Analysen notwendig, um zu bestimmen, zwischen welchen Gruppen Unterschiede bestehen. Zur Prüfung der Hypothesen ist zum einen relevant, ob sich die kontext-reduzierte und kontextualisierte Bedingung signifikant in ihrem Lerngewinn unterscheiden ( $EG1 > EG2$ ) und zum anderen, ob sich die Bedingung „mit Gespräch“, d.h. die kontext-reduzierte und kontextualisierte Bedingung zusammen, von der Bedingung ohne Gespräch unterscheidet ( $EGs > KG$ ). Hierfür sind die in SPSS (IBM Corp., 2017) implementierten Differenzkontraste geeignet (Field, 2018). Innerhalb der mixed AN(C)OVA können die Kontraste allerdings nicht für die in der vorliegenden Studie relevante Interaktion von Messzeitpunkt und Gruppe berechnet werden. Deshalb wird als Post-Hoc-Test bei signifikanter Interaktion von Messzeitpunkt und Gruppe eine univariate AN(C)OVA über den Zuwachs der jeweiligen abhängigen Variablen mit Differenzkontrast gerechnet und es werden die Ergebnisse der entsprechenden Kontraste berichtet. Da gerichtete Hypothesen vorliegen und Kontraste mittels *t*-Test überprüft werden (Field, 2018), werden hier einseitige *p*-Werte angegeben.

### 17.2 Voraussetzungsprüfung

Um zuverlässige Ergebnisse in der mixed AN(C)OVA zu erhalten, müssen die abhängigen Variablen und die Kovariate normalverteilt und varianzhomogen sein. Da die Post-Hoc-Tests mit Hilfe von univariaten AN(C)OVAs über die Zuwächse berechnet werden, müssen diese ebenfalls normalverteilt und varianzhomogen sein. Die Normalverteilungsannahme wird mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Tests überprüft (vgl. Tabelle 41) und ist für alle Variablen gegeben. Auch die Voraussetzung der Varianzhomogenität, welche mittels Levene-Test geprüft wird, ist für alle Variablen erfüllt (vgl. Tabelle 42).

Für die ANCOA muss zudem die Kovariate unabhängig vom Treatmenteffekt sein. Diese Voraussetzung ist erfüllt ( $F(2, 49) = 0.325, p = .724$ )

Tabelle 41:

Prüfung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test (Hauptstudie)

Variable	Gruppe	MZP	Ergebnisse Shapiro-Wilk-Test	
Verständnis zweiseitiger Hebel		1	$W(17) = 0.963, p = .698$	
	EG1	2	$W(17) = 0.970, p = .827$	
		Zu		$W(17) = 0.943, p = .361$
		1		$W(14) = 0.952, p = .593$
	EG2	2		$W(14) = 0.940, p = .420$
		Zu		$W(14) = 0.932, p = .323$
		1		$W(18) = 0.958, p = .572$
	KG	2		$W(18) = 0.928, p = .181$
		Zu		$W(18) = 0.960, p = .594$
Wortschatz zu Hebelwirkung		1	$W(19) = 0.981, p = .950$	
	EG1	2	$W(19) = 0.956, p = .504$	
		Zu		$W(19) = 0.932, p = .232$
		1		$W(15) = 0.951, p = .537$
	EG2	2		$W(15) = 0.906, p = .119$
		Zu		$W(15) = 0.925, p = .226$
		1		$W(18) = 0.975, p = .881$
	KG	2		$W(18) = 0.944, p = .339$
		Zu		$W(18) = 0.968, p = .766$
Bildungssprachliche Grammatik (Blöcke G – U des TROG-D)		1	$W(19) = 0.932, p = .185$	
	EG1	2	$W(19) = 0.946, p = .337$	
		Zu		$W(19) = 0.921, p = .153$
		1		$W(15) = 0.903, p = .106$
	EG2	2		$W(15) = 0.936, p = .337$
		Zu		$W(15) = 0.926, p = .240$

Variable	Gruppe	MZP	Ergebnisse Shapiro-Wilk-Test
Bildungssprachliche Grammatik (Blöcke G – U des TROG-D)		1	$W(18) = 0.967, p = .744$
	KG	2	$W(18) = 0.902, p = .062$
		Zu	$W(18) = 0.938, p = .263$
Kognitive Kapazität	EG1	2	$W(19) = 0.927, p = .151$
	EG2	2	$W(15) = 0.957, p = .648$
	KG	2	$W(18) = 0.954, p = .494$

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG: ohne Gespräche, MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest, MZP Zu: Zuwachs (Differenz aus Posttest und Pretest).

Tabelle 42:

*Prüfung der Varianzhomogenität mittels Levene-Test (Hauptstudie)*

Variable	MZP	Ergebnisse Levine-Test
Verständnis zweiseitiger Hebel	1	$F(2, 46) = 0.897, p = .415$
	2	$F(2, 46) = 0.609, p = .548$
	Zu	$F(2, 46) = 1.897, p = .162$
Wortschatz zu Hebelwirkung	1	$F(2, 49) = 2.411, p = .100$
	2	$F(2, 49) = 0.091, p = .913$
	Zu	$F(2, 49) = 0.707, p = .498$
Bildungssprachliche Grammatik	1	$F(2, 49) = 1.882, p = .163$
	2	$F(2, 49) = 0.632, p = .536$
	Zu	$F(2, 49) = 1.588, p = .215$
Kognitive Kapazität	1	$F(2, 49) = 0.698, p = .503$

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG: ohne Gespräche, MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest, MZP Zu: Zuwachs (Differenz aus Posttest und Pretest).

## Überprüfung auf Outlier

Die abhängigen Variablen und die Kovariate werden analog zum Vorgehen in der Vorstudie mittels Boxplots auf Ausreißer geprüft.

Wie die Abbildungen 49 und 50 zeigen, gibt es keine Ausreißer im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung. Auch in der Kovariate gibt es keine auffälligen Werte (vgl. Abbildung 51).

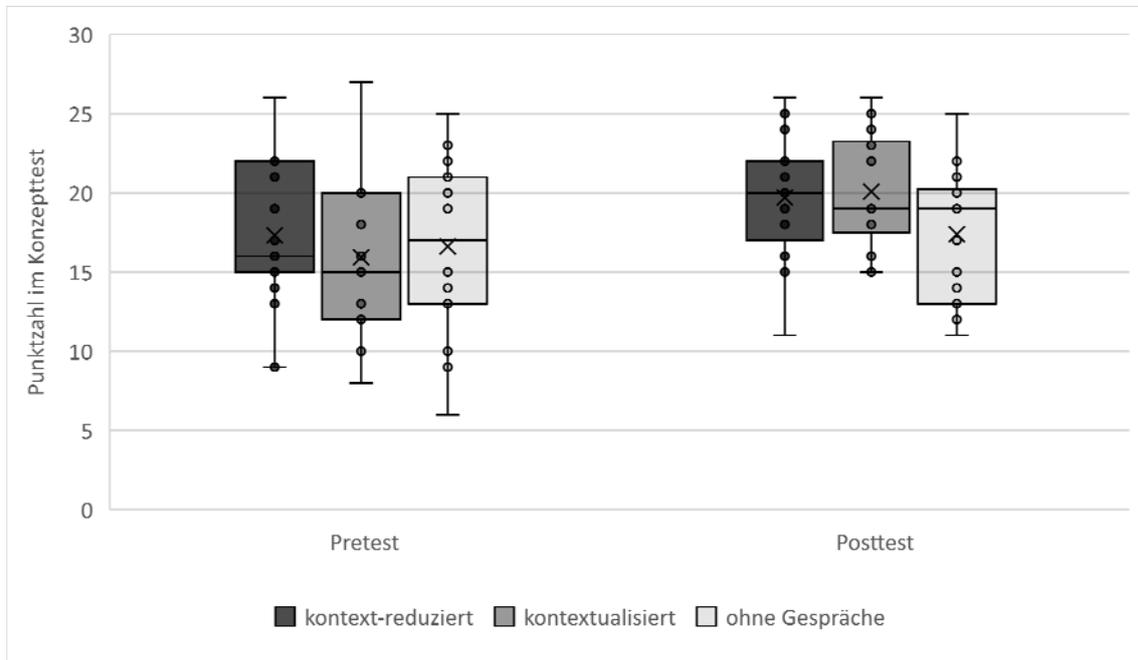


Abbildung 49. Boxplot für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie)

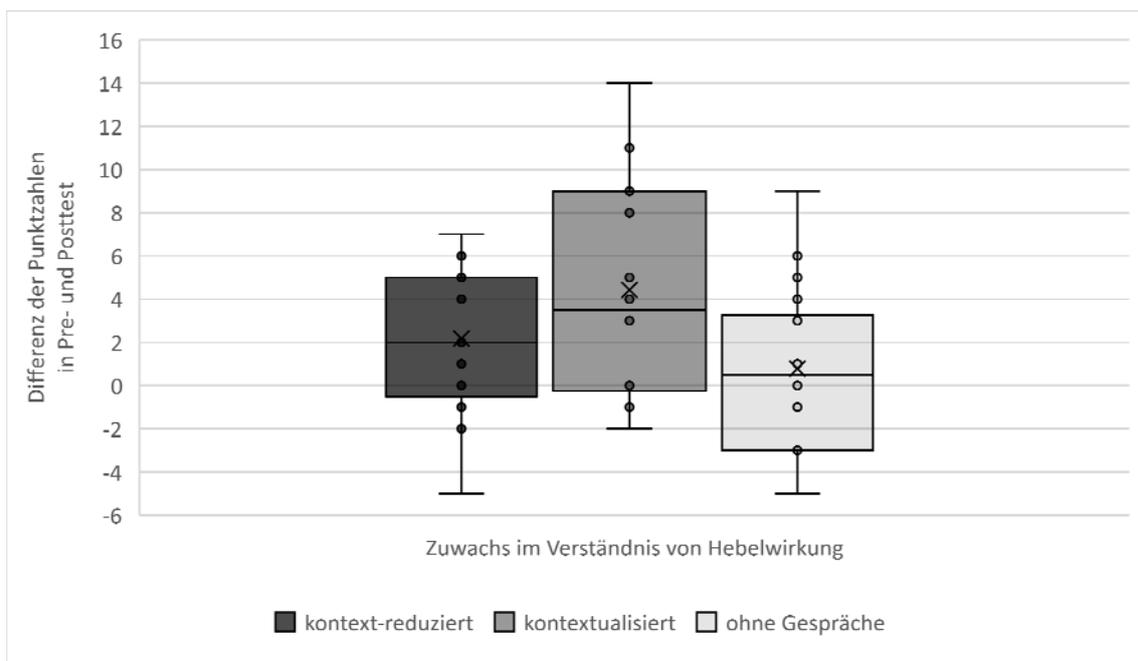


Abbildung 50. Boxplot für den Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie)

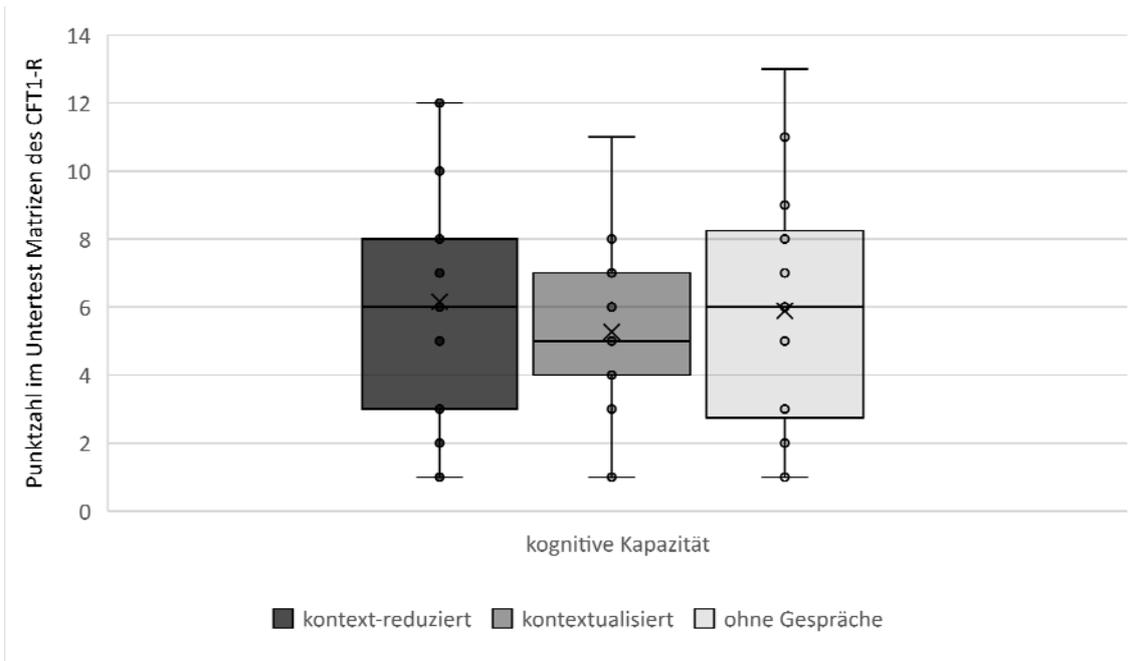


Abbildung 51. Boxplot für die kognitive Kapazität (Hauptstudie)

Im Wortschatztest zeigt sich ein Ausreißer zum zweiten Messzeitpunkt in der kontext-reduzierten Bedingung (vgl. Abbildung 52). Es gibt allerdings keine plausible Erklärung für den niedrigen Posttestwert dieses Kindes und im Zuwachs fällt es nicht als Ausreißer auf (vgl. Abbildung 53), weshalb es in der Stichprobe belassen wird.

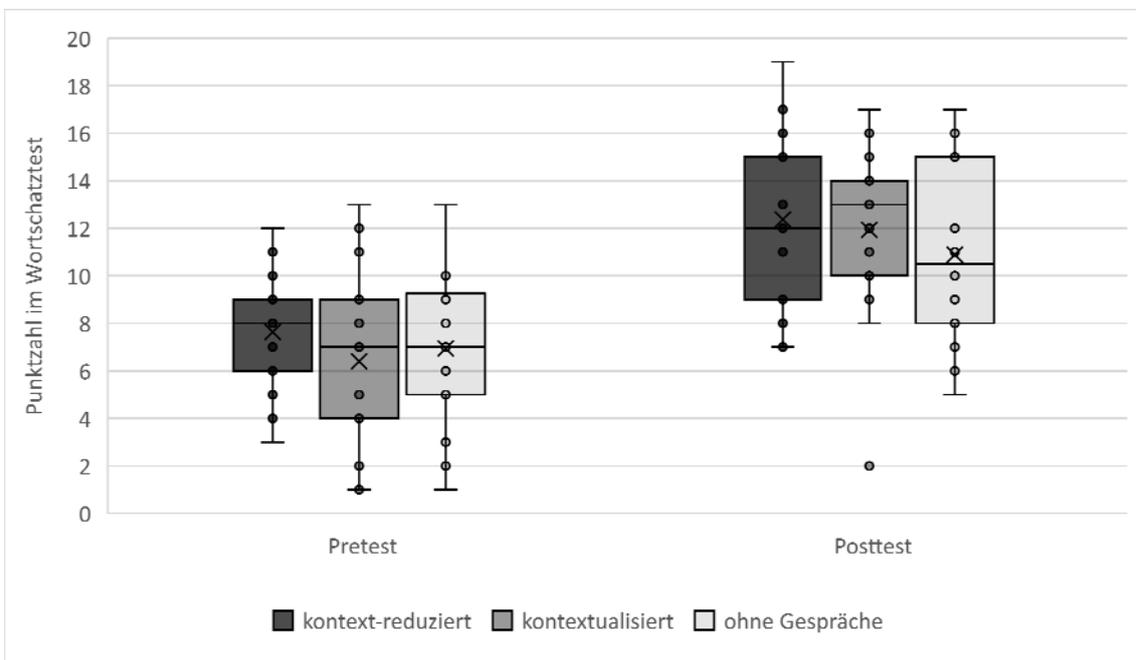


Abbildung 52. Boxplot für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie)

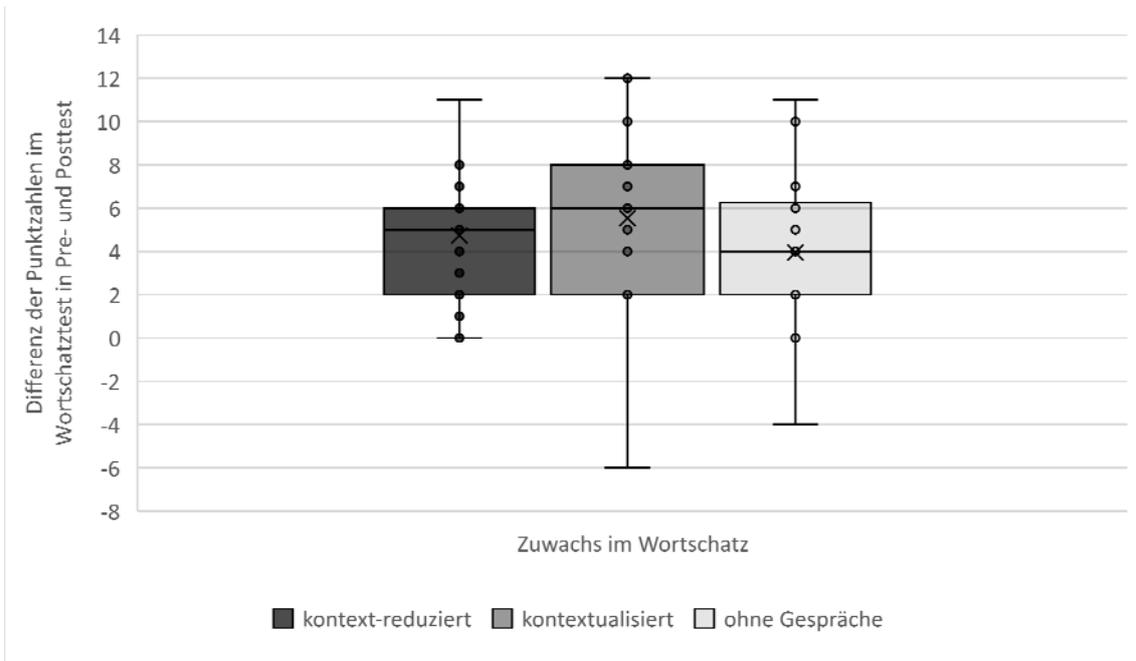


Abbildung 53. Boxplot für den Zuwachs im Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie)

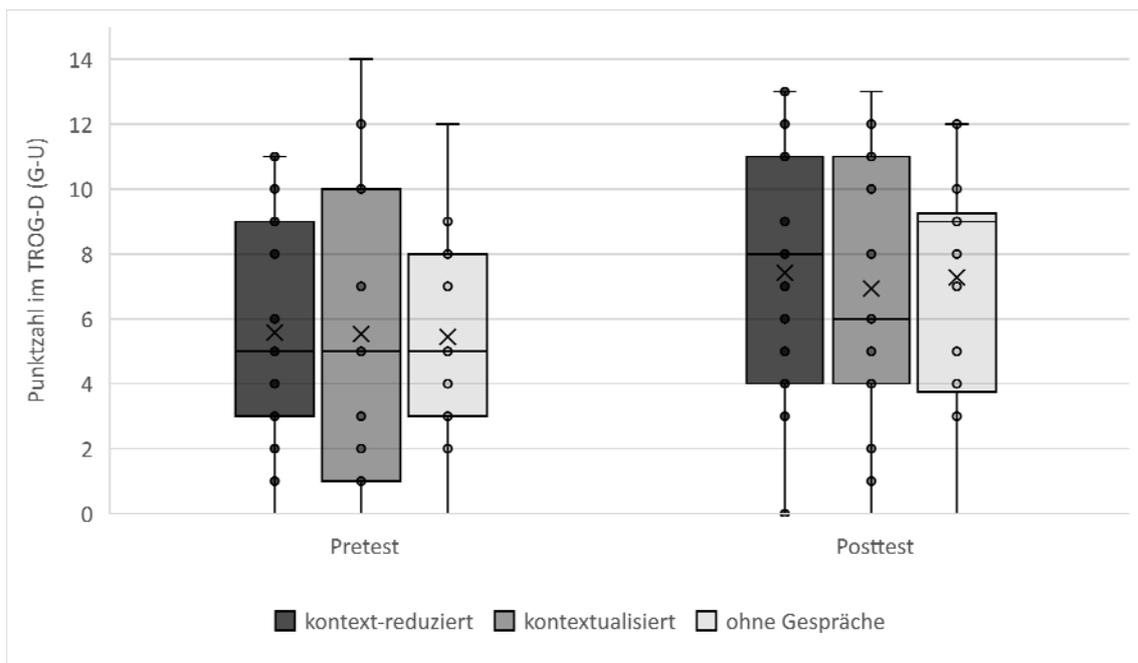


Abbildung 54. Boxplot für das bildungssprachliche Grammatikverständnis (Hauptstudie)

Im Verständnis bildungssprachlicher Grammatik gibt es keinen Ausreißer im Pre- oder Posttest (vgl. Abbildung 54), aber ein Kind mit auffällig hohem Zuwachs in der kontext-reduzierten Bedingung (vgl. Abbildung 55). Allerdings gibt es keine theoretische Erklärung für den im Vergleich zu den übrigen im kontext-reduzierten Treatment geförderten Kindern hohen Zuwachs dieses Kindes. Es wird deshalb in der Stichprobe belassen. Dies erscheint unproblematisch, da das Kind weder im Pre- noch im Posttest als Ausreißer erkennbar ist und in allen Gruppen einzelne Kinder vergleichbar hohe Werte erreichen,

obwohl die Mehrheit der Kinder nur einen geringen oder sogar negativen Zuwachs aufweist.



Abbildung 55. Boxplot für den Zuwachs im bildungssprachlichen Grammatikverständnis (Hauptstudie)

## 18. Ergebnisse

Die Forschungsfrage der Hauptstudie lautet: „*Welche Effekte haben kontext-reduzierte Gespräche auf Vorstellungen von Vorschulkindern zu zweiseitigen Hebeln und deren bildungssprachliche Lexik und Grammatik?*“

Es wurden folgende Hypothesen formuliert (vgl. Kapitel 12):

*H<sub>H1</sub>*: Für naturwissenschaftliche Konzepte wird auf Basis des Psychological Distancing Model (Sigel, 2002) erwartet, dass kontext-reduzierte Gespräche bei Kontrolle der kognitiven Kapazität die Entwicklung von konzeptuellen Vorstellungen zu Hebelwirkung stärker fördern als kontextualisierte (*H<sub>H1a</sub>*).

*Weiterhin wird auf Basis bisheriger Studien (z.B. Naber, 2016; Schwelle, 2016) erwartet, dass Kinder, die mit Gesprächen über ihre Vermutungen und Erklärungen gefördert werden, bei Kontrolle der kognitiven Kapazität ihre konzeptuellen Vorstellungen zu Hebelwirkung stärker entwickeln, als Kinder, die nur handelnd mit Material umgehen (H<sub>H1b</sub>).*

*H<sub>H2</sub>*: Mit Blick auf Bildungssprache ist sowohl aus theoretischer (Gibbons, 2006; Sigel, 2002) als auch aus empirischer Sicht (Römstedt, 2016, 2017; Silverman, 2007) zu erwarten, dass Vorschulkinder, die mit kontext-reduzierten Gesprächen gefördert werden, stärkere Fortschritte in bildungssprachlicher Lexik und Grammatik machen, als Kinder, die in kontextualisierten Gesprächen gefördert werden (*H<sub>H2a</sub>*).

*Zudem müssten sich diese beiden sprachlich geförderten Gruppen stärker in ihren bildungssprachlichen Fähigkeiten verbessern, als Kinder ohne sprachliche Förderung (H<sub>H2b</sub>, vgl. z.B. Hamre et al., 2013).*

### 18.1 Verständnis zweiseitiger Hebel

Für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung wird nach Kontrolle der kognitiven Kapazität wird zum einen angenommen, dass es durch handelnden Umgang mit Hebeln in Kombination mit kontext-reduzierten Planungs- und Reflexionsgesprächen stärker gefördert wird als mit kontextualisierten. Zum anderen wird erwartet, dass beim reinen Umgang mit Hebeln ohne Planungs- und Reflexionsgespräche oder anderweitige verbale Unterstützungsmaßnahmen das konzeptuelle Verständnis geringer gefördert wird als beim handelnden Umgang mit Hebeln in Kombination mit Planungs- und Reflexionsgesprächen, wobei in Planungs- und Reflexionsgesprächen immer verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache und naturwissenschaftlichen Konzepten enthalten sind.

Bevor diese Hypothesen mit Hilfe einer mixed ANCOVA überprüft werden, wird zunächst mit univariaten ANOVAs getestet, ob die Gruppen im Pretest im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (vgl. Tabelle 43) und in der kognitiven Kapazität (vgl. Tabelle 44) vergleichbar sind. Dies ist für beide Variablen gegeben. Tabelle 43 zeigt darüber hinaus die Deskriptive Statistik für Pre- und Posttest.

Tabelle 43:

*Deskriptive Statistik für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie)*

MZIP	kontext-reduziert			kontextualisiert			ohne Gespräche			<i>p</i>	<i>f</i>
	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	MIN	MAX	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	MIN	MAX	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	MIN	MAX		
1	17.32 (4.52)	9	26	15.93 (4.93)	8	27	16.61 (5.27)	6	25	.717	0.11
2	19.71 (3.79)	11	26	20.07 (3.63)	15	26	17.39 (4.12)	11	25	.104	0.32

*Anmerkungen:* MZIP: Messzeitpunkt, MZIP 1: Pretest, MZIP 2: Posttest. Die *p*-Werte beziehen sich auf eine univariate ANOVA.

Tabelle 44:

*Deskriptive Statistik für die kognitive Kapazität (Hauptstudie)*

MZIP	kontext-reduziert			kontextualisiert			ohne Gespräche			<i>p</i>	<i>f</i>
	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	MIN	MAX	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	MIN	MAX	<i>M</i> ( <i>SD</i> )	MIN	MAX		
1	6.16 (3.47)	1	12	5.27 (2.63)	1	11	5.89 (3.45)	1	13	.724	0.11

*Anmerkungen:* MZIP: Messzeitpunkt, MZIP 1: Pretest. Die *p*-Werte beziehen sich auf eine univariate ANOVA.

Die Entwicklung der Gruppen ist in Abbildung 56 graphisch dargestellt. Im Pretest erreichen alle Gruppen ca. die Hälfte der möglichen Punkte im Test. Beide Experimentalgruppen zeigen einen Zuwachs im konzeptuellen Verständnis, die Kontrollgruppe bleibt hingegen auf dem gleichen Niveau. Die exakten Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minima und Maxima können Tabelle 43 für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung und Tabelle 44 für die Kovariate kognitive Kapazität entnommen werden.

In der mixed ANCOVA (vgl. Tabelle 45) zeigt sich ein signifikanter nahezu starker Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe, d.h. die Zuwächse unterscheiden sich signifikant zwischen den Gruppen. Zwischen kognitiver Kapazität und Lernzuwachs besteht kein signifikanter Zusammenhang.

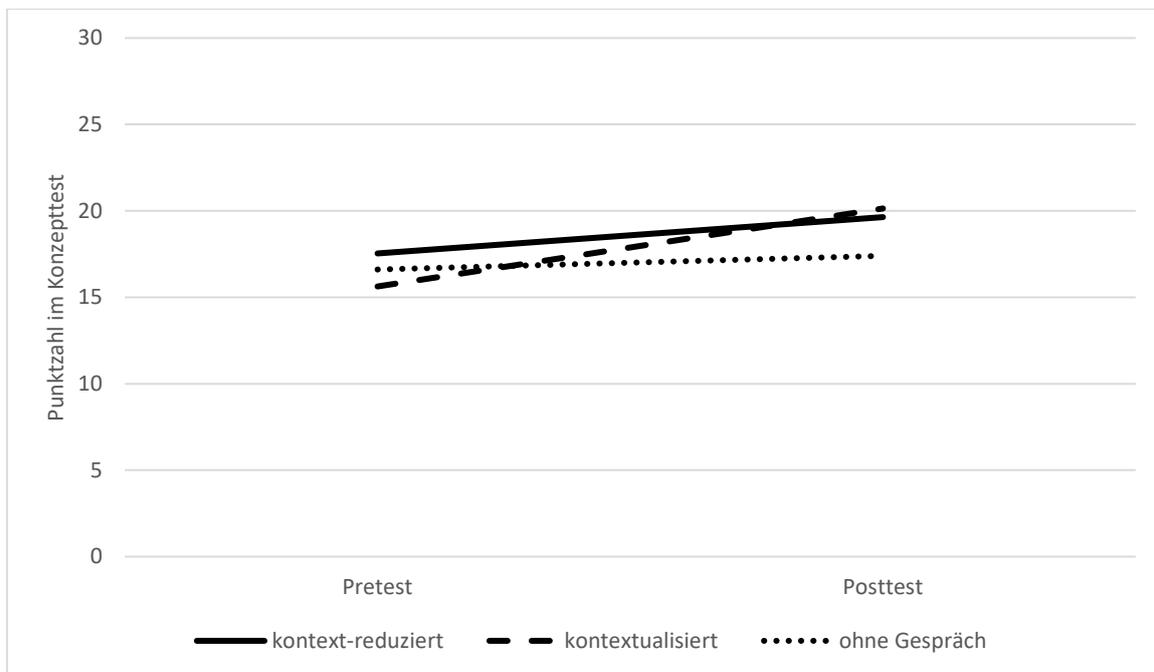


Abbildung 56. Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie) basierend auf den geschätzten Randmitteln unter Berücksichtigung der Kovariate mit  $M = 5.94$ .

Tabelle 45:

Ergebnisse der mixed ANCOVA für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung mit kognitiver Kapazität als Kovariate (Hauptstudie)

Effekt	$F^a$	$p$	partielles $\eta^2$	Cohens $f$
MZP	1.679	.202	.036	0.19
MZP x kogKap	0.633	.430	.014	0.12
MZP x Gruppe	3.348	.044*	.130	0.39
kogKap	0.079	.780	.002	0.04
Gruppe	.718	.493	.031	0.18

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, kogKap: kognitive Kapazität, <sup>a</sup> alle mit  $df = 1, 45$ , \* signifikanter Effekt.

Differenzkontraste über die Zuwächse ergeben, dass sich die Experimentalgruppen signifikant stärker verbessern als die Kontrollgruppe ( $p_{\text{einseitig}} = .021$ ). Der Kontrast zwischen den Experimentalgruppen ist nahezu signifikant ( $p_{\text{einseitig}} = .055$ ), jedoch entgegen der Hypothese: Die Gruppe, die mit kontext-reduzierten Planungs- und Reflexionsgesprächen gefördert wurde, erzielt einen geringen Lerngewinn als die Gruppe, die mit kontextualisierten Planungs- und Reflexionsgesprächen gefördert wurde.

Diese Ergebnisse bestätigen die Annahme, dass das konzeptuelle Verständnis stärker gefördert wird, wenn zusätzlich zu den handelnden Erfahrungen auch Gespräche mit den Kindern geführt werden. Die Annahme, dass kontext-reduzierte Gespräche das konzeptuelle Verständnis stärker fördern könnten als kontextualisierte Gespräche, wird von den Daten hingegen nicht gestützt, da sich zwischen diesen Gruppen kein signifikanter Unterschied in der vorhergesagten Richtung nachweisen lässt. Es zeigt sich sogar eine Tendenz in die umgekehrte Richtung.

Nachfolgend wird die Veränderung der Anzahl der Könner auf Ebene der Teilkonzepte betrachtet, um herauszufinden, ob die verschiedenen Interventionen auf alle Teilkonzepte von Hebelwirkung in gleichem Maße gewirkt haben. Tabelle 46 zeigt, welcher Anteil der Kinder in den drei Gruppen über welche Teilkonzepte vor und nach der Intervention verfügt. Als Könner gelten, wie in der Vorstudie, solche Kinder, die bei einem Teilkonzept nur eines der zugehörigen Items falsch beantwortet haben (vgl. auch Naber, 2016).

Tabelle 46:  
*Anteil der "Könnner" pro Teilkonzept (Hauptstudie)*

Teilkonzept von Hebelwirkung	Pretest			Posttest		
	EG1	EG2	KG	EG1	EG2	KG
Gewicht	79 %	80 %	72 %	82 %	100 %	67%
Abstand	42 %	60 %	78 %	58 %	71 %	72 %
Balance	89 %	73 %	67 %	79 %	100 %	78 %
Last	95 %	80 %	100 %	82 %	86 %	83 %
Kraftarm Schere	32 %	13 %	33 %	29 %	36 %	44 %
Kraftarm Nageleisen	37 %	27 %	28 %	47 %	43 %	56 %
Kraftarm Zange	42 %	53 %	50 %	59 %	79 %	72 %
Lastarm Schere	32 %	20 %	11 %	35 %	29 %	6 %
Lastarm Nageleisen	37 %	7 %	6 %	35 %	14 %	11 %

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG: ohne Gespräche, alle Unterschiede n.s.

Die in Tabelle 46 erkennbaren Gruppenunterschiede sind bei Überprüfung mittels  $\chi^2$ -Tests nicht signifikant, werden im Folgenden aber dennoch näher beschrieben, da sie die Einordnung in den bisherigen Forschungsstand (vgl. Kapitel 20) erleichtern.

Die meisten Kinder verfügen bereits zu Beginn der Studie über die Teilkonzepte Gewicht, Balance und Last. Beim Teilkonzept Gewicht erhöht sich der Anteil der Könnern am stärksten in der kontextualisierten Bedingung, sodass hier alle Kinder im Posttest über das Gewichtskonzept verfügen. In der Bedingung ohne Gespräche verringert sich der Anteil der Könnern sogar geringfügig.

Auch beim Teilkonzept Balance erzielt die kontextualisierte Bedingung den stärksten Zuwachs an Könnern auf 100 % im Posttest. In der kontext-reduzierten Bedingung und der Kontrollgruppe liegt der Anteil der Könnern im Posttest bei knapp achtzig Prozent, wobei sich die Kontrolle um neun Prozentpunkte steigert, die kontext-reduzierte Experimentalgruppe jedoch in vergleichbarem Umfang verschlechtert.

Hinsichtlich der Vorstellungen zur Last am Beispiel Kneifzange steigt der Anteil der Könnern in der kontextualisierten Gruppe um 6 Prozentpunkte, in den anderen beiden Gruppen sinkt der Anteil der Könnern bei diesem Teilkonzept und ca. 15 Prozentpunkte.

Über korrekte Vorstellungen zur Bedeutung des Abstands an der Balkenwaage verfügen in der Experimentalgruppe mit kontext-reduzierten Gesprächen vor der Förderung 42 % der Kinder, in den anderen beiden Gruppen liegt der Anteil der Könnern mit 60 % und 78 % deutlich höher. Im Posttest steigt der Anteil der Könnern in der kontext-reduzierten Bedingung um 16 Prozentpunkte auf knapp sechzig Prozent. In der kontextualisierten Bedingung ist der Zuwachs an Könnern bei diesem Teilkonzept etwas geringer und in der Kontrollgruppe nimmt er sogar geringfügig ab.

Beim Kraftarm unterscheidet sich der Anteil an Könnern je nach Anwendungsfall. In allen Gruppen ist der Anteil an Könnern am Beispiel Kneifzange höher als am Beispiel Nageleisen oder Schere. Im Pretest verfügen zwischen 42 % (kontext-reduziert) und 53 % (kontextualisiert) der Kinder pro Gruppe über eine korrekte Vorstellung zum Kraftarm an der Kneifzange. In diesem Teilkonzept steigt der Anteil der Könnern in allen Gruppen, am stärksten jedoch in der kontextualisierten Bedingung. Beim Kraftarm am Nageleisen liegt der Anteil der Könnern zwischen 27 % (kontextualisiert) und 37 % (kontext-reduziert). Auch hier steigern sich alle Gruppen, am stärksten jedoch die Kontrollgruppe mit 28 Prozentpunkten und in deutlichem Abstand die kontextualisierte Gruppe mit 16 Prozentpunkten Zuwachs. Beim Kraftarm an der Schere liegt die kontextualisierte Gruppe im Pretest bei nur 13 % Könnern, die anderen beiden Gruppen bei ca. einem Drittel. Der Zuwachs ist in der kontextualisierten Gruppe mit 23 Prozentpunkten am höchsten und in der Kontrollgruppe mit 11 Prozentpunkten am zweithöchsten. In der kontext-reduzierten Gruppe sinkt der Anteil hingegen um drei Prozentpunkte.

Beim Lastarm verfügt in der kontext-reduzierten Bedingung jeweils ca. ein Drittel der Kinder im Pretest bereits über zutreffenden Vorstellungen an Schere und Nageleisen. In den anderen beiden Bedingungen verfügt zu Beginn der Studie jeweils nur ein Kind über eine zutreffende Vorstellung zum Lastarm am Nageleisen und nur wenige Kinder verfügen über das Teilkonzept Lastarm am Beispiel Schere. In beiden Anwendungsfällen verbessert sich die kontextualisierte Gruppe am meisten. Beim Lastarm an der Schere

verbessert sich die kontext-reduzierte Gruppe ebenfalls geringfügig, die Kontrollgruppe verschlechtert sich etwas. Beim Lastarm am Nageleisen verhält es sich genau umgekehrt. Insgesamt hat die kontextualisierte Gruppe in nahezu allen Teilkonzepten den stärksten Zuwachs an Könnern. Im Schnitt steigt der Anteil in dieser Gruppe um 16 Prozentpunkte, in der Kontrollgruppe um fünf und in der kontext-reduzierten Bedingung um zwei. Das einzige Teilkonzept, bei dem die kontext-reduzierte Bedingung den stärksten Zuwachs an Könnern erzielt, ist der Abstand an der Balkenwaage.

## 18.2 Wortschatz Hebelwirkung

Beim für Hebelwirkung relevanten Wortschatz wird zum einen angenommen, dass er durch handelnden Umgang mit Hebeln in Kombination mit kontext-reduzierten Planungs- und Reflexionsgesprächen stärker gefördert wird, als durch handelnden Umgang mit Hebeln in Kombination mit kontextualisierten Planungs- und Reflexionsgesprächen. Zum anderen wird erwartet, dass beim reinen Umgang mit Hebeln ohne Planungs- und Reflexionsgespräche oder anderweitige verbale Unterstützungsmaßnahmen weniger Zielwortschatz erworben wird als beim handelnden Umgang mit Hebeln in Kombination mit Planungs- und Reflexionsgesprächen, wobei in Planungs- und Reflexionsgesprächen immer verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache und naturwissenschaftlichen Konzepten enthalten sind.

Zunächst wird mittels univariater ANOVA überprüft, ob die Untersuchungsgruppen im Wortschatz zu Beginn der Studie vergleichbar sind (vgl. Tabelle 47). Anschließend werden die Hypothesen mittels mixed ANOVA und ggf. anschließenden Differenzkontrasten über die Zuwächse getestet.

Tabelle 47:

*Deskriptive Statistik für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie)*

MZP	kontext-reduziert			kontextualisiert			ohne Gespräche			p	f
	M (SD)	MIN	MAX	M (SD)	MIN	MAX	M (SD)	MIN	MAX		
1	7.63 (2.36)	3	12	6.40 (3.83)	1	13	6.94 (3.08)	1	13	.511	0.17
2	12.37 (3.55)	7	19	11.93 (3.69)	2	17	10.89 (3.63)	5	17	.452	0.18

*Anmerkungen:* MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest. Die p-Werte beziehen sich auf eine univariate ANOVA.

Tabelle 47 zeigt, dass sich die Gruppen zum ersten Messzeitpunkt nicht unterscheiden. Sie gibt außerdem Aufschluss über die exakten Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minima und Maxima zu beiden Messzeitpunkten. Abbildung 57 stellt die Entwicklung der Gruppen graphisch dar. Alle Gruppen liegen im Pretest bei etwas weniger als

der Hälfte der im Test erreichbaren Punkte und im Posttest bei etwas mehr als der Hälfte der im Test erreichbaren Punkte.

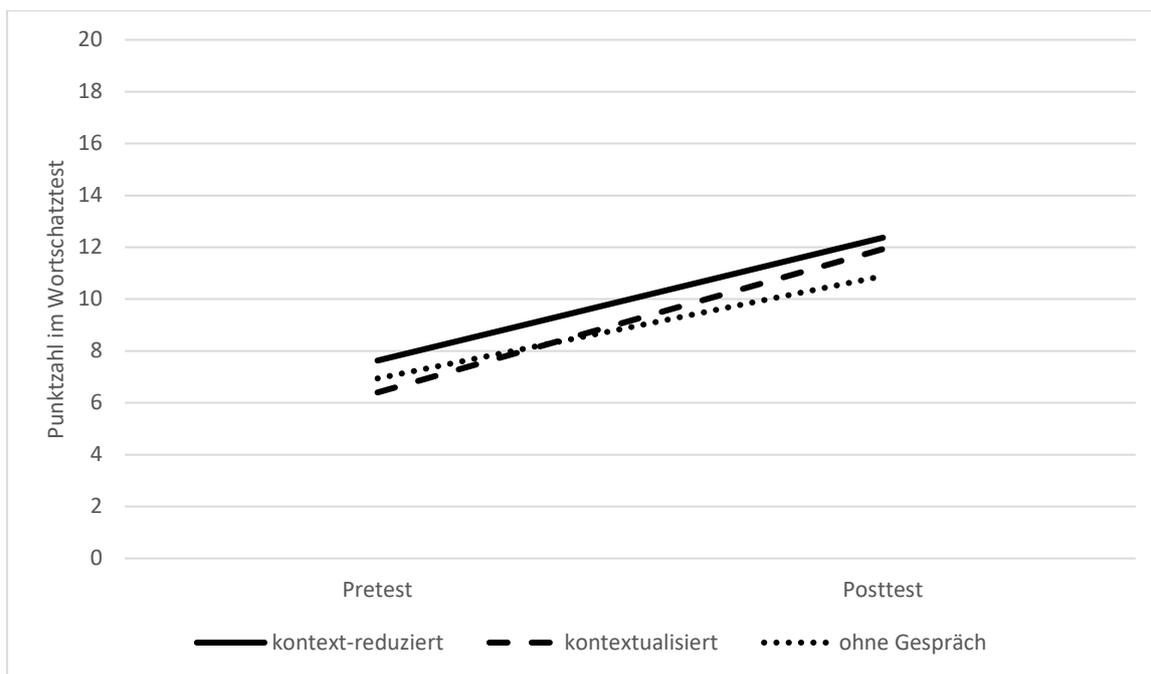


Abbildung 57. Zuwachs im Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie)

Tabelle 48:

Ergebnisse der mixed ANOVA für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie)

Effekt	$F^a$	$p$	partielles $\eta^2$	Cohens $f$
MZP	84.719	.000*	.634	1.32
MZP x Gruppe	0.759	.473	.030	0.18
Gruppe	0.750	.478	.030	0.18

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, <sup>a</sup> alle mit  $df = 1, 26$ , \* signifikanter Effekt.

Im Wortschatz zeigt sich ein signifikanter sehr starker Haupteffekt des Messzeitpunkts (vgl. Tabelle 48). Der Zuwachs der Gruppen unterscheidet sich nur geringfügig (vgl. Abbildung 57) und nicht signifikant (vgl. Tabelle 48), weshalb keine Post-Hoc-Analysen berichtet werden. Bei Betrachtung der einzelnen Wortarten (vgl. Tabelle 49) zeigt sich jedoch auf Ebene der Nomen ein signifikanter Gruppenunterschied mit nahezu starkem Effekt (Cohens  $f = 0.39$ ). Differenzkontraste über die Zuwächse ergeben, dass die Kinder in den Gruppen mit Gesprächen signifikant mehr Nomen lernen, als die Kinder in der Kontrollgruppe ohne Gespräche ( $p_{\text{einseitig}} = .012$ ). Auf Ebene der Verben gibt es nur in der kontextualisierten Gruppe einen Zuwachs. In dieser Gruppe lernen die Kinder durchschnittlich ein Verb, in der kontext-reduzierten Bedingung und der Kontrollgruppe ohne

Gespräche gibt es keinen Zuwachs in den Verben. Die Gruppenunterschiede sind allerdings nicht signifikant. In den Adjektiven lernen die Kinder in allen Gruppen im Mittel ein Wort dazu.

Tabelle 49:

*Zielworte pro Wortart (Hauptstudie)*

Wortart	Pretest				Posttest				Zuwachs			
	EG1	EG2	KG	<i>p</i>	EG1	EG2	KG	<i>p</i>	EG1	EG2	KG	<i>p</i>
Nomen	3	3	3	.923	7	6	6	.206	4	3	2 <sup>a</sup>	.031*
Verben	2	1	2	.262	2	2	2	.694	0	1	0	.165
Adjektive	3	2	2	.360	4	3	3	.973	1	1	1	.627

*Anmerkungen:* EG1: kontext-reduzierte Gespräche, EG2: kontextualisierte Gespräche, KG: ohne Gespräche. Angegeben sind die Mittelwerte gerundet auf ganze Zahlen. <sup>a</sup> Abweichung rundungsbedingt, \* signifikanter Effekt. Die *p*-Werte beziehen sich univariate ANOVAs.

Die Hypothesen zum Wortschatz werden auf Ebene des Gesamtscores nicht bestätigt, da sich alle Gruppen gleichermaßen verbessern. Nur auf Ebene der Nomen zeigt sich der in Hypothese H<sub>H2b</sub> erwartete Effekt, dass mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen geförderte Kinder mehr bildungssprachliche Worte lernen als Kinder, die keine verbalen Unterstützungsmaßnahmen erhalten.

### 18.3 Bildungssprachliches Grammatikverständnis

Es wird angenommen, dass sich das bildungssprachliche Grammatikverständnis von Vorschulkindern, die zusätzlich zu handelndem Umgang mit Hebeln an Planungs- und Reflexionsgesprächen teilnehmen, durch kontext-reduzierte Planungs- und Reflexionsgespräche stärker verbessert, als durch kontextualisierte. Planungs- und Reflexionsgespräche enthalten in beiden Bedingungen verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von Bildungssprache und naturwissenschaftlichen Konzepten. Es wird weiterhin angenommen, dass die Kombination aus handelndem Umgang mit Hebeln und Planungs- und Reflexionsgesprächen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen zu größerem Zuwachs im bildungssprachlichen Grammatikverständnis führt, als der reine Umgang mit Hebeln ohne Planungs- und Reflexionsgespräche oder anderweitige verbale Unterstützungsmaßnahmen.

Die Hypothesen werden mittels mixed ANOVA und ggf. anschließenden Differenzkontrasten über die Zuwächse getestet. Zuvor wird mittels univariater ANOVA überprüft, ob die Untersuchungsgruppen zu Beginn der Studie im bildungssprachlichen Grammatikverständnis vergleichbar sind (vgl. Tabelle 50).

Tabelle 50:

Deskriptive Statistik für das bildungssprachliche Grammatikverständnis (Hauptstudie)

MZP	kontext-reduziert			kontextualisiert			ohne Gespräche			p	f
	M (SD)	MIN	MAX	M (SD)	MIN	MAX	M (SD)	MIN	MAX		
1	5.58 (3.58)	0	11	5.53 (4.61)	0	14	5.44 (3.11)	0	12	.994	0.00
2	7.42 (4.00)	0	13	6.93 (4.25)	0	13	7.28 (3.44)	0	12	.935	0.05

Anmerkungen: MZP: Messzeitpunkt, MZP 1: Pretest, MZP 2: Posttest. Die *p*-Werte beziehen sich auf univariate ANOVAs.

Die Gruppen unterscheiden sich zum ersten Messzeitpunkt nicht (vgl. Tabelle 50). Abbildung 58 zeigt die Entwicklung der Gruppen. Die exakten Mittelwerte, Standardabweichungen sowie Minima und Maxima zu beiden Messzeitpunkten können Tabelle 50 entnommen werden.

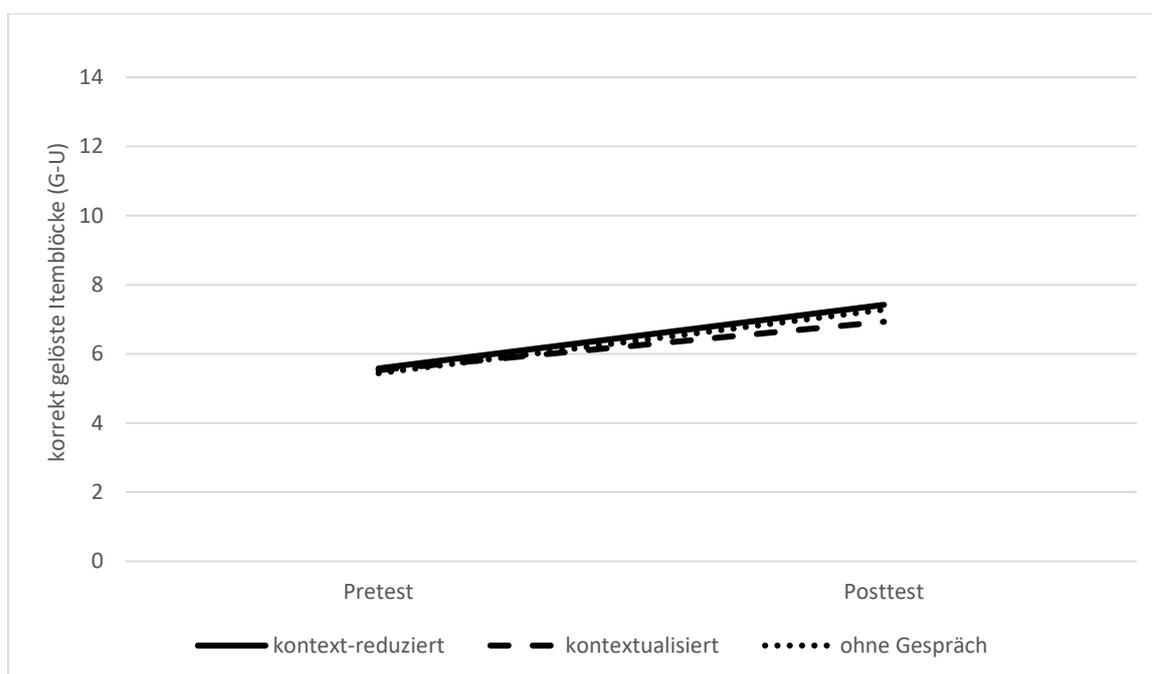


Abbildung 58. Zuwachs im bildungssprachlichen Grammatikverständnis (Hauptstudie)

Alle Gruppen erzielen einen ähnlichen Zuwachs (vgl. Abbildung 58), was sich im starken signifikanten Haupteffekt der ANOVA widerspiegelt (vgl. Tabelle 51). Die geringen Unterschiede im Zuwachs zwischen den Gruppen sind nicht signifikant und haben keinen bedeutsamen Effekt (vgl. Tabelle 51)<sup>7</sup>.

<sup>7</sup> Die Analyse des TROG-D-Gesamtscores gibt ein vergleichbares Bild.

Tabelle 51:

*Ergebnisse der mixed ANOVA für das passive Grammatikverständnis (Hauptstudie)*

Effekt	$F^a$	$p$	partielles $\eta^2$	Cohens $f$
MZP	27.075	.000*	.356	0.74
MZP x Gruppe	0.188	.829	.008	0.09
Gruppe	0.023	.978	.001	0.03

*Anmerkungen:* MZP: Messzeitpunkt, <sup>a</sup> alle mit  $df = 1, 26$ , \* signifikanter Effekt.

Auf Basis der Ergebnisse muss die Hypothese verworfen werden, dass kontext-reduzierte Gespräche bildungssprachliche Grammatik stärker fördern als kontextualisierte Gespräche. Auch ein Unterschied zwischen den Gruppen mit Gesprächen und der Gruppe ohne Gespräch konnte nicht nachgewiesen werden.

## VII. Diskussion

In diesem letzten Teil der Arbeit werden zunächst die zentralen Ergebnisse der Arbeit zusammengefasst (Kapitel 19) und in den Forschungsstand eingeordnet (Kapitel 20). Anschließend werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Untersuchungsmethoden diskutiert (Kapitel 21). Die Arbeit schließt mit einem Ausblick für weitere Forschung und Anregungen für die Praxis (Kapitel 22).

### 19. Zusammenfassung

Ausgangspunkt der vorliegenden Arbeit ist die These, dass beim naturwissenschaftlichen Experimentieren sowohl naturwissenschaftliche Konzepte als auch Bildungssprache bei Kindern gefördert werden können (Gibbons, 2006; Gottwald, 2016). Weiterhin wird davon ausgegangen, dass die Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache bereits vor Schuleintritt möglich und sinnvoll ist (Ehlich et al., 2008; Saçkes et al., 2013). Bisherige Studien untersuchen den Effekt naturwissenschaftlicher Lernangebote aber entweder auf (bildungs-)sprachliche Fähigkeiten (z.B. French et al., 2000; Peterson & French, 2008) oder auf naturwissenschaftliches Lernen (z.B. Leuchter et al., 2014; Möller et al., 2002; Naber, 2016). Aus diesen Studien und Studien zu den Effekten sprachlicher Förderung in kontext-reduzierten Gesprächssituationen (Römstedt, 2017; Silverman, 2007) kann geschlossen werden, dass wirksame Förderung im sprachlichen und naturwissenschaftlichen Bereich neben verbalen Unterstützungsmaßnahmen auch Maßnahmen des Makro-Scaffolding beinhalten.

Wirksames Makro-Scaffolding im naturwissenschaftlichen Lernen beinhaltet u.a. vorstrukturiertes Experimentiermaterial und die Strukturierung der Experimentiersituation in eine Planungs-, Durchführungs- und Reflexionsphase (vgl. z.B. Leuchter et al.,

2014; Naber, 2016). Das vorausschauende und rückblickende Durchdenken eines Experiments entspricht einer kognitiven Distanzierung (vgl. Sigel, 2002) und fördert Kinder im Aufbau naturwissenschaftlicher Konzepte (French, 2004; Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Möller et al., 2002; Naber, 2016).

Planungs- und Reflexionsphasen sind auch für die Sprachförderung von Vorschulkindern beim naturwissenschaftlichen Lernen bedeutsam, da sie mehr sprachliches Anregungspotenzial bieten als die Durchführungsphase eines Experiments (Pauen & Kästner, 2018; Rank, Hartinger et al., 2018; Röhner et al., 2009). Zur Förderung von Bildungssprache sollten diese Gespräche in kontext-reduzierten Gesprächssituationen, d.h. in raum-zeitlicher Trennung vom Gesprächsgegenstand, stattfinden (Gibbons, 2006; Hövelbrinks, 2011; Quehl & Trapp, 2013). Die raum-zeitliche Trennung vom Gesprächsgegenstand macht eine kognitive Distanzierung erforderlich (Sigel, 2002) und der gesamte Gesprächsinhalt muss sprachlich repräsentiert werden (Cummins, 2008), wodurch die sprachliche Repräsentation naturwissenschaftlicher Konzepte angeregt wird (Gibbons, 2006). Kontext-reduzierte Planungs- und Reflexionsgespräche sind somit eine zentrale Makro-Scaffolding-Maßnahme zur Förderung von Bildungssprache beim naturwissenschaftlichen Lernen.

Kontext-reduzierte Gespräche in Planungs- und Reflexionsphasen könnten somit eine geeignete Maßnahme des Makro-Scaffolding sowohl zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte als auch zur Förderung von Bildungssprache sein. Die vorliegenden Studien erforschen jedoch die Wirkung kontext-reduzierter Gespräche auf Bildungssprache nicht in Verbindung mit naturwissenschaftlichen Konzepten und Studien zur Förderung naturwissenschaftlicher Konzepte fokussieren nicht auf Effekte kontext-reduzierter Gespräche.

Diese Forschungslücke wurde in der vorliegenden Arbeit am Beispiel des naturwissenschaftlichen Konzeptes Hebelwirkung adressiert. Die zentrale **Fragestellung** der Arbeit lautet: *Welche Effekte haben kontext-reduzierte Gespräche auf Vorstellungen von Vorschulkindern zu zweiseitigen Hebeln und deren bildungssprachliche Lexik und Grammatik?*

Sowohl für naturwissenschaftliche Konzepte ( $H_{H1b}$ ) als auch für Bildungssprache ( $H_{H2b}$ ) wurde entsprechend des theoretischen Hintergrundes und des Forschungsstandes die **Hypothese** formuliert, dass handelnde Erfahrungen mit zweiseitigen Hebeln einen größeren Lerngewinn bzgl. naturwissenschaftlicher Konzepte und Bildungssprache bewirken, wenn sie in Planungs- und Reflexionsgesprächen vor- und nachbereitet werden. Des Weiteren wurde angenommen, dass kontext-reduzierte Planungs- und Reflexionsgespräche einen größeren Lernzuwachs hinsichtlich naturwissenschaftlicher Konzepte ( $H_{H1a}$ ) und Bildungssprache ( $H_{H2a}$ ) bei Vorschulkindern bewirken als kontextualisierte Planungs- und Reflexionsgespräche.

Untersucht wurden diese Hypothesen mit Hilfe eines quasi-experimentellen Designs mit einem Erhebungszeitpunkt vor und einem nach der Intervention. Die Intervention basiert auf der aus dem frühpädagogischen High/Scope Curriculum stammenden Methode *Plan-Do-Review* (Hohmann et al., 2008).

In der Do-Phase untersuchten die teilnehmenden Vorschulkinder verschiedene zweiseitige Hebel mit Gleichgewichts- und Kraftverstärkungsfunktion. In dieser Phase wurden keine verbalen Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt. Variiert wurden die Planungs- und Reflexionsgespräche:

Ein Drittel der Stichprobe nahm an kontext-reduzierten Planungs- und Reflexionsgesprächen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen teil. Die Kinder hatten in diesem Treatment nur während der Do-Phase Zugriff auf die Hebel. In den Planungs- und Reflexionsgesprächen standen den Kindern Fotos vom Experimentiermaterial als Erinnerungshilfe zur Verfügung.

Ein weiteres Drittel der Stichprobe erhielt kontextualisierte Planungs- und Reflexionsgespräche mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen, d.h. in diesem Treatment hatten die Kinder nicht nur in der Do-Phase, sondern auch während der Planungs- und Reflexionsgespräche Zugriff auf das Experimentiermaterial.

Die übrigen Kinder der Stichprobe erhielten weder kontext-reduzierte noch kontextualisierte Planungs- und Reflexionsgespräche und somit auch keine verbalen Unterstützungsmaßnahmen. Sie nahmen stattdessen an einer verlängerten Do-Phase teil.

Erfasst wurde das konzeptuelle Verständnis der einzelnen Teilkonzepte von Hebelwirkung, der zur differenzierten Beschreibung der Hebel und der damit durchgeführten Tätigkeiten und Beobachtungen nötige Wortschatz, sowie das Verständnis bildungssprachlicher grammatikalischer Strukturen.

Die Ergebnisse zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen kontextualisierten und kontext-reduzierten Gesprächen auf das Verständnis von Hebelwirkung, bildungssprachlichen Wortschatz und bildungssprachliche Grammatik. Die Hypothesen, dass kontext-reduzierte Gespräche naturwissenschaftliche Konzepte ( $H_{H1a}$ ) und Bildungssprache ( $H_{H2a}$ ) stärker fördern als kontextualisierte Gespräche, konnten somit nicht bestätigt werden.

Die Hypothese, dass Experimentieren mit Planungs- und Reflexionsgesprächen naturwissenschaftliche Konzepte stärker fördert als Experimentieren ohne Gespräche ( $H_{H1a}$ ) konnte hingegen bestätigt werden. Für den Effekt auf Bildungssprache ( $H_{H2a}$ ) zeigten sich weder im Wortschatz noch im Grammatikverständnis signifikante Gruppenunterschiede. Der aufgrund der Theorie und bisheriger Studien zu erwartende Fördereffekt von Gesprächsphasen beim Experimentieren auf Bildungssprache kann also in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden.

## 20 Einordnung in den Forschungsstand

### 20.1 Verständnis zweiseitiger Hebel

In der vorliegenden Arbeit hat sich gezeigt, dass Vorschulkinder einen signifikant stärkeren Zuwachs im Verständnis eines naturwissenschaftlichen Konzeptes erzielen, wenn sie beim naturwissenschaftlichen Experimentieren im Rahmen von Planungs- und Reflexionsgesprächen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen gefördert werden. Dieses

Ergebnis entspricht dem vieler anderer Studien (z.B. Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Möller et al., 2002; Naber, 2016).

Nicht bestätigt wurde die Hypothese, dass kontext-reduzierte Gespräche sich günstiger auf den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte auswirken als kontextualisierte. Es zeigt sich sogar die umgekehrte Tendenz, dass die Kinder, die in kontextualisierten Planungs- und Reflexionsgesprächen gefördert wurden, größere Fortschritte im konzeptuellen Verständnis erzielen, als die Kinder in der kontext-reduzierten Bedingung. Dies spiegelt sich auch auf Ebene der deskriptiven Analyse der Könnner (Kinder, die einen Großteil der Items zu einem Teilkonzept korrekt beantworten) wider. Hier zeigte sich auf Ebene der Teilkonzepte, dass in der Gruppe mit kontextualisierten Gesprächen der Anteil der Könnner von Pre- zu Posttest stärker zunahm als in der Kontrollgruppe ohne Gespräche. In der Gruppe mit kontext-reduzierten Gesprächen war der Zuwachs an Könnnern hingegen geringer als in der Kontrollgruppe ohne Gespräche.

Die Hypothese, dass kontext-reduzierte Gespräche das konzeptuelle Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte stärker fördern als kontextualisierte Gespräche, basierte einerseits auf dem Distancing Model von Sigel (2002) und andererseits darauf, dass die Verwendung höherer Distanzierungslevels in anderen Studien zum Lernen von Hebelwirkung (Naber, 2016; Siegler & Chen, 1998) und Lernen aus Experimenten (Steffensky et al., 2012; Windt, 2011, 2018) mit einem stärkeren Zuwachs in naturwissenschaftlichen Konzepten einhergeht. Höhere Distanzierungslevels wurden in diesen Studien jedoch v.a. durch kognitiv aktivierende Unterstützungsmaßnahmen erreicht. Der Fokus der Studien lag im Unterschied zur vorliegenden Arbeit nicht auf kontext-reduzierten Gesprächen. Obwohl in vielen dieser Studien Planungs- und Reflexionsgespräche eingesetzt wurden, bleibt unklar, ob und in welchem Ausmaß diese Gespräche kontext-reduziert stattfanden. Bisherige Studien zum naturwissenschaftlichen Lernen von Vorschulkindern können daher nicht herangezogen werden um zu erklären, warum kontext-reduzierte Gespräche den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte nicht stärker fördern als kontextualisierte.

Möglicherweise ist die der Hypothese widersprechende Tendenz, dass kontextualisierte Gespräche das Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte stärker fördern als kontext-reduzierte, auf die Abstraktheit naturwissenschaftlicher Konzepte zurückzuführen. Abstraktion ist bereits eine Distanzierung im Sinne Sigels (2002). Durch zusätzliche raum-zeitliche Trennung wird den Vorschulkindern eine doppelte Distanzierung zugemutet, die den Erwerb naturwissenschaftlicher Konzepte erschweren könnte. Somit könnte aus der vorliegenden Studie vorsichtig gefolgert werden, dass Distanzierung beim Lernen naturwissenschaftlicher Konzepte bei Vorschulkindern zwar eine zentrale Rolle spielt, diese aber v.a. durch kognitiv aktivierende verbale Unterstützungsmaßnahmen in Kombination mit Zeigen am Material umgesetzt werden sollte. Diese Empfehlung gibt auch Naber (2016) auf Grundlage der begrenzten Aufmerksamkeitsspanne von Vorschulkindern. Es wird argumentiert, dass kontextualisierte Fördersituationen für sechsjährige Kinder geeigneter sind, da sie es erleichtern, die Aufmerksamkeit auf konzeptuell bedeutsame Merkmale zu lenken.

## 20.2 Wortschatz

Es wurde angenommen, dass Kinder, die nur an Experimentierphasen ohne verbale Unterstützungmaßnahmen teilnehmen, weniger bildungssprachlichen Wortschatz erwerben, als Kinder, die vor und nach den Experimentierphasen an Planungs- und Reflexionsgesprächen mit verbalen Unterstützungmaßnahmen teilnehmen, da Sprachförderung sprachliche Interaktionen erfordert (vgl. z.B. Hamre et al., 2013). Diese Hypothese konnte nicht bestätigt werden, da sich der erwartete Effekt nur auf Ebene der Nomen zeigte, nicht jedoch bei den Verben und Adjektiven. In den Videos, die zur Implementationskontrolle angefertigt wurden, zeigt sich, dass Nomen sehr häufig in den Gesprächsphasen der Experimentalgruppe verwendet werden, Verben und Adjektive jedoch seltener. Möglicherweise konnten die Kinder in den Gesprächsphasen nicht genügend mit für sie neuen Verben und Adjektiven in Kontakt kommen, um diese durch die Förderung zu erwerben.

Die Hypothese, dass der bildungssprachliche Wortschatz von Vorschulkindern durch Planungs- und Reflexionsphasen mit verbalen Unterstützungmaßnahmen stärker in kontext-reduzierten Gesprächen gefördert wird als in kontextualisierten, konnte ebenfalls nicht bestätigt werden. Hier zeigt sich weder im Gesamtscore noch in einer der Wortarten ein signifikanter Gruppenunterschied. Dies widerspricht bisherigen Studien mit Vorschulkindern, die auf den sprachförderlichen Effekt von kontext-reduzierten Gesprächen hindeuten (Römstedt, 2017; Silverman, 2007) und widerspricht auch dem Distancing Model (Sigel, 2002).

Auf deskriptiver Ebene zeigten sich kleine Unterschiede zwischen der kontext-reduzierten und der kontextualisierten Gruppe, die auf Basis der Theorie erklärt werden können: In der kontext-reduzierten Bedingung lernten die Kinder durchschnittlich ein Nomen mehr, als in der kontextualisierten. Jedoch lernten die Kinder in der kontext-reduzierten Bedingung durchschnittlich kein neues Verb, in der kontextualisierten Bedingung eins. Erklärungsmöglichkeiten für die für Nomen und Verben gegensätzlichen Entwicklung der Gruppen ergeben sich aus dem Vergleich der kontext-reduzierten und kontextualisierten Förderbedingung mit dem Scaffolding-Modell von Gibbons (2006).

Im Modell von Gibbons (2006) findet nach der Durchführung eines Experiments ein kontext-reduziertes Reflexionsgespräch statt, in dem die Lehrkraft verbale Unterstützungmaßnahmen einsetzt. Dabei steht der Versuchsaufbau, der gerade Thema ist, auf dem Pult der Lehrkraft, sodass diese ihre sprachlichen und inhaltlichen verbalen Unterstützungmaßnahmen mit Zeigen am Material untermalen kann, ohne dass die Lernenden handelnden Zugriff auf das Material haben.

Zeigen am Material durch die pädagogische Fachkraft ohne Materialzugriff für die Kinder ist in der kontext-reduzierten Gruppe mit Blick auf die Nomen gegeben, da die Gegenstände bei Bedarf anhand der Fotos gezeigt werden können. Für die Verben gibt es diese Möglichkeit in der kontext-reduzierten Gruppe aber nicht, da die Fotos auch der pädagogischen Fachkraft kein Vorführen der Handlung am Material erlauben. In der kontextualisierten Bedingung können hingegen alle Beteiligten Handlungen am Material vollziehen, was sich anscheinend günstig auf den Erwerb der Verben auswirkt. Eine

mögliche Erklärung hierfür könnte der Einsatz handlungsbegleitenden Sprechens sein (vgl. Kammermeyer et al., 2017; Röhner et al., 2015). Die Verfügbarkeit des Materials für Handlungen hebt aber die Kontextreduzierung auf, sodass die Kinder weniger gefordert sind, ihre Gedanken sprachlich zu formulieren und die im handlungsbegleitenden Sprechen gehörten Worte selbst möglicherweise kaum einsetzen. Vermutlich hat deshalb die kontextualisierte Gruppe weniger Nomen erworben als die kontext-reduzierte. In der kontext-reduzierten Gruppe wurden die Nomen den Kindern nicht nur als Hilfestellung vorgegeben, sondern die Kinder waren herausgefordert, sie im weiteren Redebeitrag auch aktiv zu verwenden (vgl. Gibbons, 2006).

### 20.3 Grammatik

Die geringfügigen Gruppenunterschiede im Zuwachs des bildungssprachlichen Grammatikverständnisses sind nicht signifikant, d.h. die Kontrollgruppe, die ohne verbale Unterstützungsmaßnahmen gelernt hat, hat sich in gleichem Maße in ihren grammatikalischen Fähigkeiten verbessert, wie die Experimentalgruppen, die mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen gelernt haben. Dies lässt sich aus der Theorie nur bedingt erklären. Es könnte vermutet werden, dass die Förderdosis für Effekte auf Ebene der Grammatik zu gering war, obwohl die Dauer der Intervention auf Basis anderer Studien gewählt wurde. Relevant für das Grammatikverständnis ist v.a. die Studie von Römstedt (2016, 2017), in der ein Effekt von *Plan-Do-Review* auf das Grammatikverständnis im TROG-D nachgewiesen werden konnte. Die Interventionsphase war mit sechs Wochen in ihrer Studie genauso lang, wie in der vorliegenden Studie. Zu bedenken ist allerdings, dass die Kinder bei Römstedt (2016, 2017) die Möglichkeit hatten, täglich zu planen und zu reflektieren, und damit möglicherweise einige Kinder eine höhere Sprachförderdosis im gleichen Interventionszeitraum hatten. Zudem wurden in der Studie von Römstedt (2016, 2017) nicht nur Vorschulkindern gefördert, sondern es nahmen alle Kinder im Kita-Alter teil. Möglicherweise kann bei jüngeren Kindern die Entwicklung des Grammatikverständnisses im gleichen Zeitraum leichter beeinflusst werden, als bei Vorschulkindern, bei denen schon weite Teile der grammatikalischen Fähigkeiten entwickelt sind.

## 21 Methodische Diskussion

Nachfolgend werden die Ergebnisse vor dem Hintergrund der Stärken und Grenzen der Studie analysiert.

### 21.1 Design und Stichprobenumfang

Die zentrale Fragestellung der Arbeit, welche Effekte kontext-reduzierte Gespräche auf naturwissenschaftliche Konzepte und bildungssprachliche Fähigkeiten von Vorschulkindern haben, wurde mit Hilfe eines quasi-experimentelles Designs mit Prä-Post-Messung, drei abhängigen Variablen und drei Untersuchungsgruppen untersucht. Es wurde

eine genügend große Stichprobe rekrutiert, um bei Untersuchung der abhängigen Variablen mittels AN(CO)VA bedeutsame Effekte auffinden zu können. Bei der Zuweisung der Kinder zu Treatments wurde darauf geachtet, dass in jeder Kita jedes Treatment umgesetzt wird, sodass sich eventuelle Effekte der Unterschiede zwischen den Kitas auf alle Treatments gleichermaßen auswirken. Die drei Treatments wurden innerhalb einer Kita von der gleichen Untersuchungsleiterin durchgeführt, um auch hier zu gewährleisten, dass sich etwaige Effekte der jeweiligen Untersuchungsleiterin gleichmäßig auf alle drei Treatments auswirken.

Mit Hilfe dieses Designs ist es zulässig, Kausalaussagen über den Zusammenhang von unabhängigen und abhängigen Variablen zu treffen (Döring & Bortz, 2016), d.h. es kann aus den statistischen Analysen der vorliegenden Arbeit geschlossen werden, dass sich verbale Unterstützungsmaßnahmen (unabhängige Variable) förderlich auf naturwissenschaftliche Konzepte (abhängige Variable) auswirken. Um Aussagen über die Nachhaltigkeit des Effekts zu machen, wären jedoch Follow-Up-Messungen nötig.

Hinsichtlich der Stichprobengröße ergab sich ein höherer Dropout, als ursprünglich kalkuliert, da die Daten einer Kita von der Auswertung ausgeschlossen werden mussten. Grund hierfür war, dass die dort eingesetzte Untersuchungsleiterin den Zielwortschatz auch in der Do-Phase einsetzte und somit der Effekt kontext-reduzierter Gespräche in dieser Kita nicht untersucht werden konnte. Dies führt zu einer Verringerung der Power und entsprechend zu einer Erhöhung des Fehlers zweiter Art, d.h. es wird mit höherer Wahrscheinlichkeit aus den Ergebnissen geschlossen, dass kein Effekt vorliegt, obwohl in Wirklichkeit in Effekt vorliegt (ebd.).

Die nicht vorhandenen Effekte im Wortschatz und im Grammatikverständnis lassen sich jedoch nicht aus dem verringerten Stichprobenumfang erklären, da die Effektstärken sehr gering sind und die Daten Grund zu der Annahme geben, dass die Ursachen hierfür in der Wahl des Erhebungsinstruments und / oder der Gestaltung und Umsetzung der Förderung liegen.

## 21.2 Erhebungsinstrumente

### 21.2.1 *Verständnis zweiseitiger Hebel*

Zur Erfassung des Verständnisses der Teilkonzepte von Hebelwirkung wurde ein bildbasierter Test mit Non-Konflikt-Items zur Balkenwaage und Items zu Kraftarm, Lastarm und Last an verschiedenen Werkzeugen eingesetzt. Dieser Test basiert auf existierenden Verfahren und hatte sich bereits in der Vorstudie bewährt.

### **Stärken und Schwächen**

Eine Stärke des Tests zur Erfassung des Verständnisses der Teilkonzepte von Hebelwirkung ist, dass er ein reliables Messinstrument darstellt, das Gruppenunterschiede abbilden kann. Getestet wurde das konzeptuelle Verständnis der Teilkonzepte Gewicht, Abstand und Balance (Gleichgewichtsfunktion) sowie Kraftarm, Lastarm und Last (Kraft-

verstärkungsfunktion). Dieses Vorgehen wurde gewählt, da entsprechend des kognitiven Entwicklungsstandes der Kinder auch in der Förderung jedes Teilkonzept einzeln angesprochen wurde, um keine Fehlkonzepte aufzubauen. Es war somit konsequent auch auf dieser Ebene zu testen. Der Test kann somit aussagen, über wie viele und welche Teilkonzepte von Hebelwirkung ein Kind verfügt.

Bei der Testkonstruktion wurde darauf geachtet, dass die Teilkonzepte zu Kraft- und Lastarm an mehreren Anwendungsfällen überprüft werden und dass pro Teilkonzept und Anwendungsfall von Kraftverstärkung gleich viele Items im Test vorhanden sind. Um überprüfen zu können, ob Kinder ein Regelwissen über Kraftarm und Lastarm erwerben, das sie auch auf unbekannte Situationen anwenden, wurden im Test Transferitems zu Lastarm und Kraftarm eingesetzt.

Eine Schwäche des Tests ist, dass die Mehrzahl der Items die Teilkonzepte Kraftarm, Lastarm und Abstand erhebt, d.h. nicht alle Teilkonzepte gehen in gleicher Gewichtung in die Gesamtsumme ein. Insbesondere Veränderungen im Teilkonzept Last wirken sich kaum auf die erreichte Gesamtpunktzahl aus, da dieses nur an einem Anwendungsfall und somit mit einer geringen Itemzahl erhoben wurde.

Dieses Vorgehen wurde gewählt, da bei Vorschulkindern v.a. Kraftarm, Lastarm und Abstand in der Zone der nächsten Entwicklung liegen (vgl. Naber, 2016; Siegler, 1976; Siegler & Chen, 1998) und deshalb ein deutlicher Interventionseffekt v.a. bei diesen Teilkonzepten erwartet wurde. In der deskriptiven Analyse auf Ebene der Teilkonzepte zeigte sich jedoch, dass der Anteil der Könner im Teilkonzept Last in ähnlichem Maße zunahm wie in Teilkonzepten zum Lastarm. Es ist daher anzunehmen, dass die Effekte der Intervention deutlicher hervorgetreten wären, wenn das Teilkonzept Last nicht nur an einem, sondern an mehreren Anwendungsfällen erhoben worden wäre. Dies geht aber mit einer Verlängerung der Testzeit einher, weshalb bei Aufnahme weiterer Items die Aufteilung in einen Test zur Gleichgewichtsfunktion und einen weiteren Test zur Kraftverstärkungsfunktion notwendig wäre.

### *21.2.2 Wortschatz*

In Anlehnung an existierende Wortschatztests (z.B. AWST-R, Kiese-Himmel, 2005) wurde für die vorliegende Studie ein bildbasierter Wortschatztest zu zweiseitigen Hebeln entwickelt. Abgefragt wurden Nomen zu den Gegenständen der Intervention, Verben zu den damit ausgeführten Tätigkeiten und Adjektive zur differenzierten Beschreibung von Größenunterschieden (Länge, Dicke und Gewicht).

### **Stärken und Schwächen**

Als Stärke des Tests ist anzuführen, dass er sich als reliables und ökonomisches Instrument zur Erfassung des Wortschatzes erwies. Jedoch konnten keine Veränderungen in den Adjektiven und nur geringe Veränderungen in den Verben gemessen werden. Dies kann einerseits aus dem vergleichsweise geringen Einsatz der Adjektive und Verben in der Intervention resultieren, andererseits aber auch durch die Gestaltung des Tests bedingt sein.

Eine Schwäche des Tests, die die fehlenden Effekte auf Ebene der Adjektive und Verben erklären könnte, sind die getesteten Worte und Wortformen.

Für die Adjektive wurde im Protokollbogen nicht zwischen Grundform und Steigerungsformen unterschieden. Dies ist mit Blick auf bildungssprachlichen Wortschatz kritisch zu sehen, da die Grundformen der getesteten Adjektive auch im Alltag häufig vorkommen, die Steigerungsformen jedoch stärker mit Bildungssprache in Zusammenhang stehen. Sie ermöglichen beim vergleichenden Beschreiben der Gegenstände, das in den Planungs- und Reflexionsgesprächen der Förderung eine Rolle spielt, eine präzisere Ausdrucksweise (Hövelbrinks, 2014) und kompaktere Äußerungen mit höherer Informationsdichte (Koch & Oesterreicher, 1985). Der Test sollte deshalb dahingehend überarbeitet werden, dass er die Kenntnis von Komparativ und Superlativ systematisch testet. Die Ergebnisse der Vorstudie untermauern diese Argumentation. Dort wurde der Wortschatz der Kinder in einem Interview elizitiert und es zeigte sich ein deutlicher Gruppenunterschied im Zuwachs im Komparativ der Adjektive. Bei den Grundformen war der Unterschied zwischen kontext-reduzierten Gesprächen und Kita-Alltag hingegen nur gering (vgl. Kapitel 14.2.2). Der Superlativ wurde auch im Interview der Vorstudie nicht gezielt elizitiert, ist aber mit Blick auf Hebelwirkung ebenfalls bedeutsam, wenn mehr als zwei Hebel verglichen werden.

Die Verben wurden im Wortschatztest mit Bildern bereits abgeschlossener Handlungen erfragt, da sich hierzu leicht aussagekräftige Bilder erstellen ließen. Als korrekte Antwort wurde entsprechend der differenzierten Ausdrucksweise, die für Bildungssprache typisch ist (vgl. z.B. Hövelbrinks, 2014), das Partizip II als korrekte Antwort erwartet. Es ist jedoch zu bedenken, dass vielen Kindern die meisten der abgefragten Worte vor der Förderung noch nicht bekannt waren und die Worte erst in der Förderung erlernt werden müssen. Das Testen der für die Kinder neuen Verben in der Form des Partizip II stellt somit eine doppelte Anforderung dar: Es muss das korrekte Verb erinnert und in die korrekte Form gebracht werden. Diese Leistung wurde nur von einem geringen Anteil der Kinder bei mehr als zwei Verben erbracht. Zur Senkung der Schwierigkeit der Verben, könnte über eine computergestützte Erfassung des Wortschatzes nachgedacht werden, bei der die Verben mittels kurzer Videoclips gezeigt werden und gefragt wird, was die Person im Video macht. Dies würde den Infinitiv der Verben oder die dritte Person Präsens als korrekte Formen zulassen, die für Vorschulkinder vermutlich leichter sind (vgl. Wildemann et al., 2016).

Neben den Worten und Wortformen könnten auch die Instruktionen auf Ebene der Adjektive und Verben dazu beigetragen haben, dass die Fähigkeiten der Kinder nicht optimal erfasst wurden.

Bei den Adjektiven wird den Kindern zu Beginn des Testteils erklärt, dass sie immer zwei Gegenstände auf den Bildern sehen und bei diesen etwas verschieden ist. Anschließend werden sie zu jedem Bild gefragt: „Wie sind die beiden?“. Nachgefragt wurde, wenn ein Kind den Unterschied nur mit größer und / oder kleiner beschrieb: „Kannst du das noch genauer sagen?“ und wenn es nur ein Wort nannte: „Und das andere ist dann...?“. Diese Nachfragen stellen eine mögliche Fehlerquelle bei der Durchführung

des Tests dar, da die Fähigkeiten eines Kindes möglicherweise unterschätzt werden, wenn der / die Untersuchungsleiter\_in vergisst, die Nachfrage zu stellen. Die Nachfragen könnten evtl. vermieden werden, wenn den Kindern zu Beginn des Testteils zu den Adjektiven erklärt wird, dass *zwei Worte* gesucht werden, die den Unterschied beschreiben, und dass diese Worte den Unterschied *möglichst genau* bezeichnen sollen. Es wäre zu erproben, ob Kinder, die über das Adjektivpaar verfügen, dieses dann auch spontan produzieren und ob Kinder, die über differenzierte Bezeichnungen (z.B. länger statt lang) verfügen, diese mit der veränderten Anweisung spontan produzieren.

Auch bei den Verben wurde bei der Nennung eines alltagssprachlichen Verbs jeweils nachgefragt („Wie würde es im Bilderbuch stehen?“), um sicher zu stellen, dass tatsächlich die Fähigkeiten im produktiven Wortschatz gemessen werden. Auch hier besteht aber das Risiko, dass das Nachfragen in Einzelfällen vergessen wurden und dadurch der Interventionseffekt auf Ebene der Verben eventuell nicht richtig abgebildet wurde. Dies könnte möglicherweise bei zukünftigen Erhebungen vermieden werden, wenn in der Einleitung des Testteils zu den Verben erklärt wird, dass immer Worte gesucht werden, die auch im Bilderbuch stehen könnten. So müsste evtl. nicht bei jedem einzelnen Verb gefragt werden. Auch hier wäre zu überprüfen, ob die Kinder diese allgemeine Instruktion berücksichtigen, oder ob das Fragen pro Item zusätzliche bildungssprachliche Verben eliziert.

Bei der Überarbeitung des Wortschatztests sollte auch eine standardisiertere Erfassung der feststehenden Ausdrücke realisiert werden. Die Items wurden aus den Analysen ausgeschlossen, da sie mit mehreren gestaffelten Nachfragen verbunden waren und aus den Protokollbögen nicht hervorgeht, auf welche konkrete Antwort des Kindes welche konkrete Nachfrage des Untersuchungsleiters folgte. Es ist nicht ausreichend nachvollziehbar, ob ein Kind den gesuchten Ausdruck im Gesamten produzierte oder ob in mehreren Nachfragen nur Teile des Ausdrucks eliziert wurden, dies aber trotzdem als korrekte Antwort des Kindes gewertet wurde. Die Instruktionen und Bilder sollten dahingehend überarbeitet werden, dass keine Nachfragen mehr nötig sind, um eine vollständige Äußerung zu elizieren.

### *21.2.3 Grammatik*

Zur Erfassung der bildungssprachlichen Grammatik wurde der TROG-D (Fox, 2013), ein bildbasierter Test zur Erfassung des Grammatikverständnisses, eingesetzt, da sich im Abgleich mit den grammatikalischen Merkmalen von Bildungssprache (Hövelbrinks, 2014) und einer Ratingskala zur Einschätzung der produktiven Fähigkeiten im Bereich bildungssprachlicher Grammatik (Tietze et al., 2016) zeigte, dass der TROG-D das Verständnis von für Bildungssprache typischen grammatikalischen Konstruktionen überprüft. Zudem wurde er bereits in einer Studie zur Untersuchung des Sprachförderpotenzials von *Plan – Do – Review* eingesetzt (Römstedt, 2016, 2017).

### **Stärken und Schwächen**

Mit Hilfe des TROG-D kann das Grammatikverständnis von Vorschulkindern reliabel erfasst werden (Fox, 2013). Da jedoch keine Gruppenunterschiede im Zuwachs nachgewiesen werden konnten (was insbesondere hinsichtlich der Kontrollgruppe ohne sprachliche Förderung verwundert), ist zu diskutieren ob trotz sorgfältiger und theoretisch begründeter Auswahl möglicherweise ein Testinstrument verwendet wurde, das nicht sensitiv genug ist, um eventuelle Interventionseffekte abbilden zu können.

Für diese Annahme spricht, dass in der Vorstudie, in der die produktiven grammatikalischen Fähigkeiten themenbezogen in einem Interview erhoben und mittels Ratingskala (Tietze et al., 2016) eingeschätzt wurden, Hinweise auf einen förderlichen Effekt kontextreduzierter Gespräche auf die bildungssprachliche Grammatik gefunden wurden.

Dagegen spricht jedoch, dass in der Studie von Römstedt (2016, 2017) Plan-Do-Review einen stärkeren Effekt auf die mittels TROG-D gemessene Entwicklung im Grammatikverständnis des TROG-D hatte als eine andere Fördermethode und der Kita-Alltag. In dieser Studie konnte also ein Effekt einer relativ vergleichbaren Intervention auf das mit dem TROG-D gemessene Grammatikverständnis nachgewiesen werden. An dieser Studie nahmen jedoch nicht nur Vorschulkinder, sondern auch jüngere Kita-Kinder teil. Daraus ergibt sich die Vermutung, dass der TROG-D für Vorschulkinder möglicherweise nicht sensitiv genug ist, um den Effekt einer Intervention zu erfassen, da diese ihre grammatikalischen Fähigkeiten bereits weitgehend entwickelt haben (Wildemann et al., 2016). Dies ist jedoch unwahrscheinlich, da die Daten der vorliegenden Studie keinen Deckeneffekt zeigen. Wahrscheinlicher ist, dass der TROG-D die in den in den Gesprächsphasen der Instruktion geförderten Konstruktionen nicht differenziert genug erfasst, um auch kleine Entwicklungsschritte abbilden zu können.

Dies kann einerseits an den im TROG-D erfassten grammatikalischen Merkmalen liegen, welche zwar typisch für Bildungssprache aber nicht unbedingt spezifisch für naturwissenschaftliche Konzepte sind. Beispielsweise werden unpersönliche Formulierungen, die für naturwissenschaftliche Konzepte relevant sind, im TROG-D mit nur einem Itemblock erfasst. Zudem wird in diesem Itemblock nur das Verständnis von Passivkonstruktionen erfragt. Die in der Vorstudie eingesetzte RaBi-Skala erfasst hingegen unpersönliche Konstruktionen als eigenen Teilbereich der Dimension Morphosyntax, sodass diese zu einem wesentlichen Anteil in den Gesamtscore eingehen. Zudem werden nicht nur Passiv-Konstruktionen, sondern auch Vorstufen mit *man* oder *lassen* in der RaBi-Skala erfasst. Sie ist somit in dem für naturwissenschaftliche Konzepte wesentlichen grammatikalischen Merkmal der unpersönlichen Konstruktionen deutlich sensitiver für Interventionseffekte als der TROG-D. Dies könnte eine Erklärung für die unterschiedlichen Ergebnisse von Vor- und Hauptstudie sein.

Ein weiterer Erklärungsansatz könnte sein, dass im TROG-D rezeptive grammatikalische Fähigkeiten ohne Bezug zum naturwissenschaftlichen Konzept erfasst werden. Möglicherweise spiegelt sich ein Interventionseffekt weniger in diesem themenunspezifischen Grammatikverständnis wider, sondern eher darin, inwiefern Kinder das bildungssprachliche Register in ihren eigenen sprachlichen Produktionen berücksichtigen,

da sich bildungssprachliche Kompetenz nicht nur im reinen Verstehen grammatikalischer Konstruktionen ausdrückt, sondern v.a. darin, dass in Situationen, die dem bildungssprachlichen Register entsprechen, dieses auch verwendet wird (Schleppegrell, 2001). Für diese These spricht, dass in der Vorstudie, in der mit Hilfe der RaBi-Skala produktive grammatikalische Fähigkeiten mit Bezug zum naturwissenschaftlichen Konzept erhoben wurden, ein Effekt kontext-reduzierter Gespräche gegenüber dem Kita-Alltag nachgewiesen werden konnte. Somit sollte in zukünftigen Studien bildungssprachliche Grammatik in themenbezogenen kontext-reduzierten Gesprächen erhoben werden.

Eine Möglichkeit zur standardisierten und ökonomischen Erfassung der themenbezogenen produktiven grammatikalischen Fähigkeiten besteht jedoch noch nicht. Sie könnte möglicherweise in Anlehnung an das Auswertungsraster der in der Vorstudie verwendeten Bilderzählung (Fried, 2010b) entwickelt werden. Hierfür könnten die Interviews der Vorstudie dahingehend gesichtet werden, welcher Sprechanlass (z.B. Vergleich der Scheren) typischerweise welche Äußerungen hervorruft. Somit könnte im ersten Schritt aus den Interviewdaten der Vorstudie ein effizienter Erzählanlass entwickelt werden. Im nächsten Schritt müssten die Kindäußerungen in ein handhabbares Beurteilungsraster überführt werden. Hierfür könnte das Auswertungsraster der Bilderzählung des Delfin 5 (Fried, 2010b) anhand der zuvor im Interview identifizierten typischen Kindäußerungen an die veränderte Aufgabenstellung angepasst werden. Anschließend müsste im Vergleich zu weiteren Verfahren (z.B. RaBi-Skala) geprüft werden, ob die Kombination aus Sprachanlass und Beurteilungsraster ein valides Instrument zur Erfassung der produktiven themenbezogenen grammatikalischen Fähigkeiten in kontext-reduzierten Gesprächssituationen bietet.

### 21.3 Intervention

Die Lernumgebung der Intervention basiert auf der aus dem HighScope Curriculum stammenden Methode *Plan-Do-Review* (Hohmann et al., 2008) und wurde in drei Varianten umgesetzt. In der Do-Phase sammelten die Kinder in allen drei Varianten Erfahrungen mit Hebeln. In den beiden Experimentalgruppen fanden zudem Planungs- und Reflexionsphasen statt, in denen die in der Do-Phase gemachten Erfahrungen in Gesprächen vor- und nachbereitet wurden. Diese wurden in der einen Experimentalgruppe kontext-reduziert (ohne Zugriff auf die Hebel) und in der anderen kontextualisiert (mit Zugriff auf die Hebel) durchgeführt. Die Kontrollgruppe erhielt keine Planungs- und Reflexionsgespräche, sondern eine verlängerte Do-Phase.

#### **Stärken und Schwächen**

Die Stärken der Intervention liegen in der theoriebasierten Entwicklung in Kombination mit der empirischen Erprobung im Rahmen der Vorstudie, in welcher die Intervention stärkere Effekte auf den Erwerb des konzeptuellen Verständnisses von Hebelwirkung und der bildungssprachlichen Lexik und Grammatik hatte als der Kita-Alltag. Die Lernumgebung wurde für die Hauptstudie entsprechend der in der Erprobung gewonnenen Erkenntnisse stärker strukturiert, um die Aufmerksamkeit der Kinder noch stärker

auf das Material zu lenken. In der Hauptstudie erwies sich die Intervention zu Hebelwirkung mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen in den Planungs- und Reflexionsphasen der Kontrollgruppe ohne verbale Unterstützungsmaßnahmen in den Lernfortschritten im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung und in den bildungssprachlichen Nomen überlegen, was darauf hindeutet, dass ein ausreichendes Maß an Strukturierung erreicht wurde, um das Lernen der Kinder in den Gesprächsphasen fördern zu können.

Als weitere Stärke der Intervention ist das detaillierte Skript anzuführen, in dem zum einen die Variation der Treatments vorgeschrieben war und zum anderen konkrete Gesprächsbeiträge und weiterführende Vorschläge für die Planungs- und Reflexionsgespräche der Experimentalgruppen für jede Sequenz gegeben wurden. So sollte sichergestellt werden, dass (1) die Treatments in der entsprechenden Variante umgesetzt werden, (2) den Kindern im Verlauf der Förderung zu jedem Teilkonzept und Anwendungsfall ein Planungs- und Reflexionsmodell zur Verfügung steht und (3) von den Untersuchungsleiterinnen angemessene verbale Unterstützungsmaßnahmen eingesetzt werden, um das für messbare Fördereffekte vermutlich notwendige Mindestmaß an Interaktionsqualität (Burchinal et al., 2010) sicherzustellen. Dies scheint im Hinblick auf das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung gelungen zu sein, da hier ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe ohne verbale Unterstützungsmaßnahmen und den Experimentalgruppen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen vorlag. Dazu trugen mit hoher Wahrscheinlichkeit die sorgfältige Auswahl und Schulung der Untersuchungsleiter\_innen bei sowie das detaillierte Skript, in dem explizite Vorschläge zur Umsetzung entsprechender verbaler Unterstützungsmaßnahmen in jeder Sequenz eingearbeitet sind. Um die Komplexität des Skripts in einem bewältigbaren Rahmen zu halten, wurden nicht für alle verbalen Unterstützungsmaßnahmen konkrete Anregungen eingearbeitet, sondern nur für kognitiv aktivierende Unterstützungsmaßnahmen, die von pädagogischen Fachkräften i.d.R. nicht in ausreichendem Maße eingesetzt werden (vgl. z.B. König, 2009; Siraj-Blatchford et al., 2002). Konkrete Anregungen für sprachliche Modellierungsstrategien wurden im Skript nur im Sinne von generellen Gesprächshinweisen gegeben, die in jeder Sequenz beachtet werden sollten. Es wurden aber nicht für jede Sequenz konkrete Formuleirungsvorschläge für die Untersuchungsleiterinnen gegeben, da davon auszugehen war, dass Modellierungsstrategien von Erwachsenen im Umgang mit Kindern i.d.R. intuitiv eingesetzt werden (vgl. Szagun, 2013).

Möglicherweise ist das Fehlen konkreter Anregungen zu sprachlichen Modellierungsstrategien jedoch eine Schwäche des Skripts, die dazu geführt haben könnte, dass die zur Sprachförderung relevanten Teilaspekte der Interaktionsqualität zu gering ausgefallen sind, obwohl in der Schulung auch auf diese Strategien eingegangen wurde. Diese Vermutung wird dadurch untermauert, dass in den bildungssprachlichen Fähigkeiten keine Unterschiede zwischen den Gruppen mit und ohne verbalen Unterstützungsmaßnahmen gefunden wurden. Ein auch im deutschsprachigen Raum (Stuck, Kammeyer & Roux, 2016) bewährtes Instrument zur Überprüfung der Interaktionsqualität ist das Classroom Assessment Scoring System Pre-K (Pianta et al., 2012). Jedoch sind

die einzelnen Planungs- und Reflexionsphasen der videografierten Sequenzen zu kurz, um die Interaktionsqualität mit diesem Instrument einzuschätzen (Pianta et al., 2012). Eine niedriginferente Untersuchung der Videos auf das Vorkommen sprachlicher Modellierungsstrategien wäre sehr viel aufwändiger und schwierig zu interpretieren, da unklar ist, was für einzelne Strategien ein entsprechender Schwellenwert ist. Deshalb könnte es sinnvoll sein, künftig vor Beginn der Intervention zu überprüfen, ob die ausgewählten Untersuchungsleiter\_innen den vermutlich notwendigen Schwellenwert in der Interaktionsqualität (Burchinal et al., 2010) in naturwissenschaftlichen Interaktionssituationen erreichen.

Für Folgestudien könnte es außerdem sinnvoll sein, konkrete Beispiele für sprachliche Modellierungsstrategien in das Skript aufzunehmen, damit diese bei der Umsetzung der Förderung nicht in Vergessenheit geraten. Möglicherweise könnte auch die Handpuppe expliziter als Sprachmodell eingesetzt werden, indem den Kindern nicht nur erklärt wird, dass sie sich mit dem Forschen gut auskennt, sondern auch, dass Forscher\_innen auf eine bestimmte Art und Weise sprechen (vgl. Quehl & Trapp, 2013). Die Handpuppe könnte den Kindern bestimmte Formulierungen gezielt anbieten oder auch von den Kindern um Unterstützung gebeten werden, wenn diese Formulierungsschwierigkeiten beim Planen und Reflektieren haben.

Eine weitere Schwäche der Intervention, die Effekte auf sprachlicher und konzeptueller Ebene geschmälert haben könnte, ist die Auswahl des Experimentiermaterials. Aus Gründen der ökologischen Validität wurde von teuren Sonderanfertigungen abgesehen, wodurch es nicht möglich war, an einem Anwendungsfall alle Teilkonzepte zu fördern. Für den optimalen Erwerb des naturwissenschaftlichen Konzeptes wäre es jedoch hilfreich, wenn alle Teilkonzepte von Hebelwirkung an einem Anwendungsfall erfahren werden könnten und gleichzeitig mehrere Anwendungsfälle zur Verfügung stünden, die diese Möglichkeit bieten (Schwelle, 2016). Dies würde es ermöglichen, die Hebel in der Lernumgebung in Experimentierreihen pro Teilkonzept zu gliedern und würde verdeutlichen, dass die Regeln zu den Teilkonzepten an mehreren Anwendungsfällen gelten (ebd.). Dadurch wird begünstigt, dass konkrete Erfahrungen aus der Do-Phase zu allgemeinen Regeln abstrahiert werden und transferfähige Vorstellungen erworben werden (ebd.). Möglicherweise entfalten kontext-reduzierte Gespräche ihr Förderpotenzial für das konzeptuelle Verständnis und die bildungssprachlichen Fähigkeiten erst dann, wenn die Lernumgebung solche für naturwissenschaftliche Konzepte typische Abstraktionsleistungen stärker begünstigt. Dies könnte auch förderlichere Bedingungen für den Erwerb bildungssprachlicher Fähigkeiten mit sich bringen, da nicht nur Verstehensprozesse auf konzeptueller Ebene, sondern auch die sprachliche Repräsentation der Teilkonzepte als allgemeine Regeln stärker herausgefordert werden würden, sodass die mit naturwissenschaftlichen Konzepten in Verbindung stehende bildungssprachliche Lexik und Grammatik eine noch größere Rolle spielen würde (vgl. Cummins, 2008; Halliday & Webster, 2006).

## 21.4 Statistische Auswertung

In der vorliegenden Untersuchung wurde der Effekt kontext-reduzierter Gespräche auf (1) das konzeptuelle Verständnis zweiseitiger Hebel unter Berücksichtigung der kognitiven Kapazität sowie auf (2) den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln und (3) bildungssprachliches Grammatikverständnis mittels dreier AN(C)OVAS untersucht, da die Kovariate „kognitive Kapazität“ aus theoretischer Sicht nur beim konzeptuellen Verständnis eine Rolle spielt, d.h. eine MANCOVA zur gemeinsamen Prüfung aller Variablen mit der Kovariate *kognitive Kapazität* wäre inhaltlich nicht sinnvoll.

Werden, wie in der vorliegenden Studie, mehrere Hypothesentests an der gleichen Stichprobe durchgeführt, kumuliert jedoch der  $\alpha$ -Fehler (Döring & Bortz, 2016). In der vorliegenden Studie beträgt das Risiko, einen Gruppenunterschied anzunehmen, obwohl in der Grundgesamtheit kein Unterschied vorliegt, somit insgesamt nicht 5 %, sondern 15 %. Wird das Signifikanzniveau entsprechend angepasst, wäre von einem signifikanten Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe in den einzelnen AN(C)OVAs nur dann zu sprechen, wenn  $p < .017$  ist. Nach diesem strengeren Kriterium wäre auch der Unterschied zwischen den Gruppen mit verbalen Unterstützungsmaßnahmen und der Gruppe ohne verbale Unterstützungsmaßnahmen im konzeptuellen Verständnis in der vorliegenden Stichprobe nicht signifikant. Zu Bedenken ist jedoch, dass die Signifikanz eines Ergebnisses nicht nur von Vorhandensein und Stärke eines Effektes abhängt, sondern auch von der Stichprobengröße (Field, 2018). Der Stichprobenumfang wurde allerdings für ein Signifikanzniveau von  $\alpha = 5 \%$  berechnet, sodass nach angepasstem Signifikanzniveau das Risiko besteht, dass ein praktisch bedeutsamer Effekt nicht signifikant wird. Einen Hinweis darauf, ob ein Effekt praktisch bedeutsam ist, gibt die Effektstärke (Döring & Bortz, 2016). Da der Interaktionseffekt von Messzeitpunkt und Gruppe im konzeptuellen Verständnis als stark einzustufen ist (Cohen, 1988), kann davon ausgegangen werden, dass er in einer entsprechend größeren Stichprobe auch mit angepasstem Signifikanzniveau signifikant wäre. Die praktische Bedeutsamkeit zeigt sich im Anteil der Könner: Die Förderung mit Gesprächen erzielt in allen Teilkonzepten einen höheren Zuwachs als die Förderung ohne Gespräche. Ein solches Ergebnis ist praktisch bedeutsam, da für das Verständnis von Hebelwirkung alle Teilkonzepte eine Rolle spielen.

## 22 Ausblick

### 22.1 Weiterführende Fragestellungen

In weiteren Untersuchungen sollten v.a. die im Rahmen der methodischen Diskussion hinsichtlich der fehlenden Effekte auf die bildungssprachliche Lexik und Grammatik aufgeworfenen Kritikpunkte berücksichtigt werden. In Folgestudien sollte eine ausreichend hohe Interaktionsqualität sichergestellt werden, da möglicherweise nur dann Fördereffekte nachweisbar sind (Burchinal et al., 2010). Weiterhin sollte der Wortschatztest

zur Erfassung der für zweiseitige Hebel bedeutsamen bildungssprachlichen Lexik optimiert werden und es sollte für weitere quantitative Untersuchungen ein Erhebungsinstrument zur ökonomischen und themenspezifischen Erfassung der bildungssprachlichen grammatikalischen Fähigkeiten von Vorschulkindern entwickelt werden. Außerdem sollte eine weitere Optimierung der in der Intervention eingesetzten Hebel und des Förderskripts vorgenommen werden, um bessere Förderbedingungen zu gewährleisten, da möglicherweise erst dann Unterschiede zwischen kontext-reduzierten und kontextualisierten Gesprächen sichtbar werden.

Nicht betrachtet wurde in der vorliegenden Arbeit der Bereich der Diskursfunktionen. Diese sind neben Lexik und Grammatik der dritte wesentliche Baustein von Bildungssprache, welcher aber ohne die untersuchten lexikalischen und grammatikalischen Merkmale von Bildungssprache nicht realisierbar ist (vgl. Hövelbrinks, 2014). Zu untersuchen wäre, ob sich Planungs- und Reflexionsgespräche generell förderlich auf Diskursfunktionen wie Vermuten, Beschreiben, Berichten oder Erklären auswirken oder ob es Unterschiede zwischen kontext-reduzierten und kontextualisierten Gesprächssituationen auf die Entwicklung der Diskursfunktionen von Vorschulkindern gibt.

## 22.2 Anregungen für die Praxis

In der vorliegenden Arbeit nahmen Vorschulkinder an einer **Lernumgebung** teil, die auf der Methode *Plan-Do-Review* (Hohmann et al., 2008) basiert und verschiedene zweiseitige Hebel mit Gleichgewichts- und Kraftverstärkungsfunktion beinhaltet. In der Do-Phase konnten die Kinder Erfahrungen mit Hebeln sammeln, die in den Planungs- und Reflexionsphasen vor- und nachbereitet wurden. Die Planungs- und Reflexionsphasen fanden entweder mit (kontextualisiert) oder ohne Zugriff auf das Material (kontext-reduziert) statt. Die Kontrollgruppe erhielt eine verlängerte Do-Phase ohne Gespräche. **Untersucht** wurde, (1) ob diese Gesprächsphasen einen förderlichen Effekt auf den Lernzuwachs der Kinder hinsichtlich naturwissenschaftlichem Konzept und Bildungssprache haben und (2) ob kontext-reduzierte oder kontextualisierte Gespräche einen stärkeren Fördereffekt haben.

Aus den **Ergebnissen** der vorliegenden Arbeit kann ebenso wie aus anderen Studien (z.B. Möller et al., 2002; Naber, 2016) geschlossen werden, dass Vorschulkinder **naturwissenschaftliche Konzepte** erwerben können, wenn sie zu naturwissenschaftlichen Themen experimentieren und pädagogische Fachkräfte die Erfahrungen der Kinder in Planungs- und Reflexionsgesprächen vor- und nachbereiten. Wichtig ist dabei, dass die Vermutungen, Beobachtungen und Schlussfolgerungen der Kinder in den Planungs- und Reflexionsgesprächen herausgearbeitet werden (French, 2004; Hardy et al., 2006; Leuchter et al., 2014; Möller et al., 2002) und dass den Kindern strukturiertes Material zur Verfügung gestellt wird, das die Aufmerksamkeit auf relevante Merkmale lenkt (Naber, 2016). Mit Hilfe verbaler Unterstützungsmaßnahmen sollten Kinder zu Gedanken und Äußerungen darüber angeregt werden, was sie vermuten bzw. herausgefunden haben und wie sie etwas herausfinden möchten bzw. herausgefunden haben (Naber,

2016; Siegler, 1976; Siegler & Chen, 1998), und es sollten (z.B. durch Zusammenfassungen und Vergleiche) Regelmäßigkeiten herausgearbeitet werden (Naber, 2016; Schwelle, 2016). Inwiefern die Planungs- und Reflexionsgespräche kontext-reduziert oder mit Zugriff auf das Material umgesetzt werden sollten, oder ob eine Kombination von beidem optimal wäre, ist noch nicht ausreichend erforscht.

Unklar ist auf Basis der bisher vorliegenden Ergebnisse, inwiefern kontext-reduzierte Gespräche zur **Förderung von Bildungssprache** beitragen. Aus anderen Studien zur Sprachförderung kann geschlossen werden, dass sprachliche Interaktionen mit Kindern sprachförderlich wirken, wenn Kinder durch Einsatz von Sprachförderstrategien zum Sprechen angeregt werden (z.B. durch Fragestrategien) und dabei durch Rückmelde- und Modellierungsstrategien Hilfestellungen zur Weiterentwicklung ihrer sprachlichen Fähigkeiten erhalten (Kammermeyer et al., 2017; Rank, Wildemann et al., 2018; Röhner et al., 2015; Siraj-Blatchford et al., 2002). In der vorliegenden Arbeit ist jedoch kein signifikanter Unterschied zwischen Kindern mit und ohne sprachlicher Förderung in der Lernumgebung zu erkennen. Es sind somit weitere Untersuchungen bzgl. der Förderung von Bildungssprache bei Vorschulkindern in naturwissenschaftlichen Lehr-Lern-Settings nötig.

## Literaturverzeichnis

- Amsel, E., Goodman, G., Savoie, D. & Clark, M. (1996). The Development of Reasoning about Causal and Noncausal Influences on Levers. *Child Development*, 67(4), 1624–1646. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.1996.tb01818.x>
- Andrews, G. & Halford, G. S. (1998). Children's ability to make transitive inferences. The importance of premise integration and structural complexity. *Cognitive Development*, 13(4), 479–513. [https://doi.org/10.1016/S0885-2014\(98\)90004-1](https://doi.org/10.1016/S0885-2014(98)90004-1)
- Andrews, G., Halford, G. S., Murphy, K. & Knox, K. (2009). Integration of weight and distance information in young children. The role of relational complexity. *Cognitive Development*, 24(1), 49–60. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2008.07.005>
- Arnold, D. H., Lonigan, C. J., Whitehurst, G. J. & Epstein, J. N. (1994). Accelerating Language Development Through Picture Book Reading. Replication and Extension to a Videotape Training Format. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 235–243.
- Barmeier, M., Boldt, J., Ciprina, H. J., Fröchtenicht, E., Heide, G., Hell, K. et al. (2010). *Prisma Physik 7-10. Ausgabe A* (1. Aufl.). Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
- Beck, I. L. & McKeown, M. G. (2001). Text Talk: Capturing the benefits of read-aloud experiences for young children. *The Reading Teacher*, 55(1), 10–20.
- Beck, I. L., McKeown, M. G. & Kucan, L. (2002). *Bringing Words to Life. Robust Vocabulary Instruction*. New York: The Guilford Press.
- Beck, I. L., McKeown, M. G. & Kucan, L. (2008). *Creating Robust Vocabulary*. New York: The Guilford Press.
- Berk, L. E. (2011). *Entwicklungspsychologie* (5. Aufl.). München: Pearson-Studium.
- Boom, J. & ter Laak, J. (2007). Classes in the balance. Latent class analysis and the balance scale task. *Developmental Review*, 27(1), 127–149. <https://doi.org/10.1016/j.dr.2006.06.001>
- Bunse, S. & Hoffschmidt, C. (2011). *Sprachentwicklung & Sprachförderung im Elementarbereich*. München: Olzog.
- Burchinal, M., Vandergrift, N., Pianta, R. & Mashburn, A. (2010). Threshold analysis of association between child care quality and child outcomes for low-income children in pre-kindergarten programs. *Early Childhood Research Quarterly*, 25(2), 166–176. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2009.10.004>
- Cain, K. & Nash, H. M. (2011). The influence of connectives on young readers' processing and comprehension of text. *Journal of Educational Psychology*, 103(2), 429–441. <https://doi.org/10.1037/a0022824>
- Carey, S. (2000). Science education as conceptual change. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 21(1), 13–19. [https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(99\)00046-5](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(99)00046-5)

- Carstensen, C. H., Lankes, E.-M. & Steffensky, M. (2011). Ein Modell zur Erfassung naturwissenschaftlicher Kompetenz im Kindergarten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 14(4), 651–669. <https://doi.org/10.1007/s11618-011-0240-1>
- Chi, M. T.H. (2013). Two Kinds and Four Sub-Types of Misconceived Knowledge, Ways to Change it, and the Learning Outcomes. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (Educational Psychology Handbook Series, 2. Aufl., S. 49–70). New York: Routledge.
- Christiansen, C. (2015). *Wuppis Abenteuer-Reise durch die phonologische Bewusstheit. Ein motivierendes Übungsprogramm zur Förderung der phonologischen Bewusstheit in Verbindung mit Literacy (insbesondere Textverständnis)* (5. Aufl.). Oberursel: Finken-Verlag.
- Christie, G. J. (2017). *Perceptual Salience and Its Consequences on Attentional Object Selection*. Dissertation. Simon Fraser University, Burnaby, Kanada. Zugriff am 30.01.2019. Verfügbar unter [http://summit.sfu.ca/system/files/iritems1/17302/etd10049\\_GChristie.pdf](http://summit.sfu.ca/system/files/iritems1/17302/etd10049_GChristie.pdf)
- Cieplik, D. (2006). *Erlebnis Physik. Ein Lehr- und Arbeitsbuch* (Rheinland-Pfalz, Dr. A 1). Braunschweig: Schroedel.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2. Aufl.). Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Cummins, J. (2008). BICS and CALP: empirical and theoretical status of the distinction. In B. V. Street & Hornberger Nancy H. (Eds.), *Encyclopedia of language* (Literacy, vol. 2, pp. 71–83). New York: Springer Science + Business Media LLC.
- DiSessa, A. A. (1993). Toward an Epistemology of Physics. *Cognition and Instruction*, 10(2-3), 105–225. Zugriff am 11.09.2018. Verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/pdf/3233725.pdf?refreqid=excelsior%3A197d779f6a706cd5154add8e90389340>
- DiSessa, A. A. (2013). A Bird’s-Eye View of the “Pieces” vs. “Coherence” Controversy (from the “Pieces” Side of the Fence). In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (Educational Psychology Handbook Series, 2. Aufl., S. 31–48). New York: Routledge.
- DiSessa, A. A. (2014). The construction of causal schemes: learning mechanisms at the knowledge level. *Cognitive Science*, 38(5), 795–850. <https://doi.org/10.1111/cogs.12131>
- DiSessa, A. A. & Sherin, B. L. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155–1191. <https://doi.org/10.1080/0950069980201002>
- Döring, N. & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften* (Springer-Lehrbuch, 5. vollständig überarbeitete, aktualisierte und erweiterte Auflage). Berlin: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-41089-5>

- Duismann, G. H. & Meschenmoser, H. (2009a). Technisches Verständnis als arbeitsrelevante Basiskompetenz. Empirische Befunde zur Kompetenzdiagnostik technischer Grundbildung. In W. E. Theuerkauf & H. Meschenmoser (eds.), *Qualität technischer Bildung. Kompetenzmodelle und Kompetenzdiagnostik* (Schriften zu Arbeit - Beruf - Bildung, Bd. 3, S. 104–117). Berlin: Machmit-Verlag.
- Duismann, G. H. & Meschenmoser, H. (2009b). Technisches Verständnis und Problemlösen. In R. Lehmann & E. Hoffmann (Hrsg.), *BELLA. Berliner Erhebung arbeitsrelevanter Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf „Lernen“* (S. 65–88). Münster: Waxmann.
- Eckes, T. (1996). Begriffsbildung. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, CII, Band 7, S. 273–319). Göttingen: Hogrefe.
- Egert, F. & Hopf, M. (2016). Zur Wirksamkeit von Sprachförderung in Kindertageseinrichtungen in Deutschland. *Kindheit und Entwicklung*, 25(3), 153–163.  
<https://doi.org/10.1026/0942-5403/a000199>
- Ehlich, K., Bredel, U. & Reich, H. H. (2008). *Referenzrahmen zur altersspezifischen Sprachaneignung. Forschungsgrundlagen* (Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), Hrsg.) (Bildungsforschung 29/II). Bonn. Zugriff am 15.06.2016. Verfügbar unter [https://www.bmbf.de/pub/Bildungsforschung\\_Band\\_29\\_2.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Bildungsforschung_Band_29_2.pdf)
- Engelkamp, J. & Zimmer, H. D. (2006). *Lehrbuch der kognitiven Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Epstein, A. S. (2003). How Planning and Reflection Develop Young Children's Thinking Skills. *Young Children*, 28–36.
- Ferretti, R. P. & Butterfield, E. C. (1986). Are children's rule-assessment classifications invariant across instances of problem types? *Child Development*, 57(6), 1419–1428. Zugriff am 24.01.2019. Verfügbar unter <https://www.jstor.org/stable/1130420>
- Ferretti, R. P., Butterfield, E. C., Cahn, A. & Kerkman, D. (1985). The classification of children's knowledge: Development on the balance-scale and inclined-plane tasks. *Journal of experimental child psychology*, 39(1), 131–160. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(85\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-0965(85)90033-5)
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5<sup>th</sup> edition). Los Angeles: Sage.
- Fox, A. V. (2013). *TROG-D. Test zur Überprüfung des Grammatikverständnisses* (6. Aufl.): Schulz-Kirchner-Verlag.
- Frède, V., Nobes, G., Frappart, S., Panagiotaki, G., Troadec, B. & Martin, A. (2011). The acquisition of scientific knowledge: the influence of methods of questioning and analysis on the interpretation of children's conceptions of the earth. *Infant and Child Development*, 20(6), 432–448. <https://doi.org/10.1002/icd.730>

- French, L. (2004). Science as the center of a coherent, integrated early childhood curriculum. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 138–149.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2004.01.004>
- French, L., Conezio, K. & Boynton, M. (2000). Using Science as the Hub of an Integrated Early Childhood Curriculum: The ScienceStart! Curriculum. In D. Rothenberg (Hrsg.), *Issues in Early Childhood Education. curriculum, teacher education & dissemination of information* (S. 303–312). Illinois: Early Childhood and Parenting (ECAP) Collaborative.
- Fried, L. (2009a). Sprachförderung. In L. Fried & S. Roux (Hrsg.), *Pädagogik der frühen Kindheit. Handbuch und Nachschlagewerk* (S. 173–178). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Fried, L. (Januar 2009b). *Sprachkompetenzmodell Delfin 4. Testmanual (1. Teil)*. Technische Universität Dortmund. Verfügbar unter [https://www.fk12.tu-dortmund.de/cms/ISEP/Medienpool/Mitarbeiter/Fried\\_Lilian/Testmanual\\_Delfin4\\_Teil1.pdf](https://www.fk12.tu-dortmund.de/cms/ISEP/Medienpool/Mitarbeiter/Fried_Lilian/Testmanual_Delfin4_Teil1.pdf)
- Fried, L. (2010a). *Delfin 5. Bilderbuch*.
- Fried, L. (2010b). *Delfin 5. Durchführungsanleitung*.
- Fried, L. (2012). Sprachlich-kognitive Entwicklung in der Phase der Transition vom Kindergarten zur Grundschule. Ausgewählte Ergebnisse der TransKiGs-Längsschnittstudie. *Sprache Stimme Gehör*, 36(03), e47-e50. <https://doi.org/10.1055/s-0032-1321913>
- Gadow, A. (2016). *Bildungssprache im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Beschreiben und Erklären von Kindern mit deutscher und anderer Familiensprache* (Studien Deutsch als Fremd- und Zweitsprache, Band 1). Berlin: Erich Schmidt Verlag.
- Gantefort, C. (2013). ‚Bildungssprache‘ - Merkmale und Fähigkeiten im sprachtheoretischen Kontext. In I. Gogolin, I. Lange, U. Michel & H. H. Reich (Hrsg.), *Herausforderung Bildungssprache - und wie man sie meistert* (FörMig Edition, Bd. 9, S. 71–105). Münster: Waxmann.
- Gerde, H. K., Schachter, R. E. & Wasik, B. A. (2013). Using the Scientific Method to Guide Learning. *An Integrated Approach to Early Childhood Curriculum*, 41(5), 315–323. Retrieved from 10.1007/s10643-013-0579-4
- Giancoli, D. C. (2010). *Physik. Lehr- und Übungsbuch* (3., aktualisierte Auflage). München: Pearson Studium.
- Gibbons, P. (Ed.). (2002). *Scaffolding language, scaffolding learning. Teaching second language learners in the mainstream classroom*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Gibbons, P. (2006). *Bridging discourses in the ESL classroom. Students, teachers and researchers*. London: Continuum.
- Gibbons, P. (2009). *English Learners, Academic Literacy, and Thinking. Learning in the Challenge Zone*. Portsmouth, NH: Heinemann.

- Girwidz, R. (2015). Medien im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (3. Aufl., S. 195–245). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Gogolin, I. & Duarte, J. (2016). Bildungssprache. In J. Kilian, B. Brouër & D. Lüttenberg (Hrsg.), *Handbuch Sprache in der Bildung* (Handbücher Sprachwissen, Bd. 21, S. 478–499). Berlin, Boston: De Gruyter Mouton.
- Gogolin, I., Lange, I., Hawighorst, B., Bainski, C., Heintze, A., Rutten, S. et al. (2011). *Durchgängige Sprachbildung. Qualitätsmerkmale für den Unterricht* (FörMig-Material, Bd. 3). Münster: Waxmann.
- Gottwald, A. (2016). *Sprachförderndes Experimentieren im Sachunterricht. Wie naturwissenschaftliches Arbeiten die Sprache von Grundschulkindern fördern kann* (1. Aufl.). Wiesbaden: Springer VS. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-11278-3>
- Grygier, P. & Hartinger, A. (2009). *Gute Aufgaben im Sachunterricht*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Halford, G. S., Wilson, W. H. & Phillips, S. (1998). Processing capacity defined by relational complexity: implications for comparative, developmental, and cognitive psychology. *Behavioral and Brain Sciences*, 21(6), 803-865.
- Halford, G. S., Andrews, G., Dalton, C., Boag, C. & Zielinski, T. (2002). Young children's performance on the balance scale: the influence of relational complexity. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81(4), 417–445. <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2665>
- Halliday, M. A. K. (1978). *Language as social semiotic. The social interpretation of language and meaning*. London: Edward Arnold.
- Halliday, M. A. K. & Webster, J. J. (2006). *Language of Science. Volume 5* (Collected Works of M.A.K. Halliday). London: Bloomsbury Publishing.
- Hammond, J. (2001). Scaffolding and Language. In J. Hammond (Ed.), *Scaffolding. Teaching and learning in language and literacy education* (pp. 15–30). Newtown, NSW: PETA Primary English Teaching Association.
- Hammond, J. & Gibbons, P. (2001). What is Scaffolding. In J. Hammond (Ed.), *Scaffolding. Teaching and learning in language and literacy education* (pp. 1–14). Newtown, NSW: PETA Primary English Teaching Association.
- Hamre, B. K., Pianta, R. C., Downer, J. T., DeCoster, J., Mashburn, A. J., Jones, S. M. et al. (2013). Teaching through Interactions. *The Elementary School Journal*, 113(4), 461–487. <https://doi.org/10.1086/669616>
- Hardy, I. & Kempert, S. (2011). Entwicklung und Förderung früher naturwissenschaftlicher Kompetenzen im Elementarbereich. In F. Vogt, M. Leuchter, A. Tettenborn, U. Hottinger, M. Jäger & E. Wannack (Hrsg.), *Entwicklung und Lernen junger Kinder* (S. 23–36). Münster: Waxmann.

- Hardy, I., Möller, K. & Stern, E. (2006). Effects of Instructional Support Within Constructivist Learning Environments for Elementary School Students' Understanding of "Floating and Sinking". *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 307–326.  
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.307>
- Hardy, I. & Steffensky, M. (2014). Prozessqualität im Kindergarten. Eine domänenspezifische Perspektive. *Unterrichtswissenschaft*, 42(2), 101–116.
- Hattie, J., Beywl, W. & Zierer, K. (2013). *Lernen sichtbar machen. Überarbeitete deutschsprachige Ausgabe von „Visible Learning“*. Baltmannsweiler: Schneider Hohengehren.
- Hattie, J. & Clarke, S. (2019). *Visible learning. Feedback*. London: Routledge.
- Helmke, A. & Schrader, F.-W. (2014). Angebots-Nutzungs-Modell. In M. A. Wirtz (Hrsg.), *Dorsch –Lexikon der Psychologie* (S. 149–150). Bern: Huber.
- Henrichs, L. F. (2010). *Academic language in early childhood interactions. A longitudinal study of 3- to 6-year-old Dutch monolingual children*. Universiteit van Amsterdam, Amsterdam. Verfügbar unter [https://pure.uva.nl/ws/files/771013/74707\\_thesis.pdf](https://pure.uva.nl/ws/files/771013/74707_thesis.pdf)
- Hohmann, M., Weikart, D. & Epstein, A. (2008). *Educating young children. Active learning practices for preschool and child care programs*. Ypsilanti: High/Scope Press.
- Hopf, M. (2012). *Sustained Shared Thinking im frühen naturwissenschaftlich-technischen Lernen* (Internationale Hochschulschriften, Bd. 572). Münster: Waxmann.
- Hopf, M. (2014). Didaktische Konzepte für bereichsspezifische Bildungsangebote. In R. Braches-Chyrek, C. Röhner, H. Sünker & M. Hopf (Hrsg.), *Handbuch Frühe Kindheit* (S. 615–626). Opladen: Budrich.
- Horstmann, G., Becker, S. & Ernst, D. (2016). Perceptual salience captures the eyes on a surprise trial. *Attention, Perception & Psychophysics*, 78(7), 1889–1900.  
<https://doi.org/10.3758/s13414-016-1102-y>
- Hövelbrinks, B. (2011). Sprachförderung im Kontext frühen naturwissenschaftlichen Lernens - Eine empirische Untersuchung zur Wirksamkeit von Förderstrategien. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 2011(2), 20–32.
- Hövelbrinks, B. (2014). *Bildungssprachliche Kompetenz von einsprachig und mehrsprachig aufwachsenden Kindern. Eine vergleichende Studie in naturwissenschaftlicher Lernumgebung des ersten Schuljahres*. Weinheim: Beltz Juventa.
- IBM Corp. (2017). IBM SPSS Statistics for Windows (Version 25.0) [Computer software]. Armonk, NY: IBM Corp.
- Inhelder, B. & Piaget, J. (1958). *The growth of logical thinking from childhood to adolescence. An essay on the construction of formal operational structures*. London: Routledge.
- Inkscape-Projekt. Inkscape. Open Source Scalable Vector Graphics Editor (Version 0.91) [Computer software]: Software Freedom Conservancy. Verfügbar unter <https://inkscape.org/de/>

- Jansen, B. R. J. & van der Maas, H. L. J. (2002). The development of children's rule use on the balance scale task. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81(4), 383–416. <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2664>
- Jonen, A., Möller, K. & Hardy, I. (2003). Lernen als Veränderung von Konzepten. am Beispiel einer Untersuchung zum naturwissenschaftlichen Lernen in der Grundschule. In D. Cech & H.-J. Schwier (Hrsg.), *Lernwege und Aneignungsformen im Sachunterricht*. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Kaewwipat, N. (2001). Nominalstil im Gegenwartsdeutschen. *TDLV-Forum. Zeitschrift für Sprache, Literatur und Kultur*, 6, 21–39. Zugriff am 13.03.2019. Verfügbar unter [http://nkaewwipat.com/docs/TDLV\\_Nominalstil.pdf](http://nkaewwipat.com/docs/TDLV_Nominalstil.pdf)
- Kammermeyer, G., King, S., Goebel, P., Lämmerhirt, A., Leber, A., Metz, A. et al. (2017). *Mit Kindern im Gespräch (Kita). Strategien zur Sprachbildung und Sprachförderung von Kindern in Kindertageseinrichtungen* (1. Auflage). Augsburg: Auer.
- Kammermeyer, G., Roux, S. & Stuck, A. (Juli 2008). *Verfahren zur Einschätzung des Sprachförderbedarfs von Kindern im Jahr vor der Einschulung (VER-ES). Zukunftschance Kinder: Bildung von Anfang an - Bildung für alle Fünfjährigen. Überprüfung der Endfassung 2007*. Landau in der Pfalz: Universität Koblenz-Landau. Zugriff am 28.09.2018. Verfügbar unter <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&ved=2ahU-KEwjP16Sux93dAhUtiYsKHRJKA80QFjAFegQIB-BAC&url=http%3A%2F%2Fwww.uni-koblenz-landau.de%2Fde%2Flandau%2Ffb5%2Fbildung-kind-jugend%2Fpaedagogik-der-fruehen-kindheit%2Fforschung%2Fbeendete-projekte%2Fveres%2Fueberpruefung.pdf%2Fdownload%2Ffile&usg=AOvVaw02ZjIF9xI-XKxT4IBEsGDx>
- Kasten, H. (2009). *4 - 6 Jahre. Entwicklungspsychologische Grundlagen*. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Kauschke, C. (2012). *Kindlicher Spracherwerb im Deutschen. Verläufe, Forschungsmethoden, Erklärungsansätze* (Germanistische Arbeitshefte, Bd. 45). Berlin: De Gruyter. <https://doi.org/10.1515/9783110283891>
- Kemp, R. F., Bredel, U. & Reich, H. H. (2008). Morphologisch-syntaktische Basisqualifikation. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.), *Referenzrahmen zur altersspezifischen Sprachaneignung. Forschungsgrundlagen* (S. 77–102). Bonn, Berlin.
- Kiese-Himmel, C. (2005). *AWST-R Aktiver Wortschatztest für 3- bis 5-jährige Kinder. Einzeltest zur Beurteilung des expressiven Wortschatzumfangs: Hogrefe (Revision)*.
- Klahr, D. & Siegler, R. S. (1978). The Representation of Children's Knowledge. *Advances in Child Development and Behavior*, 12, 61–116. [https://doi.org/10.1016/S0065-2407\(08\)60036-1](https://doi.org/10.1016/S0065-2407(08)60036-1)

- Kleickmann, T. (2012). *Kognitiv aktivieren und inhaltlich strukturieren im naturwissenschaftlichen Sachunterricht* (Handreichungen des Programms SINUS an Grundschulen). Kiel: IPN Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften. Zugriff am 09.05.2019. Verfügbar unter [http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material\\_aus\\_SGS/Handreichung\\_Kleickmann.pdf](http://www.sinus-an-grundschulen.de/fileadmin/uploads/Material_aus_SGS/Handreichung_Kleickmann.pdf)
- Kleickmann, T., Hardy, I., Jonen, A., Blumberg, E. & Möller, K. (2007). Learning environments in primary school science. In M. Prenzel (Hrsg.), *Studies on the educational quality of schools. The final report on the DFG Priority Programme (BIQUA, S. 137–156)*. Münster: Waxmann. Zugriff am 20.01.2016. Verfügbar unter [http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik\\_des\\_sachunterrichts/dokumente/literaturmoeller/learning\\_environ.pdf](http://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/didaktik_des_sachunterrichts/dokumente/literaturmoeller/learning_environ.pdf)
- Kleickmann, T., Hardy, I., Pollmeier, J. & Möller, K. (2011). Zur Struktur naturwissenschaftlichen Wissens von Grundschulkindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 43(4), 200–212. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000053>
- Klix, F. (1996). Lernen und Denken. In J. Hoffmann & W. Kintsch (Hrsg.), *Lernen* (Enzyklopädie der Psychologie, CII, Band 7, S. 529–582). Göttingen: Hogrefe.
- Kloos, H., Baker, H., Luken, E., Brown, R., Pfeiffer, D. & Carr, V. (2012). Preschoolers Learning Science: Myth or Reality? In H. Kloos, D. Pfeiffer, E. Luken, H. Baker, R. Brown & V. Carr (Eds.), *Preschoolers Learning Science: Myth or Reality?* (pp. 45–60). INTECH Open Access Publisher. <https://doi.org/10.5772/54119>
- Koch, P. & Oesterreicher, W. (1985). Sprache der Nähe — Sprache der Distanz. Mündlichkeit und Schriftlichkeit im Spannungsfeld von Sprachtheorie und Sprachgeschichte. *Romanistisches Jahrbuch*, 36(1), 15–43. <https://doi.org/10.1515/9783110244922.15>
- Komor, A. & Reich, H. H. (2008). Semantische Basisqualifikation. In Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) (Hrsg.), *Referenzrahmen zur altersspezifischen Sprachaneignung. Forschungsgrundlagen* (S. 51–75). Bonn, Berlin.
- König, A. (2009). *Interaktionsprozesse zwischen Erzieherinnen und Kindern. Eine Videostudie aus dem Kindergartenalltag*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.
- Kunter, M. & Voss, T. (2011). Das Modell der Unterrichtsqualität in COACTIV: Eine multikriteriale Analyse. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss & M. Neubrand (Hrsg.), *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften. Ergebnisse des Forschungsprogramms COACTIV* (S. 85–113). Münster: Waxmann.
- Lehmann, R. & Hoffmann, E. (Hrsg.). (2009). *BELLA. Berliner Erhebung arbeitsrelevanter Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern mit Förderbedarf „Lernen“*. Münster: Waxmann.
- Leuchter, M. & Plöger, I. (2015). Individuelle Förderung in Kita und Schuleingangsphase. Naturwissenschaftliches Lernen am Beispiel Gleichgewicht. In B. Behrensen,

- E. Gläser & C. Solzbacher (Hrsg.), *Fachdidaktik und individuelle Förderung in der Grundschule. Perspektiven auf Unterricht in heterogenen Lerngruppen* (S. 191–198). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren.
- Leuchter, M. & Saalbach, H. (2014). Verbale Unterstützungsmaßnahmen im Rahmen eines naturwissenschaftlichen Lernangebots in Kindergarten und Grundschule. *Unterrichtswissenschaft*, 42(2), 117–131. Zugriff am 10.02.2014. Verfügbar unter [https://www.researchgate.net/profile/Miriam\\_Leuchter/publication/263041673\\_Verbale\\_Unterstützungsmassnahmen\\_im\\_Rahmen\\_eines\\_naturwissenschaftlichen\\_Lernangebots\\_in\\_Kindergarten\\_und\\_Grundschule/links/5630f7c708ae0530378cfbaf.pdf?inViewer=0&pdfJsDownload=0&origin=publication\\_detail](https://www.researchgate.net/profile/Miriam_Leuchter/publication/263041673_Verbale_Unterstützungsmassnahmen_im_Rahmen_eines_naturwissenschaftlichen_Lernangebots_in_Kindergarten_und_Grundschule/links/5630f7c708ae0530378cfbaf.pdf?inViewer=0&pdfJsDownload=0&origin=publication_detail)
- Leuchter, M., Saalbach, H. & Hardy, I. (2014). Designing science learning in the first years of schooling. An intervention study with sequenced learning material on the topic of 'Floating and Sinking'. *International Journal of Science Education*, 36(10), 1751–1771.
- Lipowsky, F. (2015). Unterricht. In E. Wild & J. Möller (Hrsg.), *Pädagogische Psychologie* (Springer-Lehrbuch, 2. Aufl. 2015. vollst. überarb. u. aktualisierte, S. 69–105). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Mashburn, A. J. & Pianta, R. C. (2010). Opportunity in Early Education: Improving Teacher–Child Interactions and Child Outcomes. In A. J. Reynolds (Ed.), *Childhood programs and practices in the first decade of life. A human capital integration* (pp. 243–265). Cambridge: Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511762666.014>
- McFadden, G. T., Dufresne, A. & Kobasigawa, A. (1987). Young Children's Knowledge of Balance Scale Problems. *Journal of Genetic Psychology*, 148(1), 79–94.
- Meindertsma, H. B., van Dijk, M. W. G., Steenbeek, H. W. & van Geert, P. L. C. (2013). Assessment of Preschooler's Scientific Reasoning in Adult–Child Interactions: What Is the Optimal Context? *Research in Science Education*, 180(5), 21.  
<https://doi.org/10.1007/s11165-013-9380-z>
- Metz, K. (1993). Preschoolers' Developing Knowledge of the Pan Balance: From New Representation to Transformed Problem Solving. *Cognition and Instruction*, 11(1), 31–93. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci1101\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci1101_2)
- Möller, K. (2001). Konstruktivistische Sichtweisen für das Lernen in der Grundschule? In H. G. Roßbach, K. Nölle & K. Czerwenka (Hrsg.), *Forschungen zu Lehr- und Lernkonzepten für die Grundschule* (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 4, S. 16–31). Opladen: Leske + Budrich.
- Möller, K., Jonen, A., Hardy, I. & Stern, E. (2002). Die Förderung von naturwissenschaftlichem Verständnis bei Grundschulkindern durch Strukturierung der Ler-

- numgebung. In M. Prenzel & J. Doll (Hrsg.), *Bildungsqualität von Schule. Schuli-  
sche und außerschulische. Zeitschrift für Pädagogik - Beiheft. 45* [Themenheft]. Wein-  
heim: Beltz.
- Morek, M. & Heller, V. (2012). Bildungssprache – Kommunikative, epistemische, sozi-  
ale und interaktive Aspekte ihres Gebrauchs. *Zeitschrift für angewandte Linguistik*,  
57(1). <https://doi.org/10.1515/zfal-2012-0011>
- Murphy, M. L. (2010). *Lexical meaning* (Cambridge textbooks in linguistics). Cambridge:  
Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511780684>
- Murphy, N. & Messer, D. (2000). Differential Benefits from Scaffolding and Children  
Working Alone. *Educational Psychology*, 20(1), 17–31.  
<https://doi.org/10.1080/014434100110353>
- Naber, B. (2016). *Wissenselemente und Vorstellungen 6- bis 7-Jähriger erfassen und verän-  
dern. Studien zum naturwissenschaftlichen Thema einseitiger Hebel*. Dissertation. Westfä-  
lischen Wilhelms-Universität Münster, Münster.
- Newcomer, P. L. & Hammill, D. D. (1997). *TOLD-P:3. Test of Language Development* (3.  
Aufl.). Primary. Austin, Texas: Pro-Ed.
- Nienhaus, H. (2017). *Physik für das Lehramt. Band 1: Mechanik und Wärmelehre*. Berlin: De  
Gruyter.
- Normandeau, S., Larivée, S., Roulin, J. L. & Longeot, F. (1989). The balance-scale di-  
lemma: either the subject or the experimenter muddles through. *The Journal of Ge-  
netic Psychology*, 150(3), 237–250. <https://doi.org/10.1080/00221325.1989.9914594>
- 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>
- Novak, J. D. & Cañas, A. J. (2008). *The Theory Underlying Concept Maps and How to Con-  
struct and Use Them. Technical Report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008*, Florida  
Institute for Human and Machine Cognition. Zugriff am 30.03.2016. Verfügbar unter  
<https://www.uibk.ac.at/tuxtrans/docs/TheoryUnderlyingConceptMaps-1.pdf>
- Osburg, C. (2016). Sprache und Begriffsbildung. Wissenserwerb im Kontext kogniti-  
ver Strukturen. In J. Kilian, B. Brouër & D. Lüttenberg (Hrsg.), *Handbuch Sprache in  
der Bildung* (Handbücher Sprachwissen, Bd. 21, S. 319–345). Berlin, Boston: De Gruy-  
ter Mouton.
- Patterson, E. W. (2001). Structuring the composition process in scientific writing. *Inter-  
national Journal of Science Education*, 23(1), 1–16.  
<https://doi.org/10.1080/09500690117425>
- Pauen, S. & Kästner, R. (2018). Early Steps into Science and Literacy – EASI Science-L  
Teil 2. Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die Gestaltung von  
Forschungssituationen durch pädagogische Fachkräfte und auf die naturwissen-

- schaftlichen Fähigkeiten von Vorschulkindern. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Bd. 10, S. 194–251). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Pea, R. D. (2004). The Social and Technological Dimensions of Scaffolding and Related Theoretical Concepts for Learning, Education, and Human Activity. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3), 423–451.
- Peterson, S. M. & French, L. (2008). Supporting young children’s explanations through inquiry science in preschool. *Early Childhood Research Quarterly*, 23(3), 395–408. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2008.01.003>
- Philips, S. & Tolmie, A. (2007). Children’s performance on and understanding of the balance scale problem: the effects of parental support. *Infant and Child Development*, 16(1), 95–117. <https://doi.org/10.1002/icd.504>
- Pianta, R. C., La Paro, K. M. & Hamre, B. K. (2012). *Classroom assessment scoring system (CLASS). Manual* (8<sup>th</sup> ed.). pre-K. Maryland (Baltimore): Paul H. Brookes Publishing Co.
- Pine, K. J., Messer, D. J. & Godfrey, K. (1999). The teachability of children with naive theories: An exploration of the effects of two teaching methods. *British Journal of Educational Psychology*, 69(2), 201–211. <https://doi.org/10.1348/000709999157671>
- Quehl, T. & Trapp, U. (2013). *Sprachbildung im Sachunterricht der Grundschule. Mit dem Scaffolding-Konzept unterwegs zur Bildungssprache* (FörMig Material, Bd. 4). Münster: Waxmann.
- Rank, A., Hartinger, A., Wildemann, A. & Tietze, S. (2018). Bildungssprachliche Kompetenzen bei Vorschulkindern mit Deutsch als Erst- und Zweitsprache. *Zeitschrift für Grundschulforschung*, 11(1), 115–129. <https://doi.org/10.1007/s42278-018-0009-1>
- Rank, A., Wildemann, A., Hartinger, A. & Tietze, S. (2018). Early Steps into Science and Literacy – EASI Science-L Teil 1. Wirkungen sprachlicher Anregungsqualität in naturwissenschaftlichen Bildungsangeboten auf die sprachlichen Fähigkeiten von Vorschulkindern. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Bd. 10, S. 140–193). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Rasch, T. (2006). *Verstehen abstrakter Sachverhalte. Semantische Gestalten in der Konstruktion mentaler Modelle*. Zugl.: Koblenz, Landau (Pfalz), Univ., Diss., 2006. Berlin: wvb Wissenschaftlicher Verlag Berlin.
- Reber, K. & Schönauer-Schneider, W. (2011). *Bausteine sprachheilpädagogischen Unterrichts* (Praxis der Sprachtherapie und Sprachheilpädagogik, Bd. 2, 2. Aufl.). München: Reinhardt.

- Renkl, A. (1996). Träges Wissen: Wenn erlerntes nicht genutzt wird. *Psychologische Rundschau*, 47(2), 78–92.
- Rincke, K. & Leisen, J. (2015). Sprache im Physikunterricht. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (3. Aufl., S. 635–656). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Roelcke, T. (2017). Semiotisches Dreieck und semantische Relationen. In S. Staffeldt & J. Hagemann (Hrsg.), *Semantiktheorien. Lexikalische Analysen im Vergleich* (Stauffenburg Einführungen, Bd. 32, S. 25–49). Tübingen: Stauffenburg Verlag.
- Roeling, M. B. (2015). *Konzeptuelles Wissen und Konzeptentwicklung in Biologie. Eine Längsschnittstudie* (Biologie lernen und lehren, Bd. 11). Dissertation. Berlin: Logos Verlag.
- Röhner, C., Hövelbrinks, B. & Li, M. (2011). Fachsprachliche Elemente in naturwissenschaftlich-technischen Lernsituationen. In E. Apeltauer & M. Rost-Roth (Hrsg.), *Sprachförderung Deutsch als Zweitsprache. Von der Vor- in die Grundschule* (Forum Sprachlehrforschung, Bd. 11, S. 43–53). Tübingen: Stauffenburg.
- Röhner, C., König, K., Hövelbrinks, B. & Archie, C. (2015). Aufgaben kognitiv anregender Sprachbildung im Elementar- und Primarbereich: Empirische Erforschung pädagogisch- didaktischer Ansätze und Möglichkeiten der Professionalisierung. In K. Liebers, B. Landwehr, A. Marquardt & K. Schlotter (Hrsg.), *Lernprozessbegleitung und adaptives Lernen in der Grundschule* (S. 79–94). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Röhner, C., Li, M., Hopf, M. & Hövelbrinks, B. (2009). *Sprachförderung von Migrantenkindern im Kontext frühen naturwissenschaftlich-technischen Lernens. Abschlussbericht*. Wuppertal: Stifterverband/Cornelsen Stiftung Lehren und Lernen. Zugriff am 28.01.2015. Verfügbar unter [http://www.erziehungswissenschaft.uni-wuppertal.de/fileadmin/erziehungswissenschaft/fach\\_paedagogik-der-fruehen-kindheit/Abschlussbericht-Nawiprojekt.pdf](http://www.erziehungswissenschaft.uni-wuppertal.de/fileadmin/erziehungswissenschaft/fach_paedagogik-der-fruehen-kindheit/Abschlussbericht-Nawiprojekt.pdf)
- Röhner, C., Li, M. & Hövelbrinks, B. (2010). Fragestrategien im fachbezogenen Sprachförderunterricht. In K.-H. Arnold, K. Hauenschild, B. Schmidt & B. Ziegenmeyer (Hrsg.), *Zwischen Fachdidaktik und Stufendidaktik. Perspektiven für die Grundschulpädagogik ; [Jahrestagung 2009 der Kommission Grundschulforschung und Pädagogik der Primarstufe]* (Jahrbuch Grundschulforschung, Bd. 14, S. 89–92). Wiesbaden: VS Verl. für Sozialwiss. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-92475-5\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-531-92475-5_14)
- Römstedt, A. (Herbst 2015). *Persönliche Gespräche über die Ergebnisse der Studie*.
- Römstedt, A. (2016, August). *What are you going to play? / What did you play today? Early language learning by planning and reviewing*, Dublin, Irland.
- Römstedt, A. (2017, September). *Erzähl doch mal: Was möchtest du heute tun? – Was hast du heute alles getan? Alltagsintegrierte Sprachbildung unterstützt durch die Methode des Planen & Erinnerns*, Landau in der Pfalz.

- Roth, W. K. (1974). *Entwicklung des technischen Verständnisses. Studien zum technisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Ravensburg: Maier.
- Rous, M. (2016). *Fachsprache im Biologieunterricht* (Biologie lernen und lehren, Band 16). Dissertation.
- Rückl, S. (2019). Naturwissenschaft im Kindergarten. Ein Forschungsprojekt zur Evaluierung der Spürnasenecke. *Elementarpädagogische Forschungsbeiträge*, 1(1), 15–23. <https://doi.org/10.25364/18.1:2019.1.2>
- Saalbach, H. & Schalk, L. (2011). Fragen stellen hilft. Die Aktivierung von Vorwissen fördert die Nutzung kategorialer Beziehungen in Wortlernaufgaben bei Kindern im Vorschulalter. In F. Vogt, M. Leuchter, A. Tettenborn, U. Hottinger, M. Jäger & E. Wannack (Hrsg.), *Entwicklung und Lernen junger Kinder* (S. 53–65). Münster: Waxmann.
- Saçkes, M., Trundle, K. C. & Bell, R. L. (2013). Science Learning Experiences in Kindergarten and Children's Growth in Science Performance in Elementary Grades. *Education and Science*, 38(161), 114–127.
- Schleppegrell, M. J. (2001). Linguistic Features of the Language of Schooling. *Linguistics and Education*, 12(4), 431–459. [https://doi.org/10.1016/S0898-5898\(01\)00073-0](https://doi.org/10.1016/S0898-5898(01)00073-0)
- Schleppegrell, M. J. (2004). *The language of schooling. A functional linguistics perspective*. Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
- Schneider, M. & Hardy, I. (2013). Profiles of inconsistent knowledge in children's pathways of conceptual change. *Developmental Psychology*, 49(9), 1639–1649. <https://doi.org/10.1037/a0030976>
- Schrauf, C., Call, J. & Pauen, S. (2011). The Effect of Plausible Versus Implausible Balance Scale Feedback on the Expectancies of 3- to 4-Year-Old Children. *Journal of Cognition and Development*, 12(4), 518–536. <https://doi.org/10.1080/15248372.2011.571647>
- Schulz, P. (2007). Erstspracherwerb Deutsch: Sprachliche Fähigkeiten von Eins bis Zehn. In U. Graf & E. Moser Opitz (Hrsg.), *Diagnostik und Förderung im Elementarbereich und Grundschulunterricht. Lernprozesse wahrnehmen, deuten und begleiten* (Entwicklungslinien der Grundschulpädagogik, Bd. 4, S. 67–86). Baltmannsweiler: Schneider-Verl. Hohengehren.
- Schwelle, V. (2016). *Lernen mit (un-)ähnlichen Beispielen. Zur Bedeutung der Oberflächenstruktur von Beispielen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht* (Empirische Erziehungswissenschaft, Bd. 62). Münster: Waxmann Verlag.
- Schwelle, V., Hartinger, A., Lohrmann, K. & Groß Ophoff, J. (2013). „Ein Nussknacker ist aus Metall und deshalb stärker als die Hand.“. Präkonzepte von Drittklässlern zum Hebelgesetz. In H.-J. Fischer (Hrsg.), *Der Sachunterricht und seine Didaktik. Bestände prüfen und Perspektiven entwickeln* (Schriftenreihe der Gesellschaft für Didaktik

- des Sachunterrichts, Bd. 23, S. 129–136). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. Zugriff am 20.07.2016.
- Schwelle, V., Lohrmann, K. & Hartinger, A. (2012). Woran machen Kinder Gemeinsamkeiten zwischen Phänomenen fest? Prozedurales und konzeptuelles Wissen von Drittklässlern zu Hebeln. In H. Giest, E. Heran-Dörr & C. Archie (Hrsg.), *Lernen und Lehren im Sachunterricht. Zum Verhältnis von Konstruktion und Instruktion* (S. 119–126). Kempten: Klinkhardt. Zugriff am 20.07.2016. Verfügbar unter <https://content-select.com/media/download/51b9a5ee-3b5c-44b1-a8fa-3370bc5d09ee/72898?page=126>
- Selimi, N. (2018). *Bildungssprache Deutsch und ihre Didaktik. Eine kompakte Einführung in Theorie und Praxis* (2. Aufl.). Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren GmbH.
- Siegler, R. S. (1976). Three Aspects of Cognitive Development. *Cognitive Psychology*, 8, 481–520. Zugriff am 19.07.2016. Verfügbar unter [http://ac.els-cdn.com/0010028576900165/1-s2.0-0010028576900165-main.pdf?tid=88b12990-4d95-11e6-9ed9-00000aab0f6b&acdnat=1468921712\\_c4d50c99dd2d49f99736aa47ab17a5d8](http://ac.els-cdn.com/0010028576900165/1-s2.0-0010028576900165-main.pdf?tid=88b12990-4d95-11e6-9ed9-00000aab0f6b&acdnat=1468921712_c4d50c99dd2d49f99736aa47ab17a5d8)
- Siegler, R. S. (1978). The Origins of Scientific Reasoning. In R. S. Siegler (Hrsg.), *Children's thinking. What develops?* (S. 109–150). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Siegler, R. S. & Chen, Z. (1998). Developmental differences in rule learning: a microgenetic analysis. *Cognitive Psychology*, 36(3), 273–310. <https://doi.org/10.1006/cogp.1998.0686>
- Siegler, R. S. & Chen, Z. (2002). Development of rules and strategies. Balancing the old and the new. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81(4), 446–457. <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2666>
- Siegler, R. S., Strauss, S. & Levin, I. (1981). Developmental Sequences within and between Concepts. *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 46(2), 1–84. <https://doi.org/10.2307/1165995>
- Sigel, I. E. (2002). The Psychological Distancing Model: A Study of the Socialization of Cognition. *Culture & Psychology*, 8(2), 189–214. <https://doi.org/10.1177/1354067X02008002438>
- Silverman, R. (2007). A Comparison of Three Methods of Vocabulary Instruction during Read-Alouds in Kindergarten. *The Elementary School Journal*, 108(2), 97–113. <https://doi.org/10.1086/525549>
- Siraj-Blatchford, I., Sylva, K., Muttock, Stella, Gilden, Rose & Bell, D. (2002). *Researching Effective Pedagogy in the Early Years*, Institute of Education, University of London; Department of Educational Studies, University of Oxford. Research Report: 356. Accessed 20.08.2013. Retrieved from <http://dera.ioe.ac.uk/4650/1/RR356.pdf>

- Snow, C. E. & Uccelli, P. (2009). The Challenge of Academic Language. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The Cambridge Handbook of Literacy* (pp. 112–133). Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511609664.008>
- Sodian, B. & Mayer, D. (2013). Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens im Vor- und Grundschulalter. In M. Stamm & D. Edelmann (Hrsg.), *Handbuch Frühkindliche Bildungsforschung* (S. 617–631). Wiesbaden: Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-19066-2\\_43](https://doi.org/10.1007/978-3-531-19066-2_43)
- Steffensky, M., Anders, Y., Barenthien, J., Hardy, I., Leuchter, M., Oppermann, E. et al. (2018). Early Steps into Science – EASI Science. Wirkungen früher naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf die naturwissenschaftlichen Kompetenzen von Fachkräften und Kindern. In Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.), *Wirkungen naturwissenschaftlicher Bildungsangebote auf pädagogische Fachkräfte und Kinder* (Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“, Bd. 10, S. 51–136). Opladen: Verlag Barbara Budrich.
- Steffensky, M., Lankes, E.-M., Carstensen, C. H. & Nölke, C. (2012). Alltagssituationen und Experimente. Was sind geeignete naturwissenschaftliche Lerngelegenheiten für Kindergartenkinder? *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 15(1), 37–54. <https://doi.org/10.1007/s11618-012-0262-3>
- Sterner, F., Skolaude, D., Ruberg, T. & Rothweiler, M. (2014). *Versuch macht klug und gesprächig. Heft 1: Theoretische Grundlagen* (Elbkinder – Vereinigung Hamburger Kindertagesstätten gGmbH, Hrsg.). Hamburg. Zugriff am 08.03.2019. Verfügbar unter [https://www.elbkinder-kitas.de/files/versuch\\_macht\\_klug/vmkug\\_heft\\_01\\_web.pdf](https://www.elbkinder-kitas.de/files/versuch_macht_klug/vmkug_heft_01_web.pdf)
- Stiftung Haus der kleinen Forscher (Hrsg.). (2013). *Wissenschaftliche Untersuchungen zur Arbeit der Stiftung „Haus der kleinen Forscher“*. Band 5. Schaffhausen: SCHUBI Lernmedien.
- Stuck, A., Kammermeyer, G. & Roux, S. (2016). The reliability and structure of the Classroom Assessment Scoring System in German pre-schools. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(6), 873–894. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2016.1239324>
- Surber, C. F. & Gzesh, S. M. (1984). Reversible operations in the balance scale task. *Journal of experimental child psychology*, 38(2), 254–274. [https://doi.org/10.1016/0022-0965\(84\)90125-5](https://doi.org/10.1016/0022-0965(84)90125-5)
- Szagon, G. (2013). *Sprachentwicklung beim Kind. Ein Lehrbuch* (Vollst. überarb., 5., aktualisierte Aufl.). Weinheim: Beltz.
- Tietze, S., Rank, A. & Wildemann, A. (2016). *Erfassung bildungssprachlicher Kompetenzen von Kindern im Vorschulalter. Grundlagen und Entwicklung einer Ratingskala (RaBi)*. Zugriff am 24.05.2016. Verfügbar unter [http://www.pedocs.de/volltexte/2016/12076/pdf/Tietze\\_Rank\\_Wildemann\\_2016\\_Erfassung\\_bildungssprachlicher\\_Kompetenzen.pdf](http://www.pedocs.de/volltexte/2016/12076/pdf/Tietze_Rank_Wildemann_2016_Erfassung_bildungssprachlicher_Kompetenzen.pdf)

- Tomasello, M. (2014). Language Development. In U. Goswami (Ed.), *The Wiley-Blackwell handbook of childhood cognitive development* (Wiley Blackwell handbooks of developmental psychology, 2<sup>nd</sup> ed., pp. 239–257). Chichester: Wiley-Blackwell.
- Treagust, D. F. & Tsui, C.-Y. (2014). General Instructional Methods and Strategies. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of Research on Science Education. Volume II* (pp. 303–320). New York, NY: Routledge.
- Van der Maas, H. L. J. & Jansen, B. R. J. (2003). What response times tell of children's behavior on the balance scale task. *Journal of experimental child psychology*, 85(2), 141–177. [https://doi.org/10.1016/S0022-0965\(03\)00058-4](https://doi.org/10.1016/S0022-0965(03)00058-4)
- VERBI Software. (2013). MAXQDA. The Art of Data Analysis (Version 11) [Computer software]. Berlin: VERBI Software. Consult. Sozialforschung. GmbH.
- Vosniadou, S. (2013). Conceptual Change in Learning and Instruction. The Framework Theory Approach. In S. Vosniadou (Hrsg.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (Educational Psychology Handbook Series, 2. Aufl., S. 11–30). New York: Routledge.
- Vygotskij, L. S. (2002). *Denken und Sprechen. Psychologische Untersuchungen*. Weinheim: Beltz.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society. The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge: Harvard University Press.
- Webersik, J. (2015). *Gesprochene Schulsprache in der Primarstufe. Ein empirisches Verfahren zur Evaluation von Fördereffekten im Bereich Deutsch als Zweitsprache* (DAZ-Forschung, Bd. 9). Berlin: De Gruyter. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1515/9783110403015>
- Weinert, S. & Lockl, K. (2008). Sprachförderung. In F. Petermann (Hrsg.), *Angewandte Entwicklungspsychologie* (Enzyklopädie der Psychologie : Themenbereich C, Theorie und Forschung : Serie 5, Entwicklungspsychologie, Bd. 7, S. 91–134). Göttingen: Hogrefe, Verl. für Psychologie.
- Weiß, R. H. & Osterland, J. (2013). *CFT 1-R. Grundintelligenztest Skala 1 - Revision*. Göttingen: Hogrefe.
- Whitehurst, G. J., Arnold, D. S., Epstein, J. N., Angell, A. L., Smith, M. & Fischel, J. E. (1994). A Picture Book Reading Intervention in Day Care and Home for Children From Low-Income Families. *Developmental Psychology*, 30(5), 679–689.
- Wildemann, A., Rank, A., Hartinger, A. & Sutter, S. (2016). Bildungssprache im Kontext kindlicher Entwicklung. Eine Studie zur Erfassung früher bildungssprachlicher Fähigkeiten. In B. Koch-Priewe & M. Krüger-Potratz (Hrsg.), *Qualifizierung für sprachliche Bildung. Programme und Projekte zur Professionalisierung von Lehrkräften und pädagogischen Fachkräften*. *Die Deutsche Schule - Zeitschrift für Erziehungswissenschaft, Bildungspolitik und pädagogische Praxis*. 13, 65–81 [Themenheft]. Münster: Waxmann.

- Wilkening, F. (1988). A misrepresentation of knowledge representation. *Developmental Review*, 8(4), 361–367. [https://doi.org/10.1016/0273-2297\(88\)90014-7](https://doi.org/10.1016/0273-2297(88)90014-7)
- Wilkening, F. & Anderson, N. H. (1982). Comparison of two rule-assessment methodologies for studying cognitive development and knowledge structure. *Psychological Bulletin*, 92(1), 215–237. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.92.1.215>
- Wilkening, F. & Anderson, N. H. (1991). Representation and Diagnosis of Knowledge Structures in Developmental Psychology. In N. H. Anderson (Ed.), *Contributions to Information Integration Theory. Volume 3: Developmental* (pp. 45–80). Hoboken: Taylor and Francis.
- Windt, A. (2011). *Naturwissenschaftliches Experimentieren im Elementarbereich. Evaluation verschiedener Lernsituationen* (Studien zum Physik- und Chemielernen, Bd. 122). Berlin: Logos Verlag.
- Windt, A. (2017). Lernunterstützung im Elementarbereich durch Scaffolding-Strategien. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (Tagungsband, Bd. 37, S. 804–807). Universität Regensburg.
- Windt, A. (2018). *Unterstützung des naturwissenschaftlichen Lernens im Elementarbereich durch scaffolding-Strategie - Eine Reanalyse von Videodaten. Zusammenfassung der Projektergebnisse*. Zugriff am 24.05.2019. Verfügbar unter <https://gepris.dfg.de/gepris/projekt/269043843/ergebnisse>
- Wodzinski, R. (2015). Physikalische Fachkonzepte anbahnen – Anschlussfähigkeit verbessern. In E. Kircher, R. Girwidz & P. Häußler (Hrsg.), *Physikdidaktik* (3. Aufl., S. 429–450). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Wood, D., Bruner, J. S. & Ross, G. (1976). The Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x/epdf>
- Woolfolk, A. E. (2011). *Pädagogische Psychologie* (Pearson Studium Psychologie, 10. Aufl., [Nachdr.], [1., dt. Ausg.]. München: Pearson Studium.
- Zelazo, P. D. & Müller, U. (2002). The balance beam in the balance: reflections on rules, relational complexity, and developmental processes. *Journal of Experimental Child Psychology*, 81(4), 458–465. <https://doi.org/10.1006/jecp.2002.2667>

# Abbildungen

<i>Abbildung 1.</i> Verortung der Fachbegriffe am Beispiel Balkenwaage.....	4
<i>Abbildung 2.</i> Balkenwaage mit ungleichen Drehmomenten.....	5
<i>Abbildung 3.</i> Balkenwaage mit Gewichten, die an mehreren Stellen angebracht wurden.....	5
<i>Abbildung 4.</i> Die Schere, ein doppelter zweiseitiger Hebel (in Anlehnung an Nienhaus, 2017, S. 99) .....	6
<i>Abbildung 5.</i> Der Nussknacker, ein doppelter einseitiger Hebel (in Anlehnung an Barmeier et al., 2010).....	6
<i>Abbildung 6.</i> Semiotisches Dreieck (in Anlehnung an Roelcke 2017).....	12
<i>Abbildung 7.</i> Entscheidungsbaum zu Regel 1 .....	22
<i>Abbildung 8.</i> Entscheidungsbaum zu Regel 2 .....	22
<i>Abbildung 9.</i> Entscheidungsbaum zu Regel 3 .....	23
<i>Abbildung 10.</i> Entscheidungsbaum zu Regel 4 .....	24
<i>Abbildung 11.</i> Schematische Darstellung der von Andrews et al. (2009) verwendeten einarmigen Balkenwaage .....	33
<i>Abbildung 12.</i> Nähe-Distanz-Modell nach Koch & Oesterreicher, 1985, S. 23.....	42
<i>Abbildung 13.</i> Entwicklungszonen in Anlehnung an Vygotsky (1978).....	73
<i>Abbildung 14.</i> Forschungskreis in Anlehnung an Stiftung Haus der kleinen Forscher (2013, S. 177).....	93
<i>Abbildung 15.</i> Design der Vorstudie.....	114
<i>Abbildung 16.</i> Bügel für Mobile (Vorstudie).....	118
<i>Abbildung 17.</i> Balkenwaagen in der Intervention der Vorstudie .....	119
<i>Abbildung 18.</i> Gewichte zu den Balkenwaagen in der Intervention der Vorstudie .....	119
<i>Abbildung 19.</i> Scheren und Kartons in der Intervention der Vorstudie.....	119
<i>Abbildung 20.</i> Kneifzangen, Drähte und Mandeln in der Intervention der Vorstudie .	120
<i>Abbildung 21.</i> Nageleisen der Intervention der Vorstudie mit Schrauben und Schraubenzieher .....	120
<i>Abbildung 22.</i> Materialkisten der Intervention der Vorstudie.....	121
<i>Abbildung 23.</i> In den Tests zum Thema Hebel verwendete Maulwurfhandpuppe .....	124
<i>Abbildung 24.</i> Beispielitem "Kneifzange Last" des Werkzeugtests - Angriffspunkt am Ende des Kraftarms mit Maulwurfpfoten dargestellt .....	124

<i>Abbildung 25.</i> Beispielitems zu den Teilkonzepten der Gleichgewichtsfunktion an der Blakenwaage .....	125
<i>Abbildung 26.</i> Beispielitems zu den Teilkonzepten der Kraftverstärkungsfunktion.....	126
<i>Abbildung 27.</i> Im Interview eingesetzte Scheren .....	131
<i>Abbildung 28.</i> Im Interview eingesetzte Zangen.....	131
<i>Abbildung 29.</i> Im Interview eingesetzte Nageleisen .....	131
<i>Abbildung 30.</i> Im Interview eingesetzte Hebel mit Gleichgewichtsfunktion .....	131
<i>Abbildung 31.</i> Boxplot für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie) .....	142
<i>Abbildung 32.</i> Boxplot für den Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie).....	142
<i>Abbildung 33.</i> Boxplot für die kognitive Kapazität (Vorstudie) .....	143
<i>Abbildung 34.</i> Boxplot für die Anzahl verschiedener Zielworte im Interview (Vorstudie) .....	143
<i>Abbildung 35.</i> Boxplot für den Zuwachs in der Anzahl verschiedener Zielworte im Interview (Vorstudie) .....	144
<i>Abbildung 36.</i> Boxplot für Gesamtwert der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala (Vorstudie).....	145
<i>Abbildung 37.</i> Boxplot für den Zuwachs im Gesamtwert der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala (Vorstudie) .....	145
<i>Abbildung 38.</i> Boxplot für die Bilderzählung (Vorstudie).....	146
<i>Abbildung 39.</i> Boxplot für den Zuwachs in der Bilderzählung (Vorstudie).....	146
<i>Abbildung 40.</i> Boxplot für das kontext-reduzierte Beschreiben (Vorstudie) .....	147
<i>Abbildung 41.</i> Boxplot für den Zuwachs im kontext-reduzierten Beschreiben (Vorstudie) .....	147
<i>Abbildung 42.</i> Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie) .....	153
<i>Abbildung 43.</i> Zuwachs in der Anzahl unterschiedlicher relevanter Worte im Interview (Vorstudie) .....	155
<i>Abbildung 44.</i> Zuwachs im Morphosyntax-Niveau (Vorstudie) .....	157
<i>Abbildung 45.</i> Zuwachs im kontext-reduzierten Beschreiben (Vorstudie) .....	159
<i>Abbildung 46.</i> Design der Hauptstudie .....	164
<i>Abbildung 47.</i> Fotos der Stationen der Hauptstudie für die Planungs- und Reflexionsgespräche .....	165

<i>Abbildung 48.</i> Beispielitems Wortschatztest.....	171
<i>Abbildung 49.</i> Boxplot für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie).....	182
<i>Abbildung 50.</i> Boxplot für den Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie).....	182
<i>Abbildung 51.</i> Boxplot für die kognitive Kapazität (Hauptstudie) .....	183
<i>Abbildung 52.</i> Boxplot für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie).....	183
<i>Abbildung 53.</i> Boxplot für den Zuwachs im Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie).....	184
<i>Abbildung 54.</i> Boxplot für das bildungssprachliche Grammatikverständnis (Hauptstudie).....	184
<i>Abbildung 55.</i> Boxplot für den Zuwachs im bildungssprachlichen Grammatikverständnis (Hauptstudie).....	185
<i>Abbildung 56.</i> Zuwachs im konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie) .....	188
<i>Abbildung 57.</i> Zuwachs im Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Hauptstudie) .....	192
<i>Abbildung 58.</i> Zuwachs im bildungssprachlichen Grammatikverständnis (Hauptstudie) ..... .....	194

## Tabellen

Tabelle 1:	<i>Aufgabentypen nach Siegler (1976)</i> .....	20
Tabelle 2:	<i>Lexikalische bildungssprachliche Merkmale und deren Funktion</i> .....	45
Tabelle 3:	<i>Grammatikalische bildungssprachliche Merkmale und deren Funktion</i> .....	46
Tabelle 4:	<i>Lexikalische und grammatikalische Merkmale von Fachsprache im Fach Physik</i> .....	48
Tabelle 5:	<i>Lexikalische Merkmale von Bildungssprache und deren Funktion am Beispiel Hebelwirkung</i> .....	53
Tabelle 6:	<i>Grammatikalische Merkmale von Bildungssprache und deren Funktion am Beispiel Hebelwirkung</i> .....	55
Tabelle 7:	<i>Merkmale distanzsprachlicher Kommunikationssituationen im Alltag von Vorschulkindern</i> .....	60
Tabelle 8:	<i>Übersicht über bildungssprachliche Lexik von Vorschulkindern beim naturwissenschaftlichen Experimentieren nach der RaBi-Skala (Tietze et al. 2016)</i> .....	68
Tabelle 9:	<i>Übersicht über bildungssprachliche Morphosyntax von Vorschulkindern beim naturwissenschaftlichen Experimentieren nach der RaBi-Skala (Tietze et al. 2016)</i> .....	69
Tabelle 10:	<i>Verbale Unterstützungsmaßnahmen zur Förderung von (Bildungs-)Sprache und naturwissenschaftlichen Konzepten basierend auf Röhner et al. (2015, S. 81)</i> .....	88
Tabelle 11:	<i>erfolgversprechende Merkmale der Lernumgebung</i> .....	107
Tabelle 12:	<i>Sequenzierung zur Förderung von Teilkonzepten zweiseitiger Hebel bei Vorschulkindern</i> .....	110
Tabelle 13:	<i>Dropout der Vorstudie</i> .....	115
Tabelle 14:	<i>bereinigte Stichprobe der Vorstudie</i> .....	116
Tabelle 15:	<i>zweiseitige Hebel in der Vorstudie</i> .....	117
Tabelle 16:	<i>Reihenfolge der Sequenzen in der Vorstudie</i> .....	122
Tabelle 17:	<i>Übersicht über Itemtypen zur Kraftverstärkung in der Vorstudie</i> .....	126
Tabelle 18:	<i>Reliabilität der einzelnen Itemtypen des Tests zum konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung</i> .....	128
Tabelle 19:	<i>Reliabilität des Tests zum konzeptuellen Verständnis von Hebelwirkung bzgl. Teilkonzepten und Gesamtkonzept</i> .....	129
Tabelle 20:	<i>Ablauf des Interviews</i> .....	132

Tabelle 21: <i>Schwellenwerte der Dimension Morphosyntax der RaBi-Skala (Tietze et al., 2016)</i> .....	134
Tabelle 22: <i>Überblick über die Items der Bilderzählung und die Itemauswahl für kontext-reduziertes Beschreiben von Ereignissen</i> .....	137
Tabelle 23: <i>Prüfung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test (Vorstudie)</i> .....	140
Tabelle 24: <i>Prüfung der Varianzhomogenität mittels Levene-Test (Vorstudie)</i> .....	141
Tabelle 25: <i>Deskriptive Statistik für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Vorstudie)</i> .....	151
Tabelle 26: <i>Deskriptive Statistik für die kognitive Kapazität (Vorstudie)</i> .....	152
Tabelle 27: <i>Ergebnisse der mixed ANCOVA für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung mit kognitiver Kapazität als Kovariate (Vorstudie)</i> .....	152
Tabelle 28: <i>Anteil der "Köner" pro Teilkonzept (Vorstudie)</i> .....	154
Tabelle 29: <i>Deskriptive Statistik für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Vorstudie)</i> ....	154
Tabelle 30: <i>Ergebnisse der mixed ANOVA für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln (Vorstudie)</i> .....	155
Tabelle 31: <i>Zielworte pro Wortart (Vorstudie)</i> .....	156
Tabelle 32: <i>Deskriptive Statistik für die Morphosyntax zu zweiseitigen Hebeln (Vorstudie)</i> .....	157
Tabelle 33: <i>Deskriptive Statistik für die Erzählfähigkeit (Vorstudie)</i> .....	158
Tabelle 34: <i>Ergebnisse der mixed ANOVA für die Erzählfähigkeit (Vorstudie)</i> .....	158
Tabelle 35: <i>Deskriptive Statistik für die kontext-reduziertes Beschreiben (Vorstudie)</i> .....	158
Tabelle 36: <i>Anzahl der Kinder mit Einverständnis pro Kita und Treatment (Hauptstudie)</i> . 167	
Tabelle 37: <i>Dropout der Hauptstudie</i> .....	167
Tabelle 38: <i>bereinigte Stichprobe der Hauptstudie</i> .....	168
Tabelle 39: <i>Itemstatistiken des Wortschatztests</i> .....	174
Tabelle 40: <i>Bildungssprachliche Grammatik im TROG-D (Fox, 2013)</i> .....	176
Tabelle 41: <i>Prüfung auf Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Test (Hauptstudie)</i> .....	180
Tabelle 42: <i>Prüfung der Varianzhomogenität mittels Levene-Test (Hauptstudie)</i> .....	181
Tabelle 43: <i>Deskriptive Statistik für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung (Hauptstudie)</i> .....	187
Tabelle 44: <i>Deskriptive Statistik für die kognitive Kapazität (Hauptstudie)</i> .....	187
Tabelle 45: <i>Ergebnisse der mixed ANCOVA für das konzeptuelle Verständnis von Hebelwirkung mit kognitiver Kapazität als Kovariate (Hauptstudie)</i> .....	188
Tabelle 46: <i>Anteil der "Köner" pro Teilkonzept (Hauptstudie)</i> .....	189

Tabelle 47: <i>Deskriptive Statistik für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln</i> (Hauptstudie) .....	191
Tabelle 48: <i>Ergebnisse der mixed ANOVA für den Wortschatz zu zweiseitigen Hebeln</i> (Hauptstudie) .....	192
Tabelle 49: <i>Zielworte pro Wortart (Hauptstudie)</i> .....	193
Tabelle 50: <i>Deskriptive Statistik für das bildungssprachliche Grammatikverständnis</i> (Hauptstudie) .....	194
Tabelle 51: <i>Ergebnisse der mixed ANOVA für das passive Grammatikverständnis</i> (Hauptstudie) .....	195

# Lebenslauf

## Persönliche Daten

Name Maren Ebel

Kontakt maren\_ebel@gmx.de

## Berufstätigkeit

Seit Okt. 2018 Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Bildung im Kindes- und Jugendalter, Arbeitsbereich Grundschulpädagogik, Universität Koblenz-Landau

Aug. 2015 – Juli 2018 Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Graduiertenkolleg Unterrichtsprozesse (UpGrade), Universität Koblenz-Landau

März 2015 – Juli 2015 Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Bildung im Kindes- und Jugendalter, Arbeitsbereich Pädagogik der frühen Kindheit, Universität Koblenz-Landau

## Hochschulausbildung

April 2016 – Febr. 2020 Promotionsstudium Erziehungswissenschaft an der Universität Koblenz-Landau

Okt. 2007 – Okt. 2013 Studium Erziehungswissenschaft, Schwerpunkte Pädagogik der frühen Kindheit und Erwachsenenbildung an der Universität Koblenz-Landau, Campus Landau

## Schulbildung

Sept. 1997 – März 2006 Gymnasium im Paul-von-Denis-Schulzentrum, Schifferstadt (Abitur)

## Zusatzqualifikationen

April 2016  
seitdem jährlich Trainingskurs zur Anwendung des Classroom Assessment Scoring System (CLASS) Pre-K, Abschluss: Certified Pre-K CLASS™ Observer (jährliche Reliabilitätsprüfung bestanden und aktuell gültig bis April 2020)

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

## Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig angefertigt habe. Nur die in der Arbeit ausdrücklich benannten Quellen und Hilfsmittel wurden benutzt. Wörtlich oder sinngemäß übernommenes Gedankengut habe ich als solches kenntlich gemacht. Die als Dissertation vorgelegte Abhandlung habe ich in keinem anderen Verfahren zur Erlangung des Doktorgrades oder als Prüfungsarbeit für eine akademische oder staatliche Prüfung eingereicht.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift

# Anhang

Der Anhang umfasst die vollständigen Testinstrumente und Förderskripts und ist folgendermaßen gegliedert:

## **A. Bildbasierter Test zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von zweiseitigen Hebeln**

- A.1 Untertest Balkenwaage (Gleichgewichtsfunktion)
- A.2 Untertest Werkzeuge (Kraftverstärkungsfunktion)
- A.3 Protokollbogen Konzepttest
- A.4 Fotos von den Modellen, die zur Erklärung der Abbildungen genutzt wurden
  - A.4.1 Balkenwaage
  - A.4.2 Scheren
  - A.4.3 Kneifzangen
  - A.4.4 Nageleisen

## **B. Wortschatztest zu zweiseitigen Hebeln**

- B.1 Wortschatztest zweiseitige Hebel (Testheft)
- B.2 Protokollbogen Wortschatztest

## **C. Förderskript**

- C.1 Einführungsgeschichte für alle Gruppen
- C.2 Skript „kontext-reduziert“
- C.3 Skript „kontextualisiert“
- C.4 Skript „ohne Gespräche“
- C.5 5 zusätzliche Hinweise, auf die dem Skript verwiesen wird

## **D. Implementationskontrolle**

- D.1 Protokoll zur Förderung im Projekt
- D.2 Beobachtersversion des Protokolls

## A. Bildbasierter Test zur Erfassung des konzeptuellen Verständnisses von zweiseitigen Hebeln

### A.1 Untertest Balkenwaage (Gleichgewichtsfunktion)

# Balkenwaage

Erklärung zum Modell:

„Das ist eine Waage. Sie kann so gerade stehen oder auf dieser Seite nach unten gehen (nach links kippen) oder auf dieser Seite (nach rechts kippen).

Ich stelle jetzt Klötze darunter, damit sie nicht mehr kippt (Waage feststellen).

Die Waage hat auf jeder Seite vier Stäbe (auf jeder Seite von der Mitte nach außen zählen).

Die Stäbe sind auf jeder Seite gleich weit auseinander (auf die Lücken zeigen).

Die Lücke zwischen diesem Stab (auf den linken inneren Stab zeigen) und der Mitte (mit dem Finger markieren) ist genauso groß wie die Lücken zwischen den anderen Stäben (auf eine andere Lücke zeigen). Auf dieser Seite ist die Lücke auch genauso groß (Abstand von der Mitte zum ersten rechten Stab zeigen).

Auf die Stäbe kann man Gewichte stecken. Das (zeigen) ist ein Gewicht.

Ich will von dir wissen, was mit der Waage passiert, wenn Gewichte darauf liegen.

Dazu zeige ich dir jetzt Bilder von der Waage.“

„Hier ist ein Bild von der leeren Waage. Sie hat hier auch vier Stäbe auf jeder Seite (jeweils draufzeigen und zählen), wie die echte Waage (aufs Modell zeigen).

Die Stäbe sind auch auf jeder Seite gleich weit auseinander (auf die Lücken zeigen), wie bei der echten Waage.

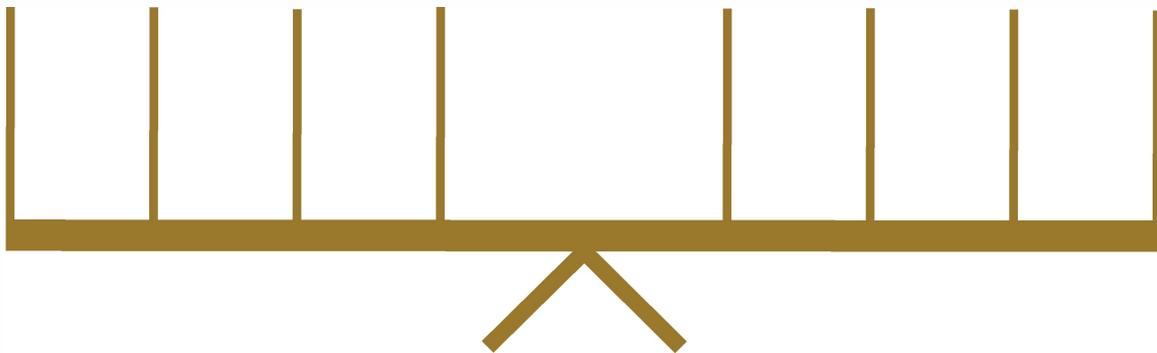
Der Abstand vom ersten Stab zur Mitte ist auch genauso groß (zeigen), wie die anderen Lücken (zeigen).

Genau wie bei der echten Waage.

Du siehst gleich noch mehr Bilder von der Waage. Bei diesen Bildern liegen Gewichte auf der Waage.

Die Waage sieht auf allen Bildern gerade aus. Aber in echt kann sie ja kippen (an der echten Waage zeigen).

Ich will von dir wissen, was mit einer echten Waage passiert, wenn die Gewichte so draufliegen wie auf dem Bild (umblättern zum ersten Beispielitem).



Hier liegt ein Gewicht ganz außen auf der Waage (draufzeigen).

Bleibt eine echte Waage dann gerade stehen, oder geht sie hier nach unten (auf linke Seite zeigen) oder hier (auf rechte Seite zeigen)?“ [Kind antworten lassen, Antwort notieren]

Wenn das Kind falsch antwortet, legen Sie das Gewicht entsprechend auf das Modell und fragen:

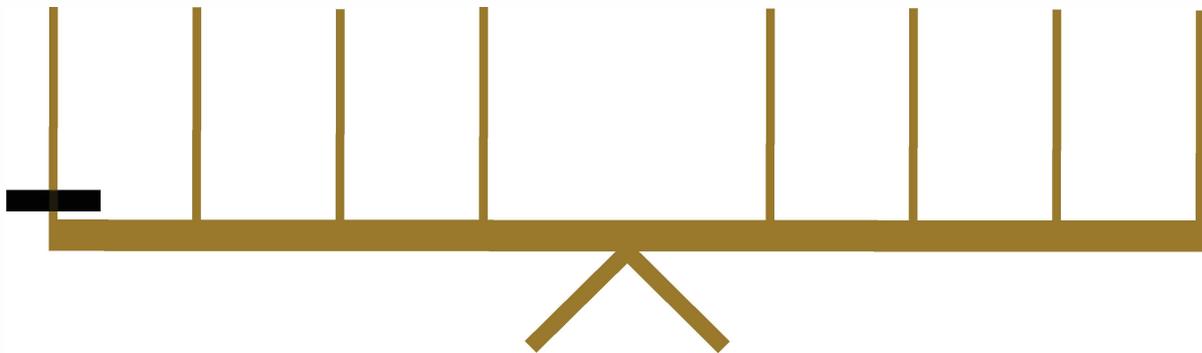
„Wenn ich die Klötze jetzt wegnehmen würde, bleibt die Waage dann so stehen, oder geht sie hier nach unten oder hier?“ [Kind antworten lassen, Antwort notieren. Die Klötze bleiben an der Waage!!]

Wenn das Kind nun immer noch falsch antwortet, sagen Sie: „Ok, dann schauen wir mal das nächste Bild an.“

Wenn das Kind am Modell die korrekte Vorhersage trifft, erklären Sie: „Genau, die Waage geht dann hier nach unten (auf linke Seite zeigen). Jetzt üben wir nochmal am Bild:

Hier liegt das Gewicht auch ganz außen (draufzeigen), genau wie hier (aufs Modell zeigen). Bleibt eine echte Waage dann gerade stehen, oder geht sie hier nach unten (auf linke Seite zeigen) oder hier (auf rechte Seite zeigen).“ [Kind antworten lassen, Antwort notieren. Die Klötze bleiben an der Waage!!]

Wenn das Kind nun am Bild wieder falsch antwortet, sagen Sie: beim Bild ist es genauso wie bei dieser Waage (aufs Modell zeigen). Du hast gesagt, diese Waage geht hier (auf die linke Seite zeigen) nach unten. Deswegen sagst du beim Bild auch: ‚Die Waage geht auf dieser Seite (auf die linke Seite zeigen) nach unten.‘ Wir probieren mal das nächste Bild.“



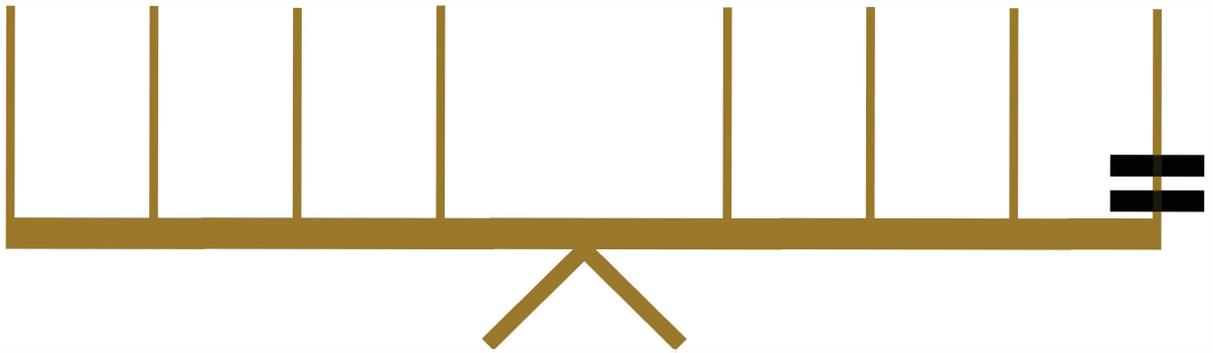
Umblättern und sagen: „Hier liegen jetzt zwei Gewichte auf dieser Seite ganz außen (draufzeigen). Wenn man das bei einer echten Waage genauso drauflegt, bleibt sie dann gerade stehen, oder geht sie auf dieser Seite nach unten (auf linke Seite zeigen) oder auf dieser Seite (auf rechte Seite zeigen)?“

Wenn das Kind richtig antwortet, zum nächsten Item übergehen.

Wenn das Kind falsch antwortet, wieder das Modell entsprechend „beladen“ und die Aufgabe am Modell wiederholen.

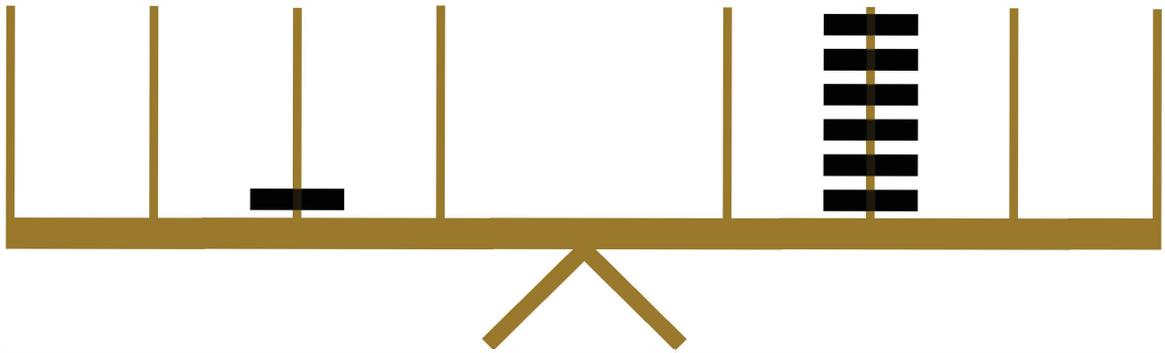
Wenn das Kind nun richtig antwortet, noch einmal am Bild üben: „Genau, die Waage geht dann hier nach unten (auf rechte Seite zeigen). Jetzt üben wir nochmal am Bild: Hier liegt das Gewicht auch ganz außen (draufzeigen), genau wie hier (aufs Modell zeigen). Bleibt eine echte Waage dann gerade stehen, oder geht sie hier nach unten (auf linke Seite zeigen) oder hier (auf rechte Seite zeigen).“ [Kind antworten lassen, Antwort notieren]

Wenn das Kind nun am Bild wieder falsch antwortet, sagen Sie: beim Bild ist es genauso wie bei dieser Waage (aufs Modell zeigen). Du hast gesagt, diese Waage geht hier (auf die rechte Seite zeigen) nach unten. Deswegen sagst du beim Bild auch: ‚Die Waage geht auf dieser Seite (auf die rechte Seite zeigen) nach unten.‘ Wir probieren mal das nächste Bild.“

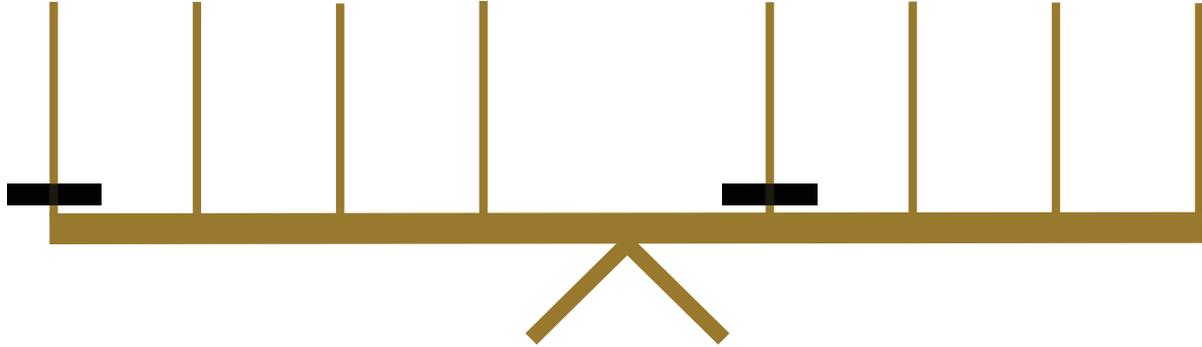


Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?

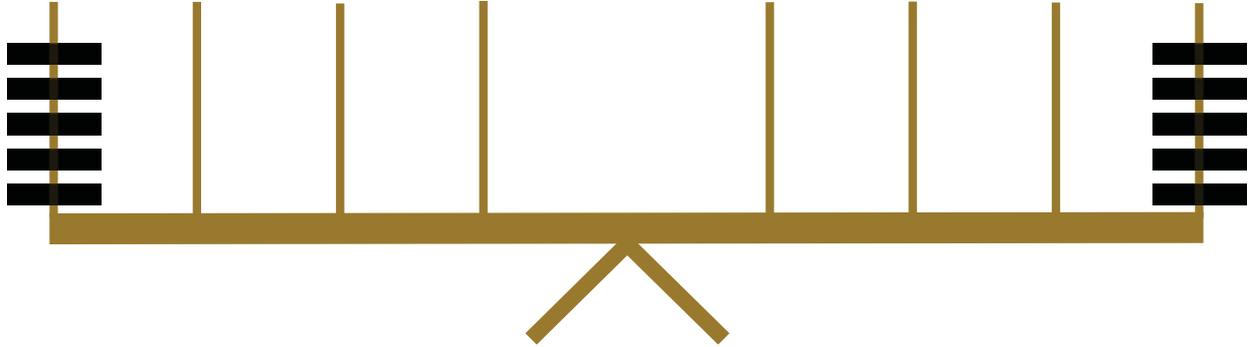
Falls ein Kind die beiden Beispielitems an der Modell-Waage lösen kann, aber sowohl bei den Beispielitems als auch bei diesem Item sagt, dass die Waage gerade stehen bleibt, notieren Sie für dieses Item die Antwort des Kindes und betonen Sie noch einmal:  
„Die Waage sieht auf den Bildern immer gerade aus. Das ist wie mit den Klötzen am Modell (draufzeigen). Ich will wissen, was passiert, wenn das auf dem Bild eine echte Waage ohne Klötze wäre.“  
Gehen Sie nun zum nächsten Item!



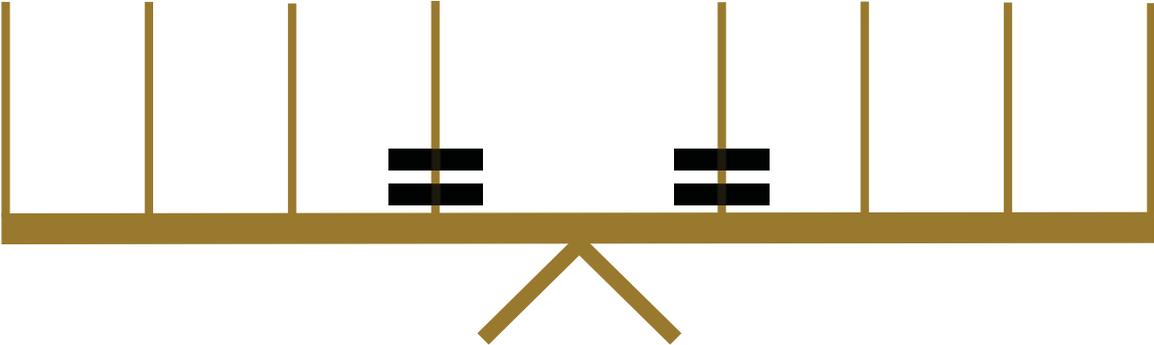
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



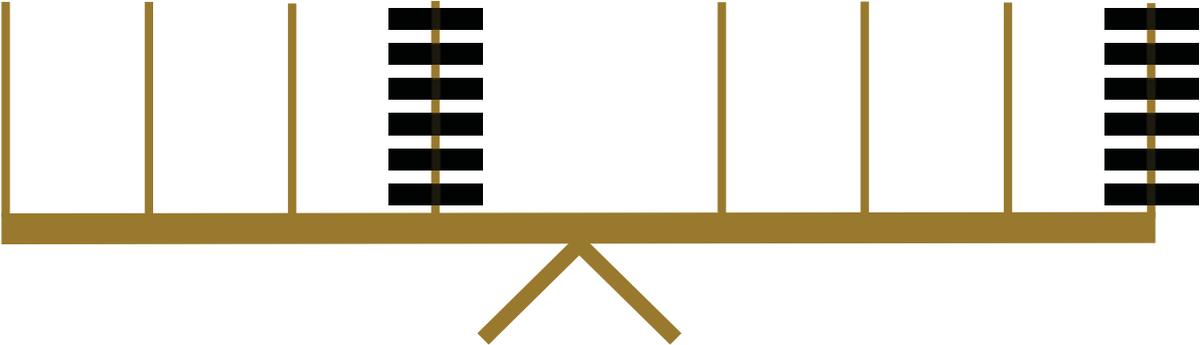
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



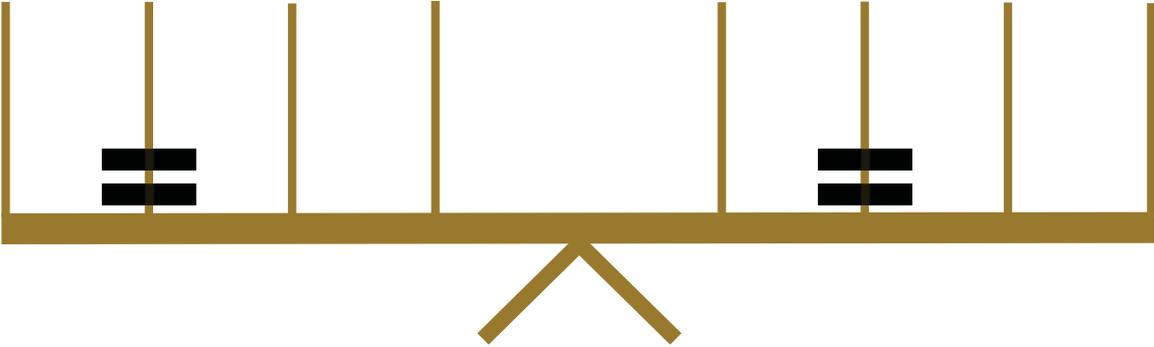
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



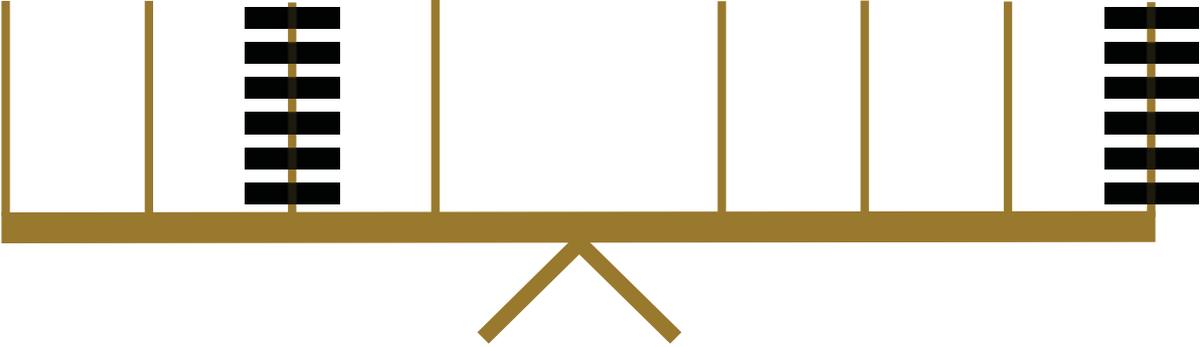
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



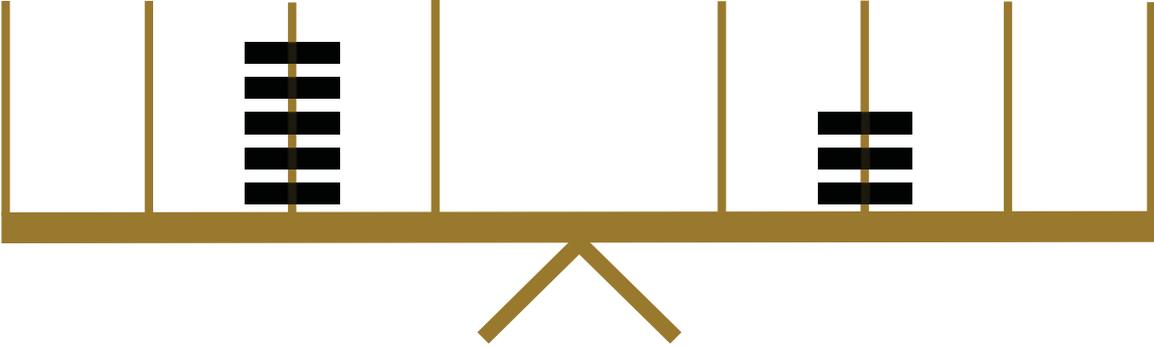
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



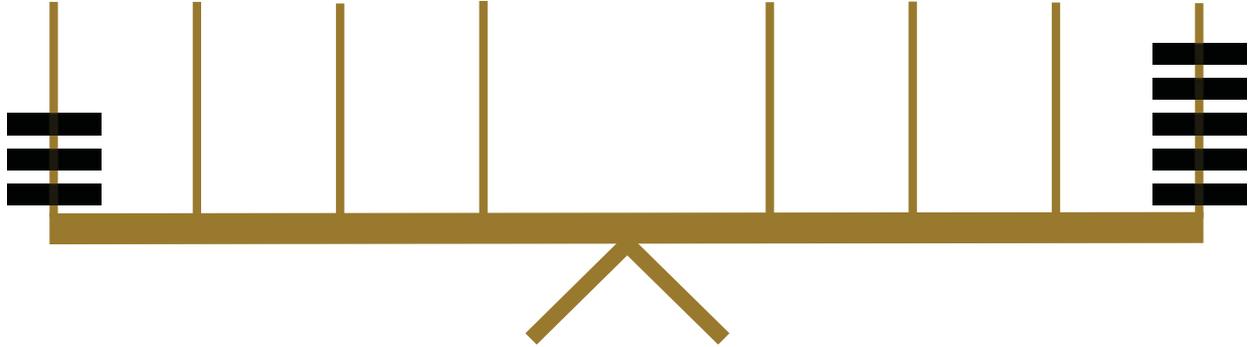
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



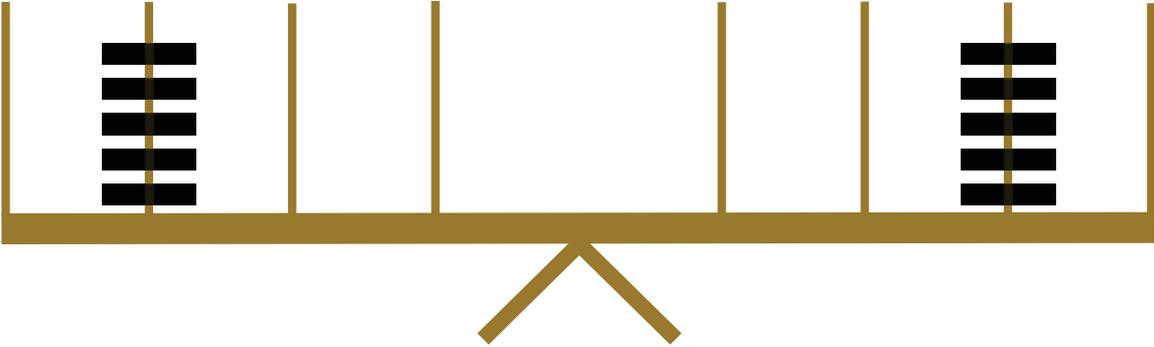
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



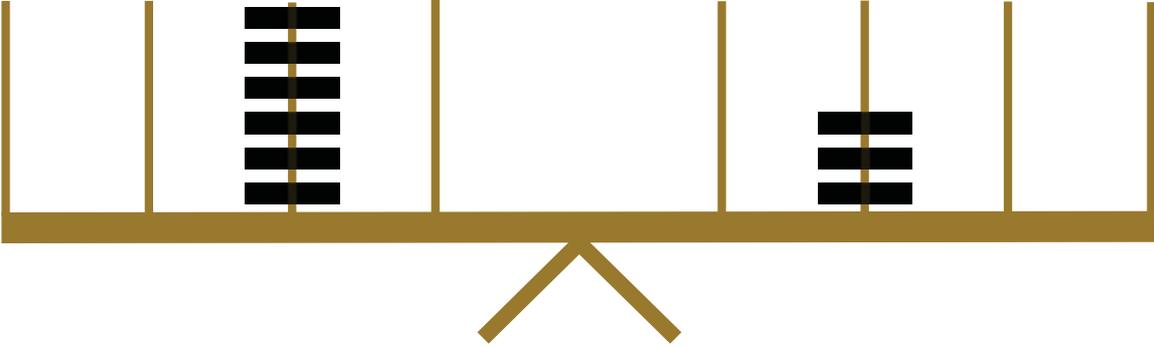
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



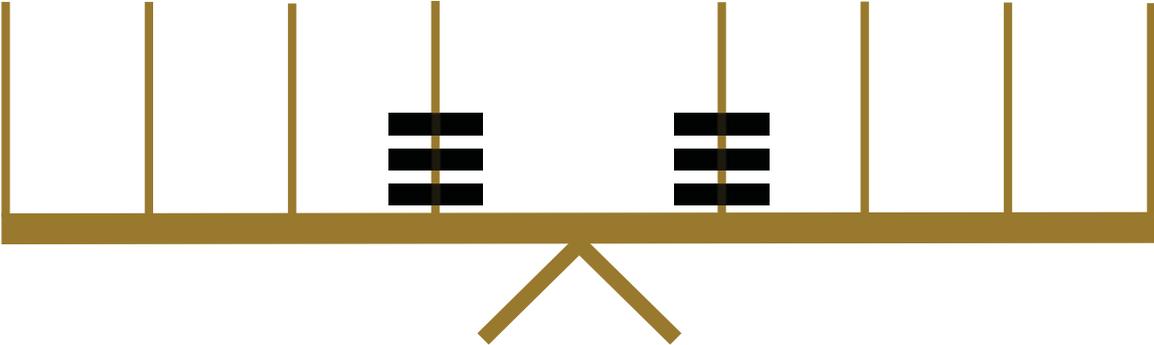
Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



Geht die Waage auf dieser Seite (links) nach unten  
oder auf dieser Seite (rechts) oder bleibt sie gerade stehen?



„Vielen Dank, dass du mir so viel an der Waage gezeigt hast.“

## A.2 Untertest Werkzeuge (Kraftverstärkungsfunktion)

# Werkzeuge

Jetzt habe ich noch ein paar Werkzeuge und auch Bilder davon. Ich zeige dir mal, was für Werkzeuge ich habe und wie sie auf den Bildern aussehen.

Hier habe ich Scheren (die drei Modelle auf den Tisch legen).

Es gibt Scheren mit einem langen Griff (Modell zeigen),

einem kurzen Griff (Modell zeigen)

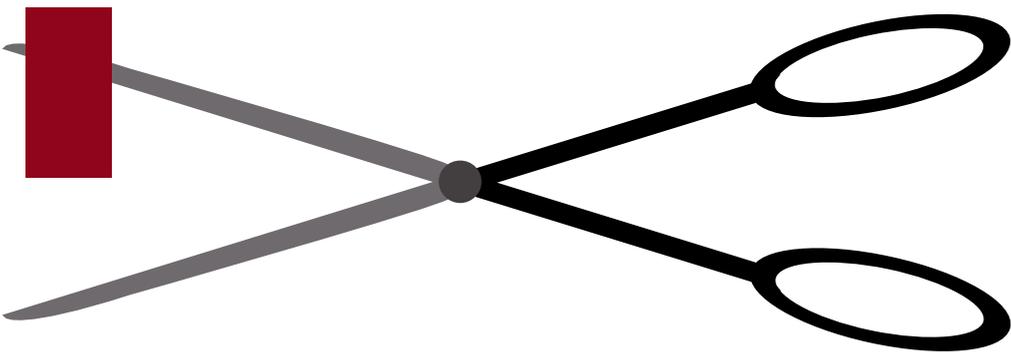
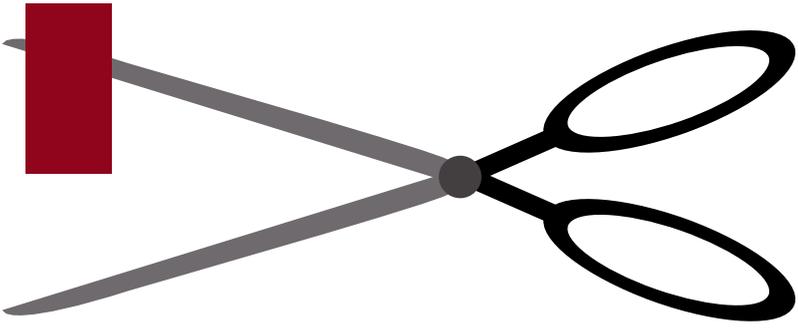
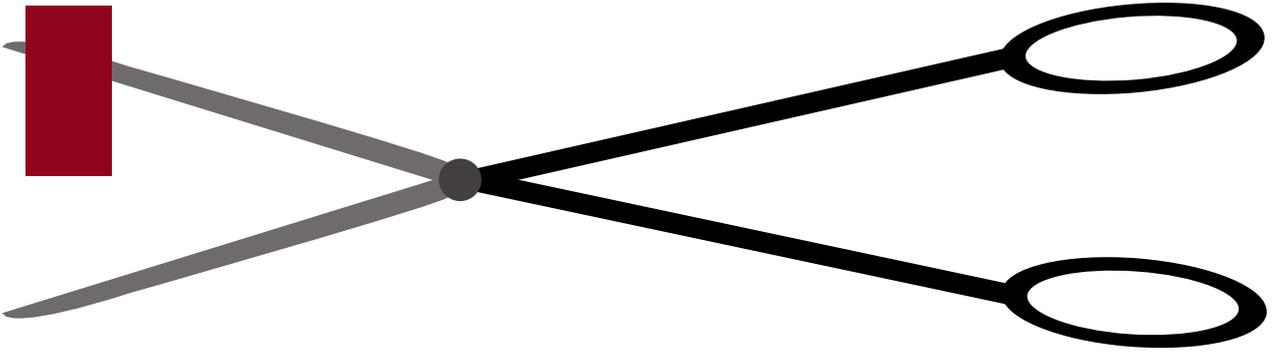
und einem mittellangen Griff (Modell zeigen).

Vorne sind die Scheren alle gleich (die Modelle mit der Spitze auf gleiche Höhe legen und auf Schneiden zeigen).

Mit den Scheren möchte ich einen dicken Karton schneiden. (Modell zeigen)

Hier siehst du von jeder Schere ein Bild (zu jedem Bild das Modell legen).

Da ist der Rote Karton (auf dem Bild zeigen).



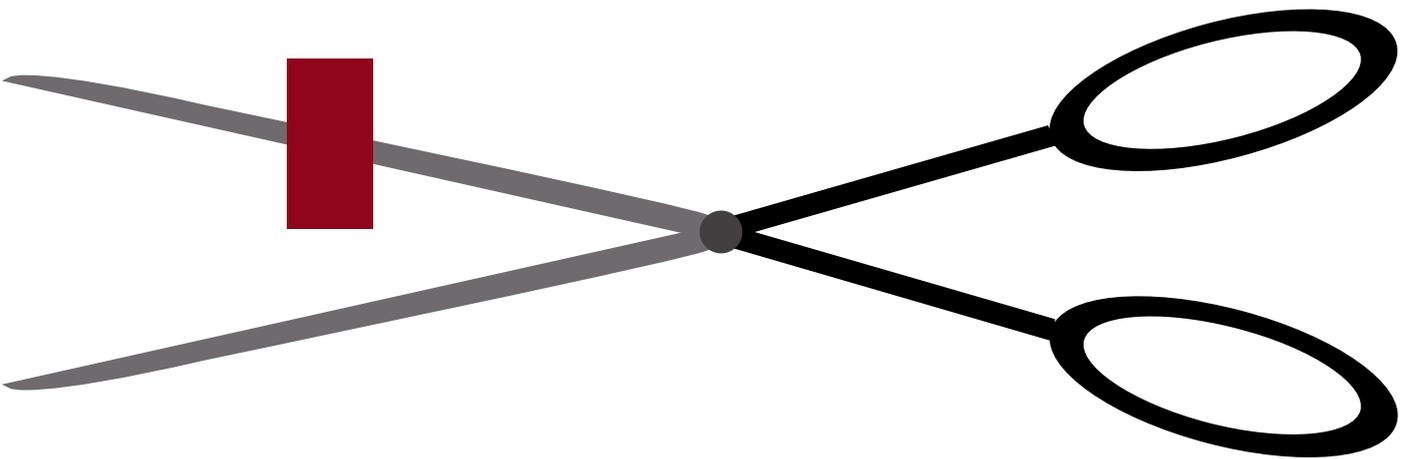
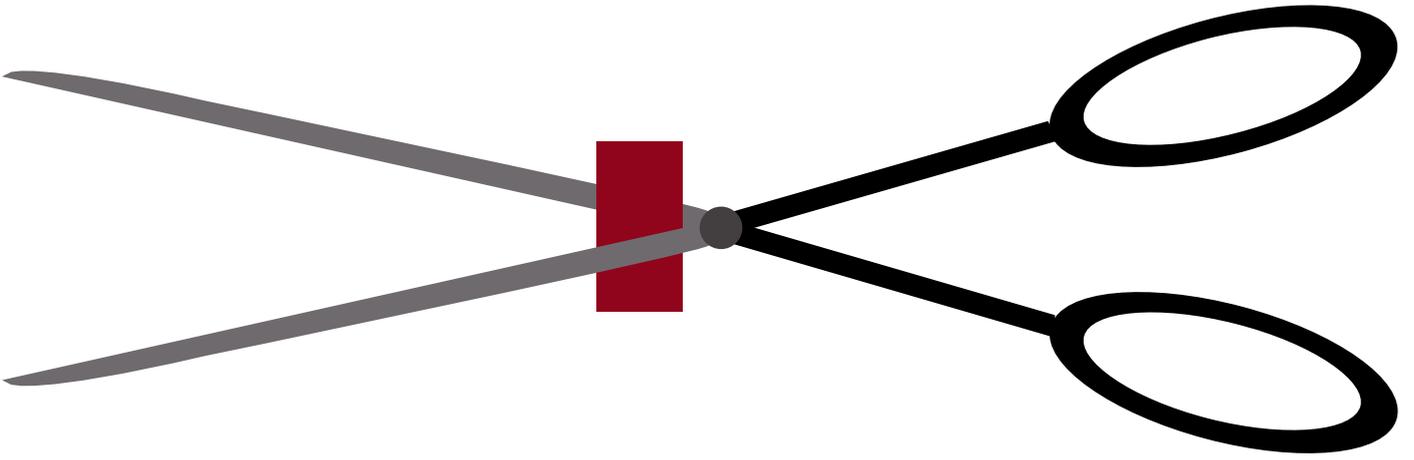
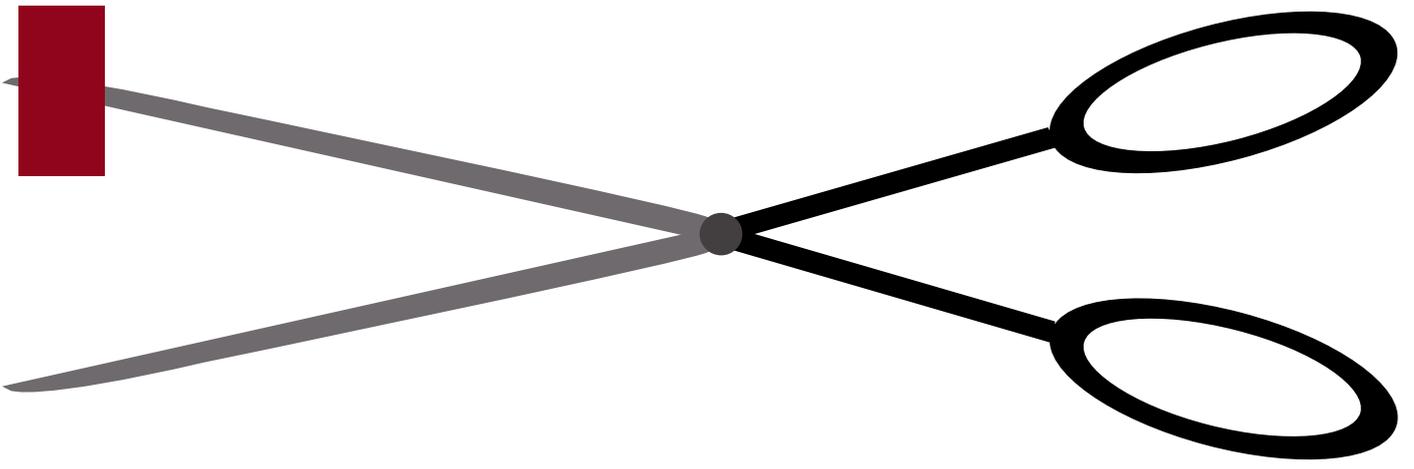
Ich kann den Karton mit verschiedenen Stellen der Schneide schneiden:  
ganz vorne an der Spitze (am Modell mit mittellangem Griff zeigen),  
ganz hinten, nah beim Griff (am Modell mit mittellangem Griff zeigen)  
oder in der Mitte von der Schneide (am Modell mit mittellangem Griff zeigen).

Das siehst du auf diesem Bild (nächstes Bild zeigen):

Hier ist der rote Karton ganz vorne an der Spitze,

hier nah beim Griff

und hier in der Mitte der Schneide.



Ich habe auch Zangen (die drei Modelle auf den Tisch legen).

Es gibt Zangen mit einem kurzen Griff (Modell zeigen),

einem langen Griff (Modell zeigen)

und einem mittellangen Griff (Modell zeigen).

Vorne sind die Zangen alle gleich (die Modelle mit der Schneide auf gleiche Höhe legen und auf Schneiden zeigen).

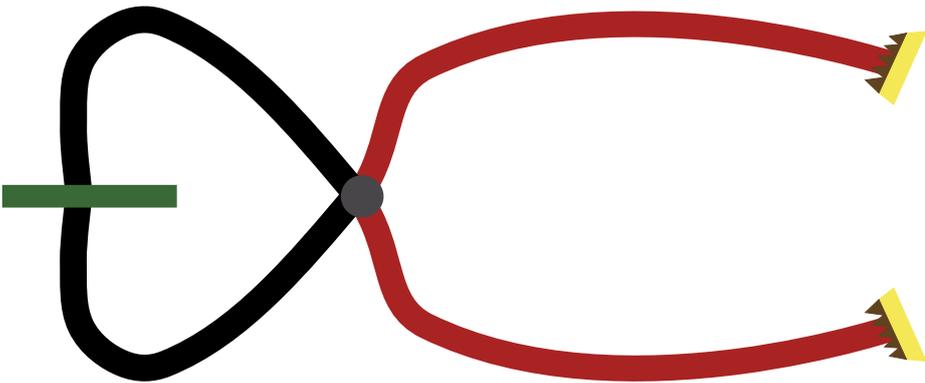
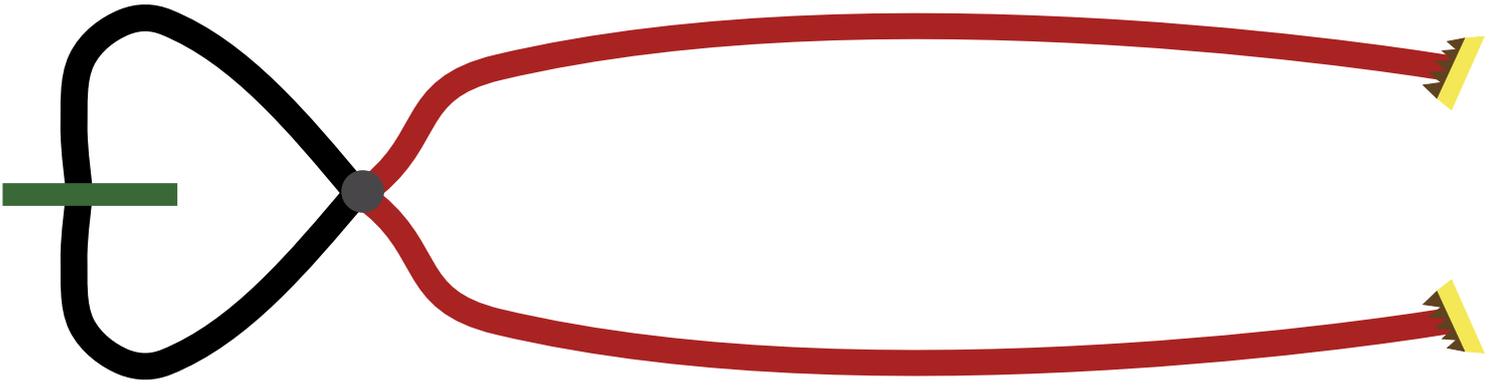
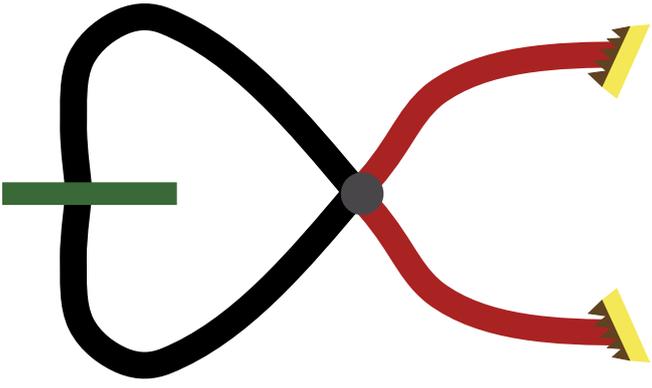
Mit den Zangen möchte ich einen Draht schneiden. (dünnen Draht zeigen)

Hier siehst du von jeder Zange ein Bild (zu jedem Bild das Modell legen).

Da ist der Draht (auf dem Bild zeigen).

Und ich fasse jede Zange ganz am Ende an (mit Mulli am Modell demonstrieren).

Hier siehst du meine Pfoten (im Bild auf die Pfoten zeigen).

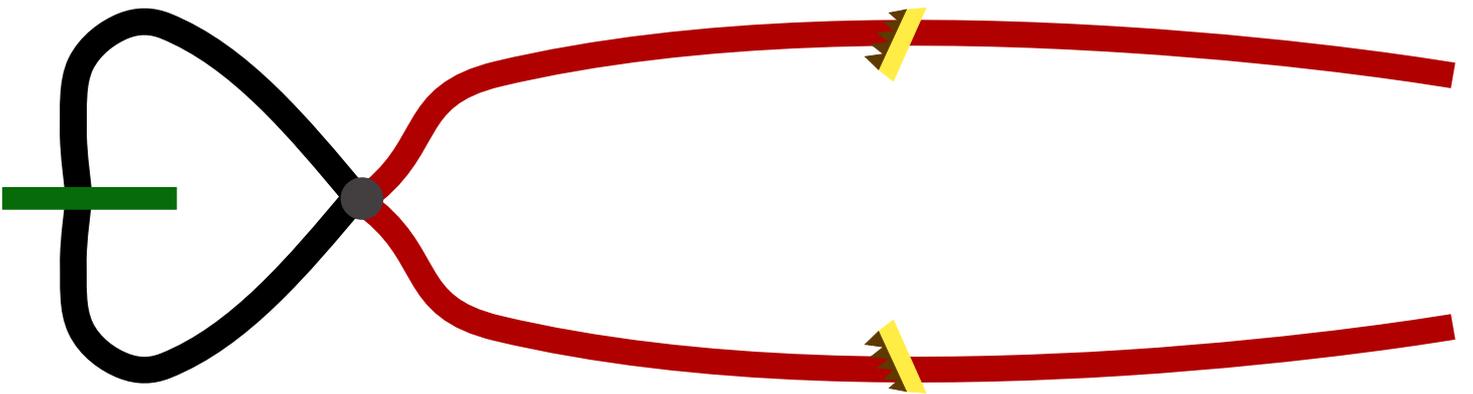
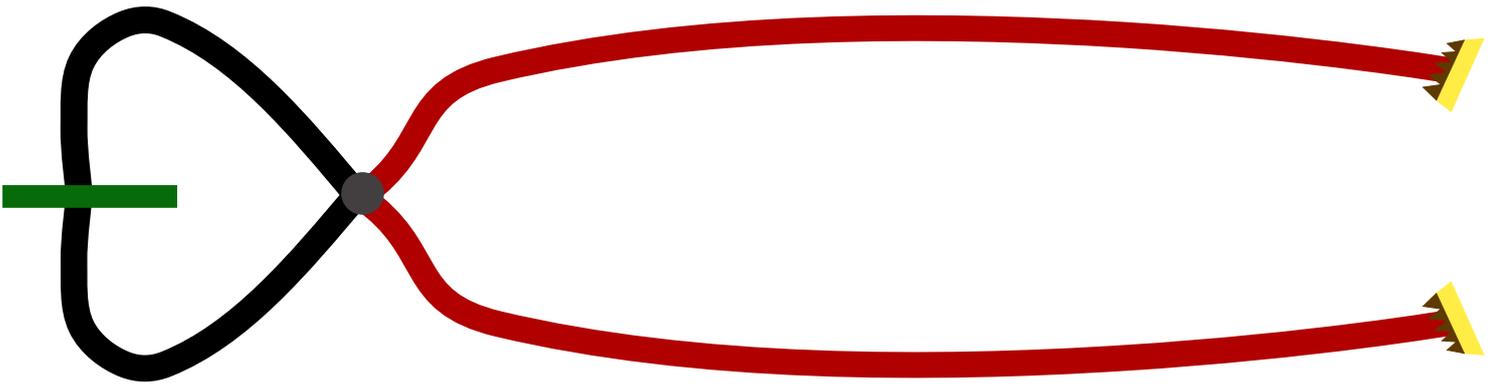
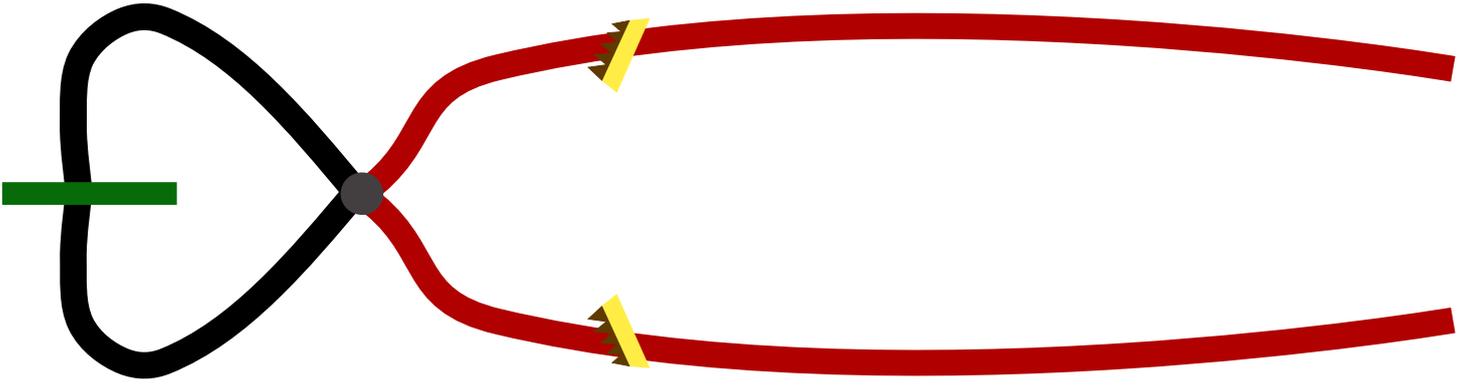


Ich kann den Griff aber auch an verschiedenen Stellen anfassen:

ganz weit vorne (am Modell mit langem Griff zeigen), das siehst du auf diesem Bild.

Oder ganz am Ende (am Modell mit langem Griff zeigen), wie auf diesem Bild.

Oder in der Mitte vom Griff (am Modell mit langem Griff zeigen) wie auf diesem Bild.

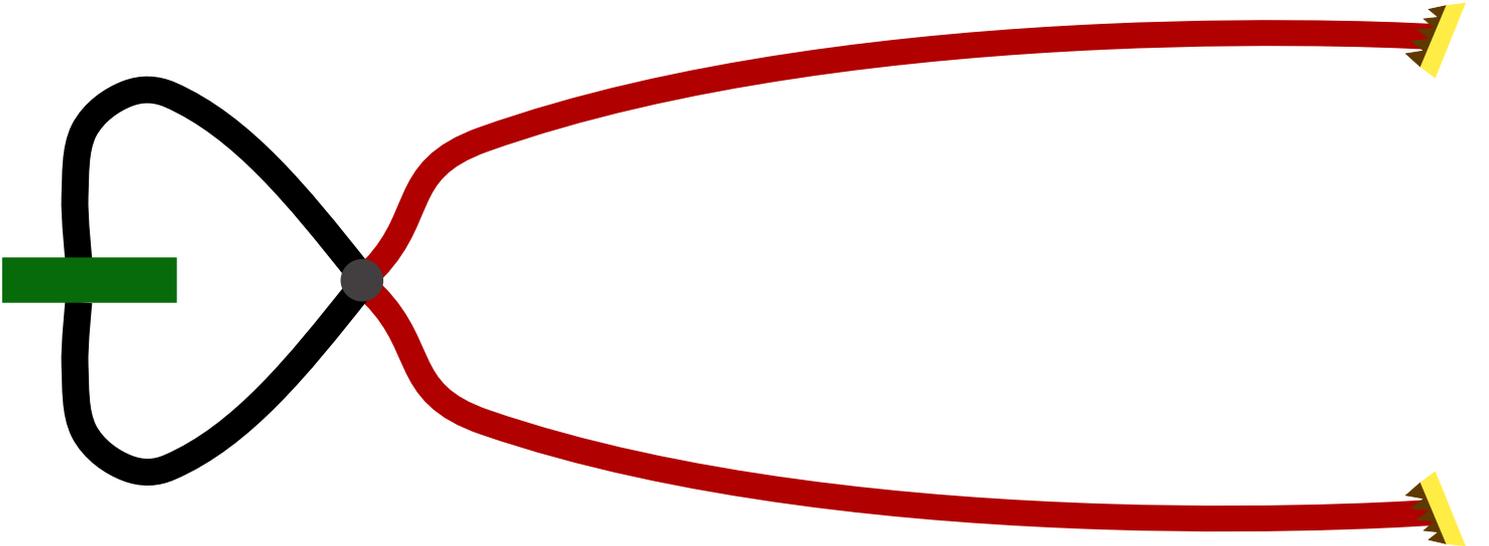
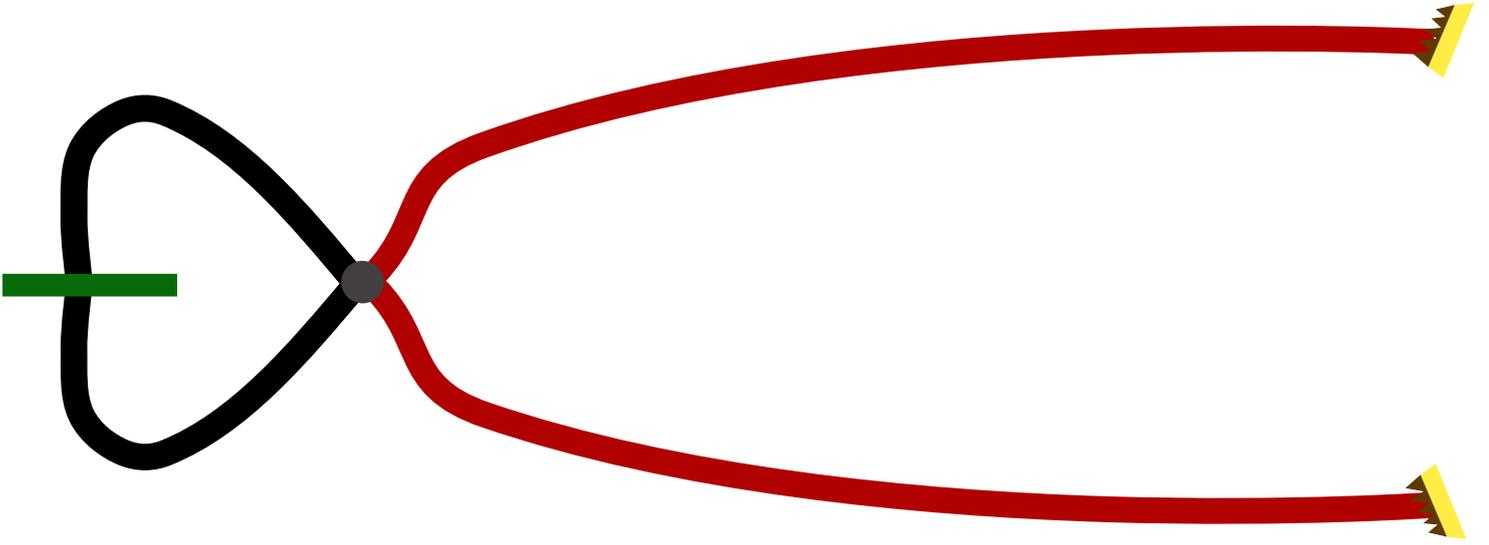


Ich möchte außerdem verschiedene Drähte schneiden.

Ich habe einen dicken, einen dünnen und einen mittleren Draht (jeweils das Modell zeigen).

Auf diesen Bildern (zeigen) siehst du immer die Zange mit dem langen Griff – einmal mit einem dicken Draht (entsprechendes Drahtmodell zum Bild legen), einmal mit einem dünnen (entsprechendes Drahtmodell zum Bild legen) und einmal mit einem mittleren (entsprechendes Drahtmodell zum Bild legen).

Ich habe die Pfötchen hier immer ganz am Ende (auf dem Bild zeigen)



Außerdem habe ich auch noch Nageleisen.  
Damit kann man Nägel aus der Wand holen.  
Das geht so (das mittlere Nageleisen nehmen, an den Nagel im Modell ansetzen und eine Hebelbewegung machen, um ihn herauszuziehen).

Es gibt Nageleisen mit einem langen,  
einem kurzen  
und einem mittellangen Griff (jeweils das Modell dazu zeigen).

Hier siehst du Bilder davon.

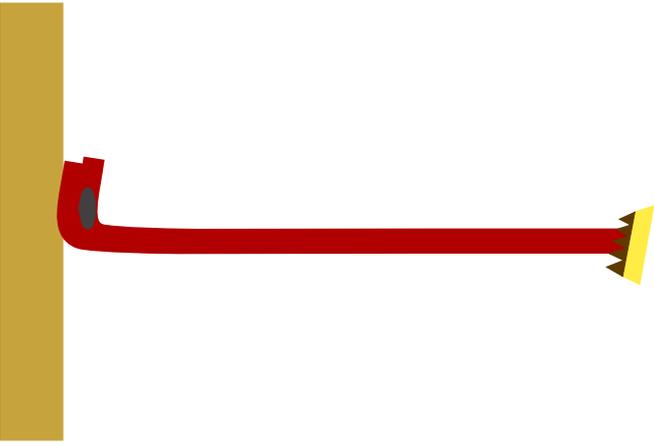
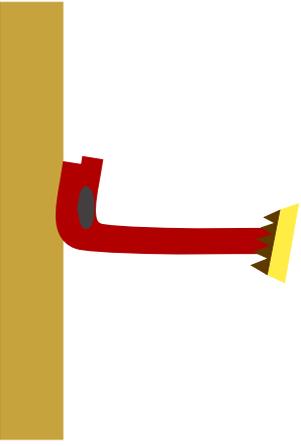
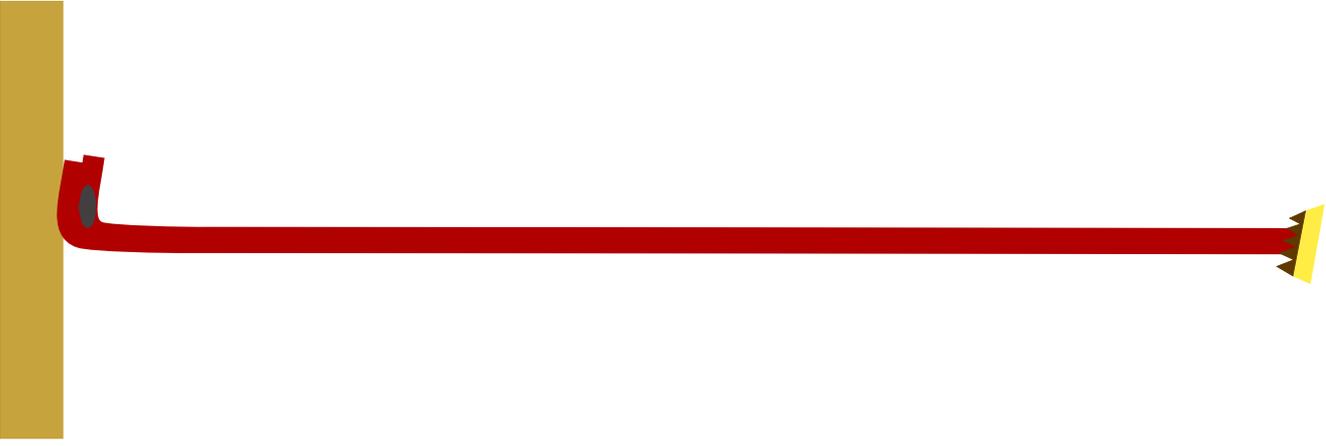
Das ist die Wand (auf dem Bild zeigen) mit dem Nagel drin (auf dem Bild zeigen).

Hier ist ein Nageleisen mit langem Griff,

hier mit einem kurzen

und hier mit einem mittellangen (zu jedem Bild das entsprechende Nageleisen-Modell legen).

Ich fasse alle ganz am Ende an (am Modell demonstrieren). Auch im Bild sind meine Pfoten ganz am Ende (draufzeigen).

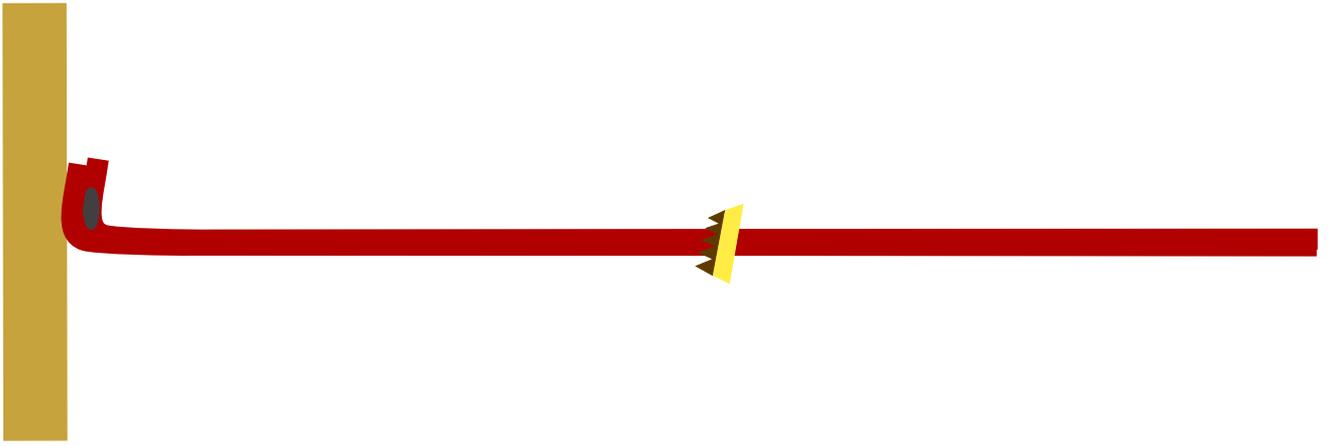
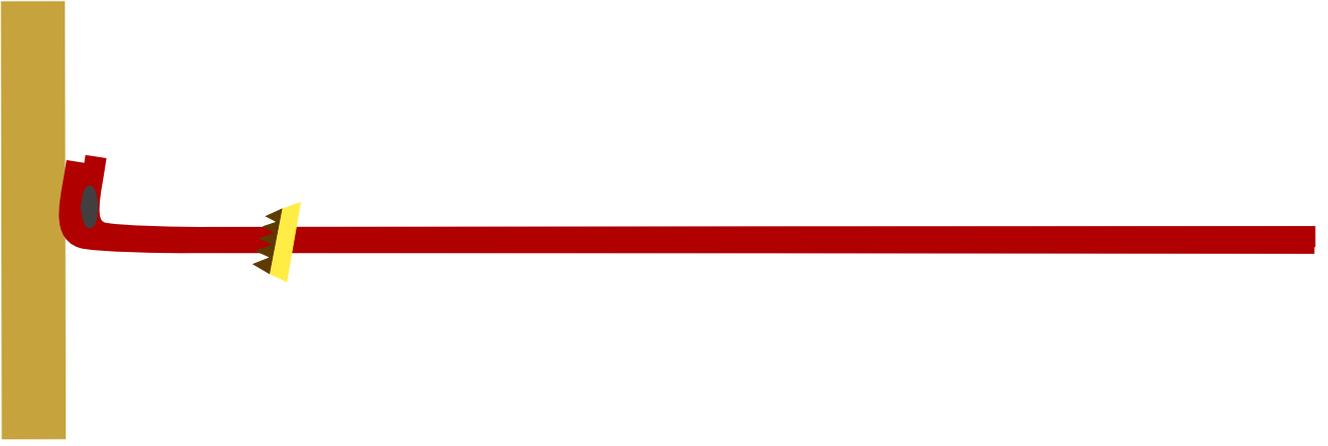
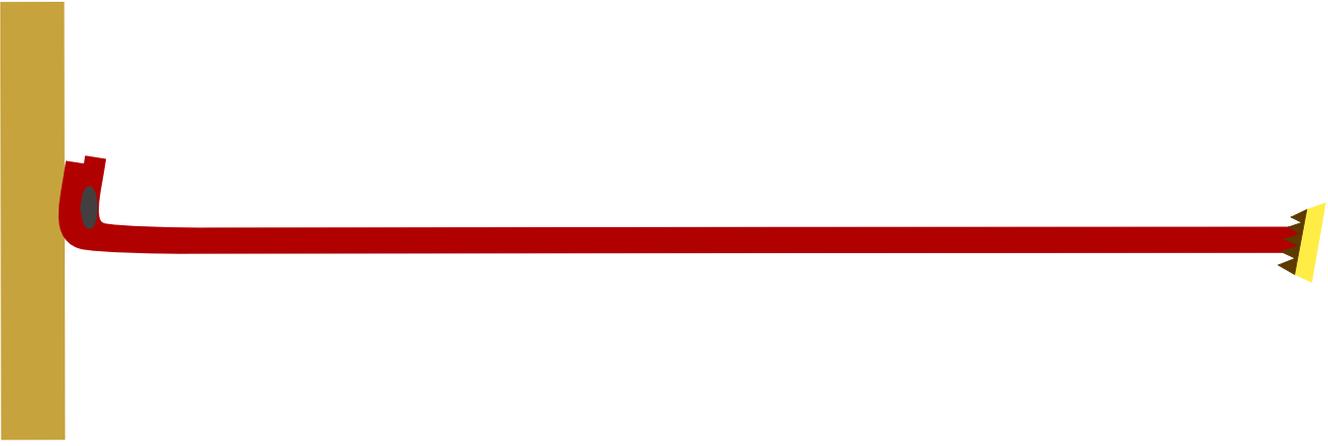


Außerdem kann man auch bei den Nageleisen den Griff an verschiedenen Stellen anfassen (jeweils zuerst am Modell mit langem Griff und dann auf dem Bild zeigen):

ganz am Ende,

ganz weit vorne

oder in der Mitte vom Griff.



Es gibt auch noch Nageleisen mit einem ganz langen Spalt vorne (Modell zeigen).

Da kann man den Nagel ganz vorne ansetzen

oder ganz nah beim Griff

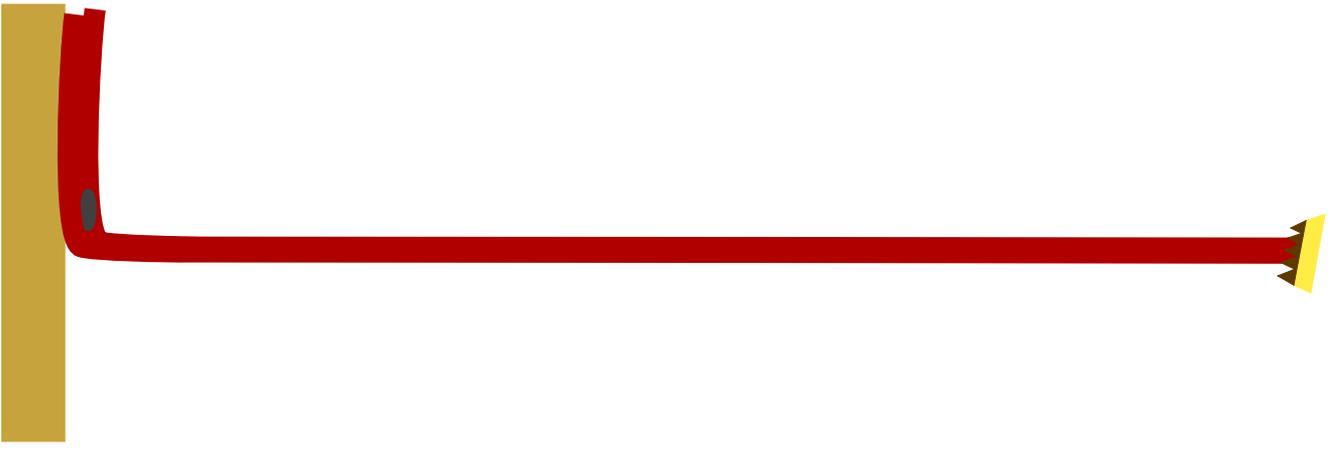
oder in der Mitte vom Spalt (jeweils am Modell zeigen).

Das siehst du auf diesen Bildern (jeweils am Bild zeigen):

Hier ist der Nagel ganz vorne an der Spitze,

hier ganz nah am Griff

und hier in der Mitte vom Spalt.



Jetzt hast du all meine Werkzeuge gesehen und weißt, wie sie auf Bildern aussehen.

Jetzt zeige ich dir noch mehr solche Bilder.

Ich will immer wissen, wo ich am wenigsten Kraft brauche. (zum ersten Item blättern)

Item 1:

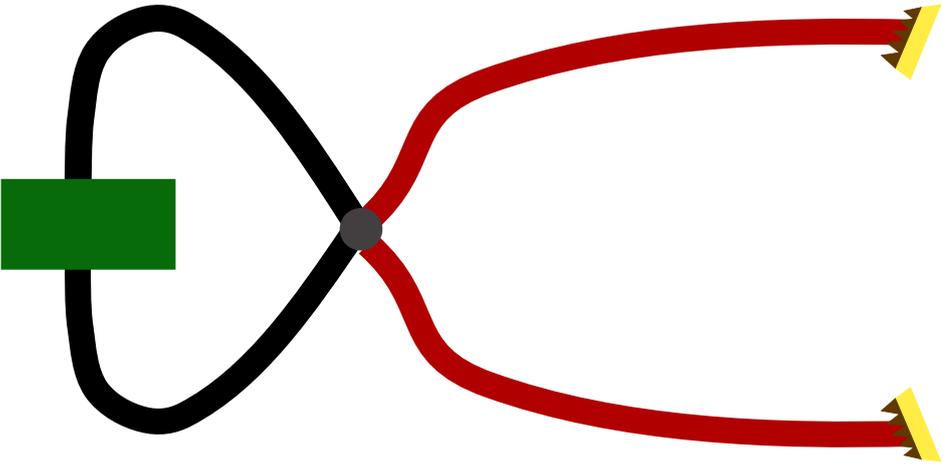
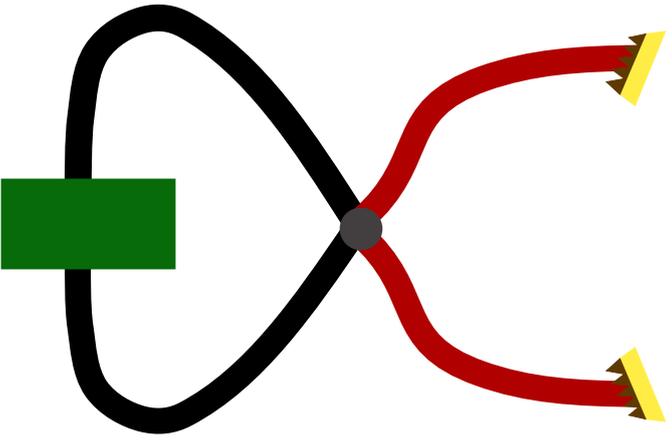
Wie ist es bei diesen Zangen?

Diese Zange hat einen langen Griff,

diese hat einen kurzen Griff

und diese einen mittellangen Griff.

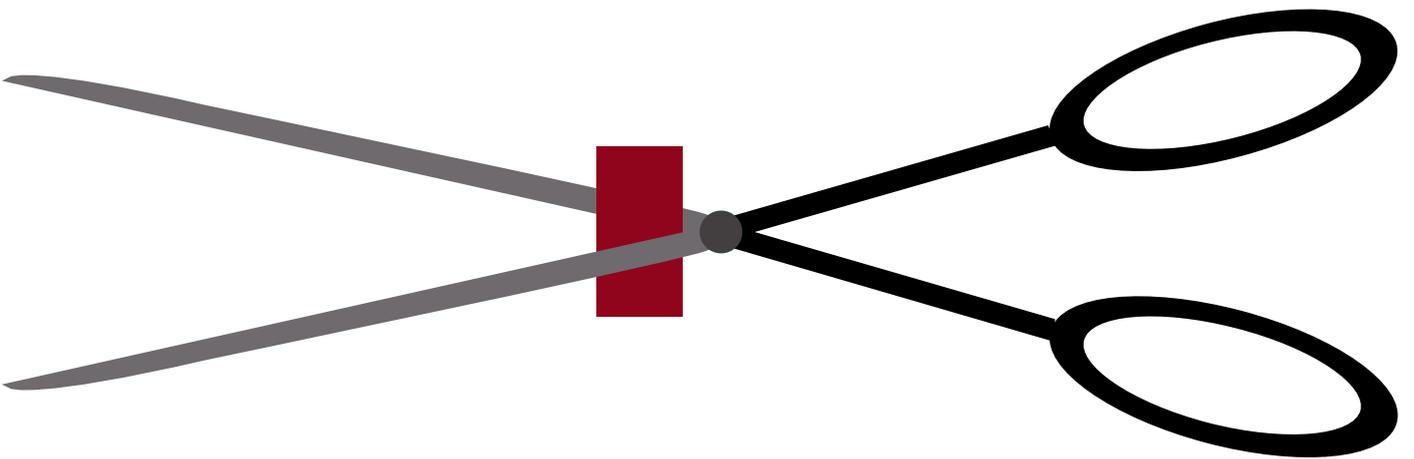
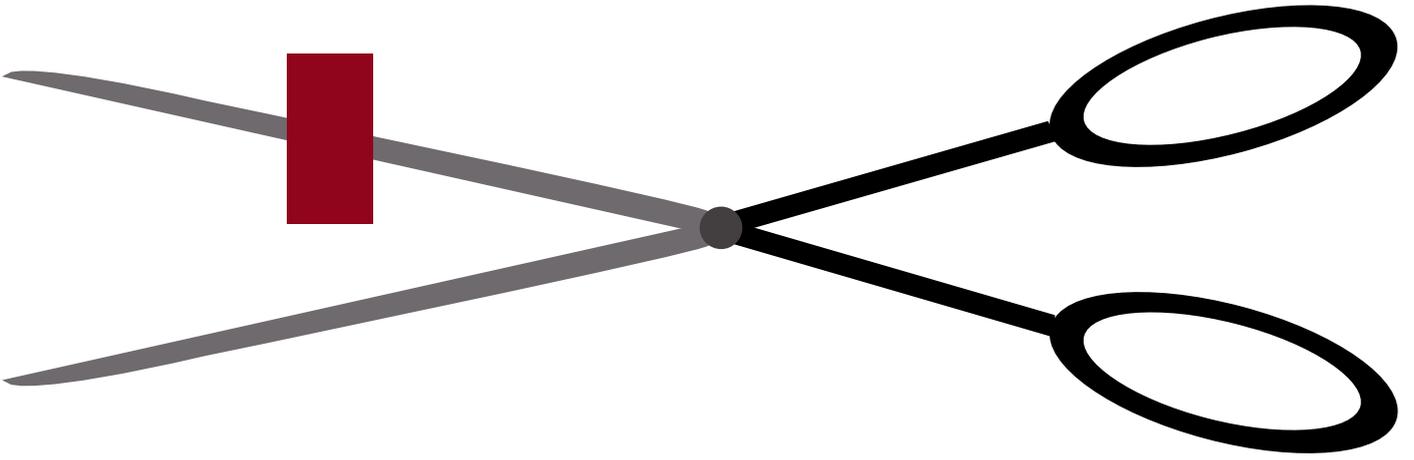
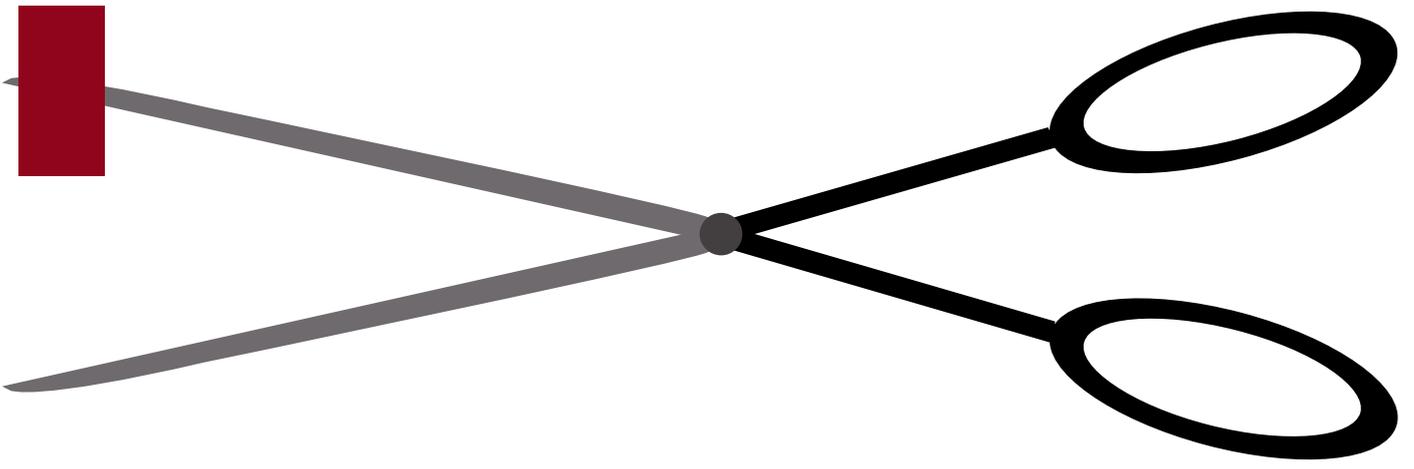
Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft, um den Draht zu schneiden?



Item 2:

Bei dieser Schere ist der Karton ganz vorne an der Spitze,  
hier in der Mitte der Schneide  
und hier ganz nah beim Griff.

Mit welcher Schere brauche ich am wenigsten Kraft, um den Karton zu schneiden?



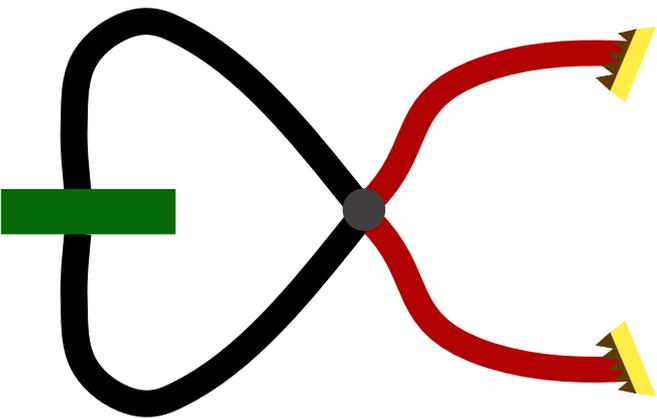
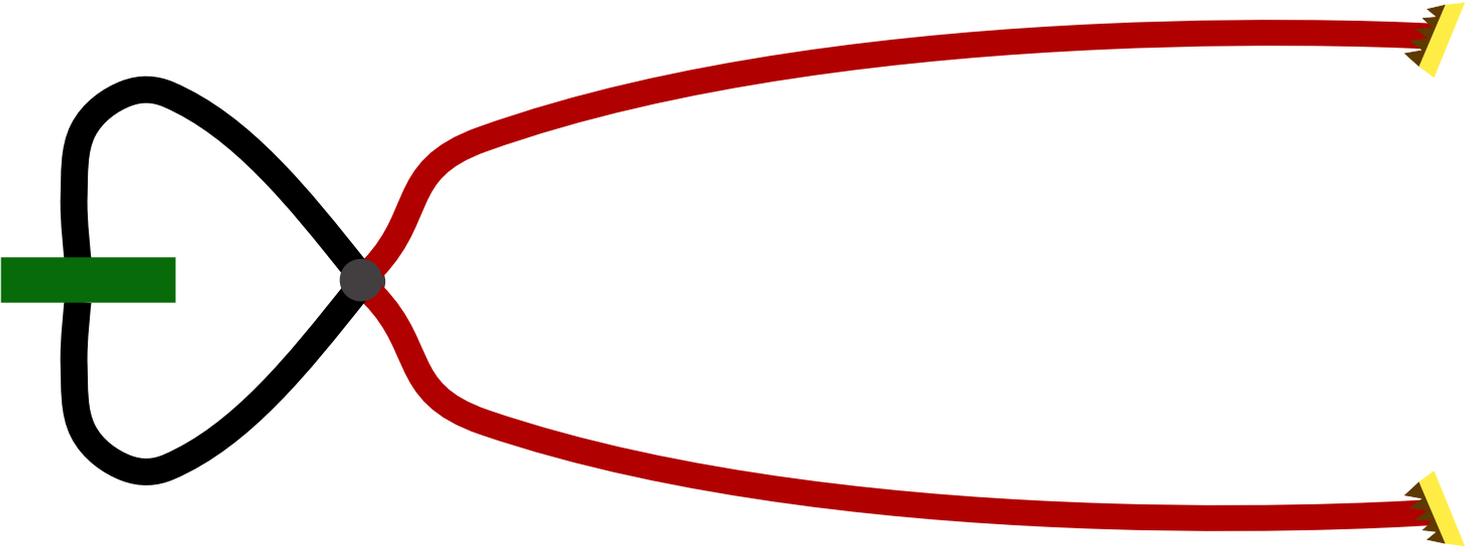
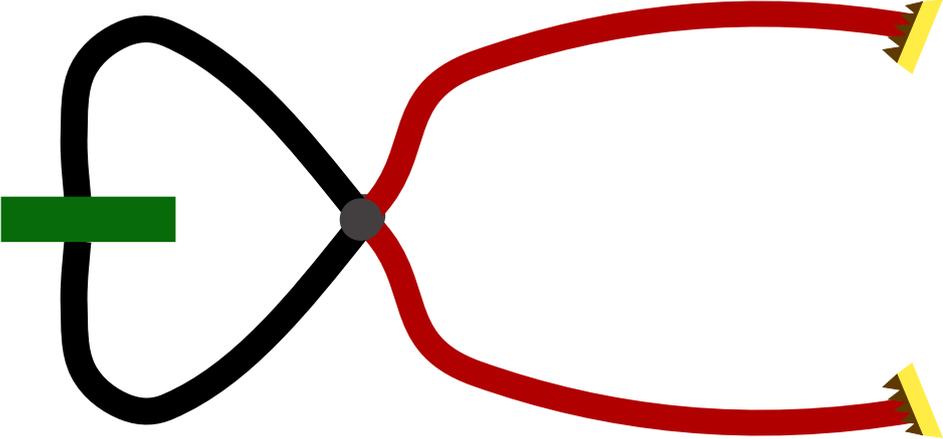
Item 3:

Diese Zange hat einen mittellangen Griff,

diese hat einen langen Griff

und diese einen kurzen.

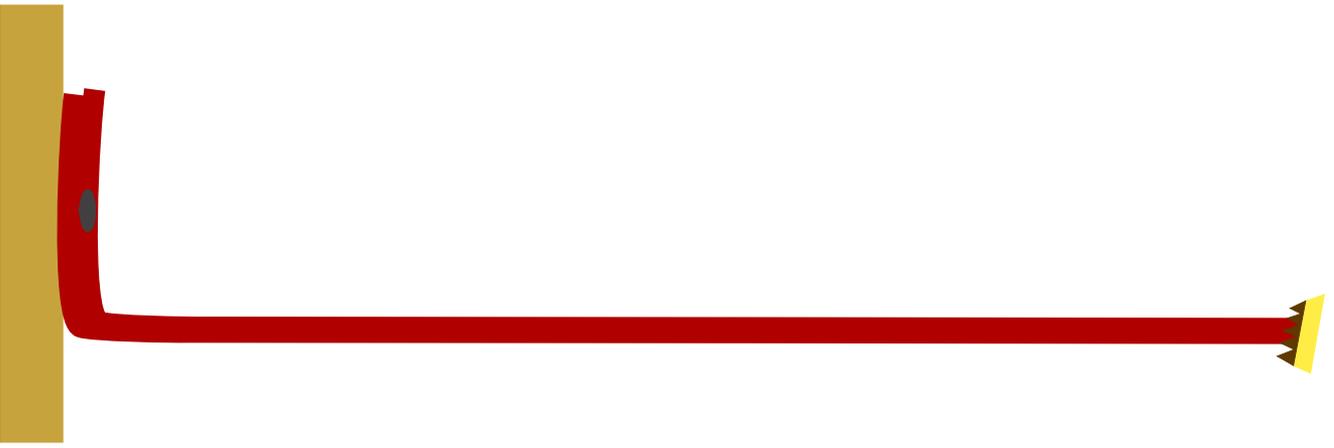
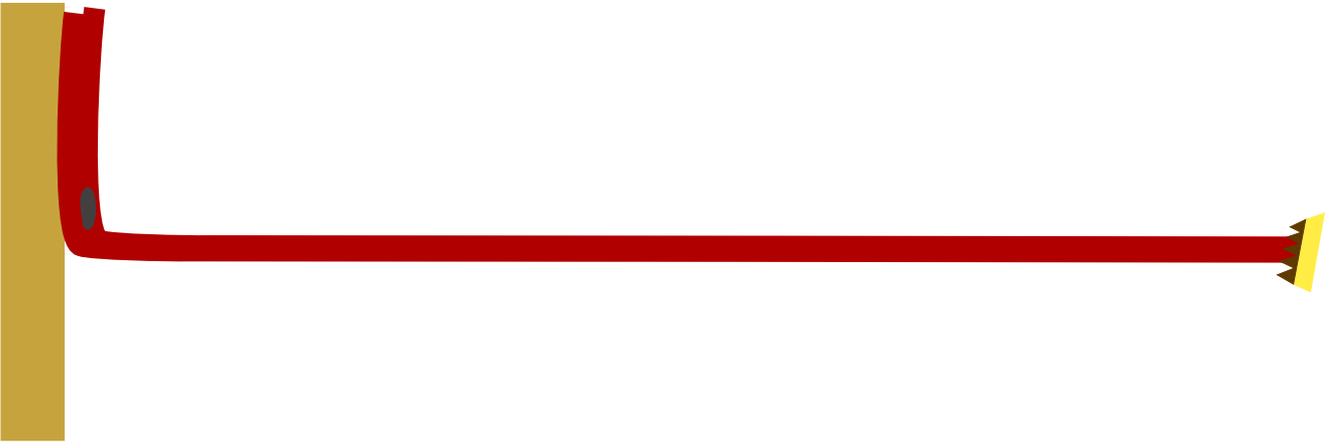
Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft, um den Draht zu schneiden?



Item 4:

Bei diesem Nageleisen ist der Nagel ganz nah beim Griff,  
hier ganz vorne an der Spitze  
und hier in der Mitte vom Spalt.

Mit welchem Nageleisen brauche ich am wenigsten Kraft, um den Nagel aus der  
Wand zu bekommen?



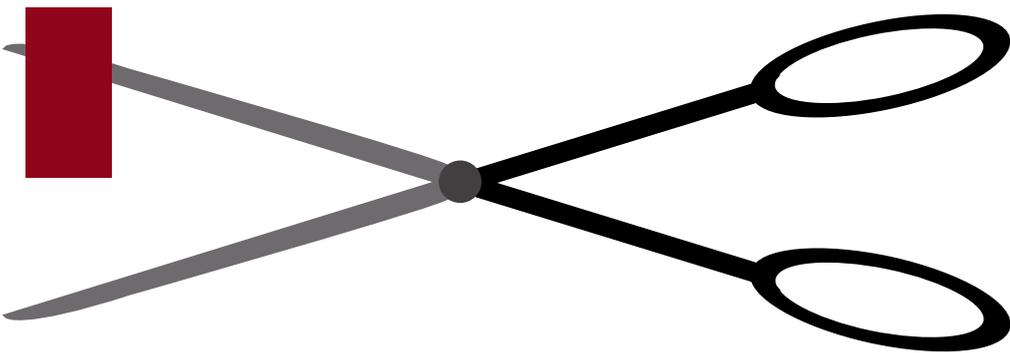
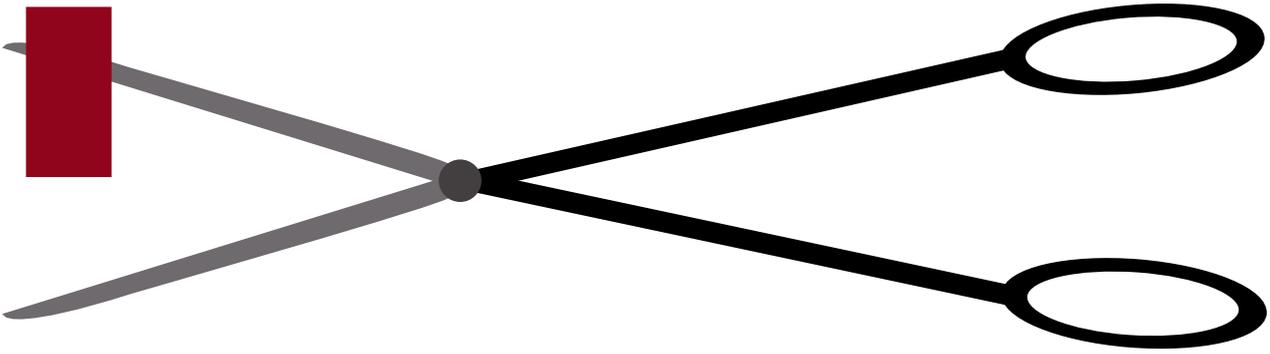
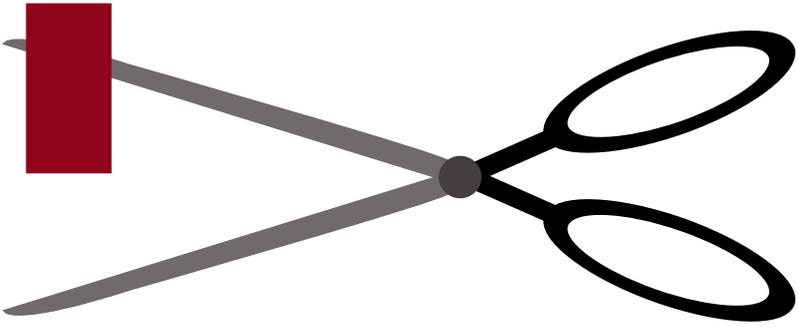
Item 5:

Diese Schere hat einen kurzen Griff,

diese einen langen

und diese einen mittellangen.

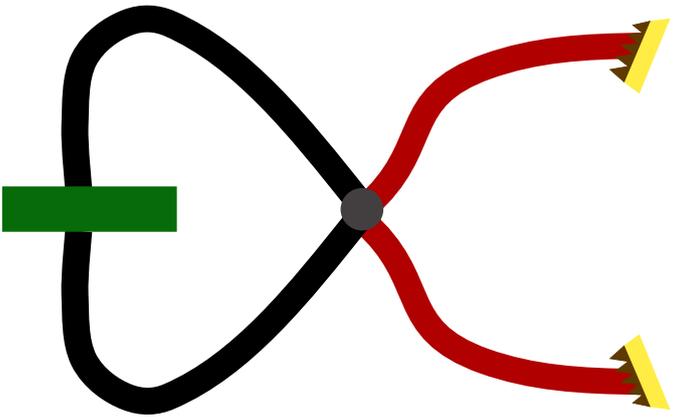
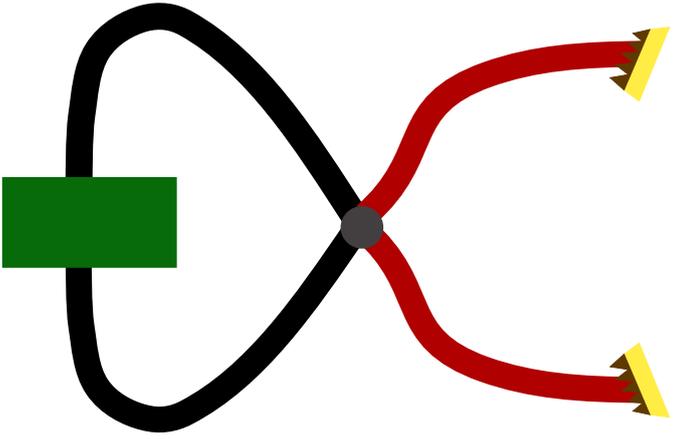
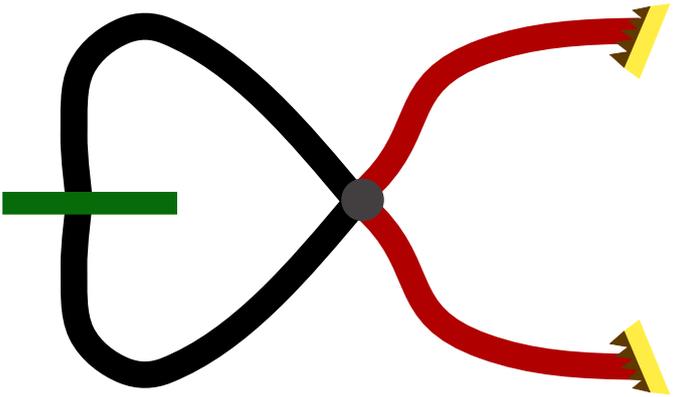
Mit welcher Schere brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 6:

Mit dieser Zange möchte ich einen dünnen Draht schneiden,  
mit dieser einen dicken  
und mit dieser einen mittleren.

Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft?



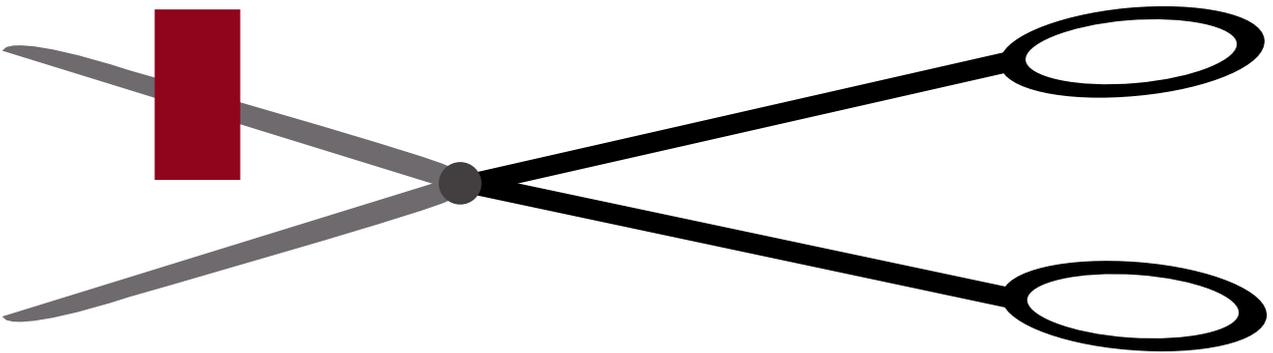
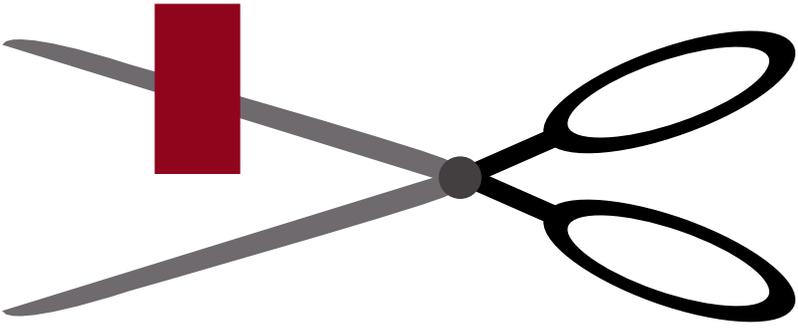
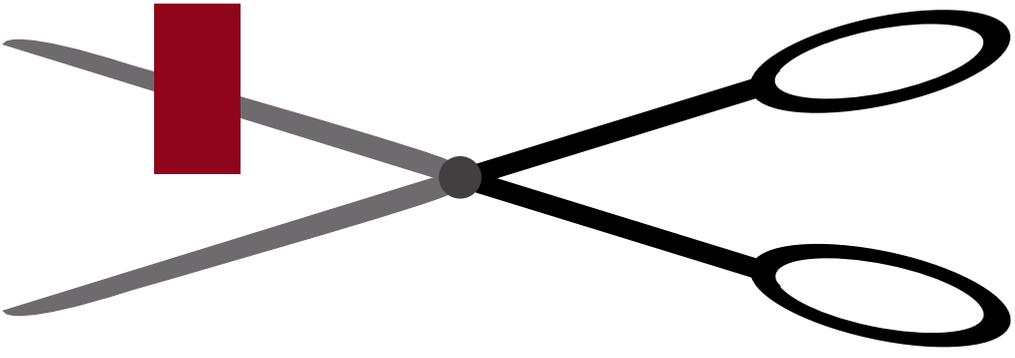
Item 7:

Diese Schere hat einen mittellangen Griff,

diese einen kurzen

und diese einen langen.

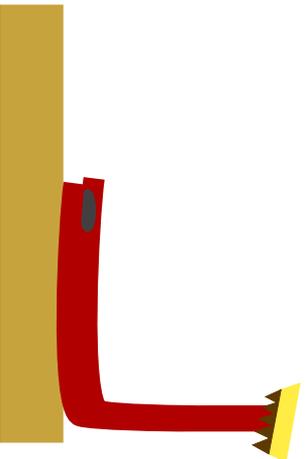
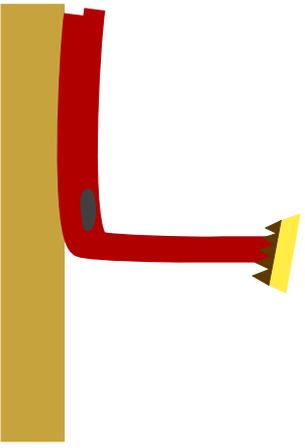
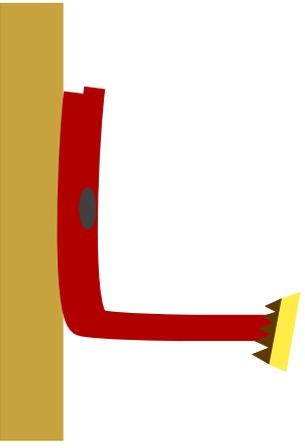
Mit welcher Schere brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 8:

Bei diesem Nageleisen ist der Nagel in der Mitte vom Spalt,  
hier ganz nah beim Griff  
und hier ganz vorne an der Spitze.

Mit welchem Nageleisen brauche ich am wenigsten Kraft?



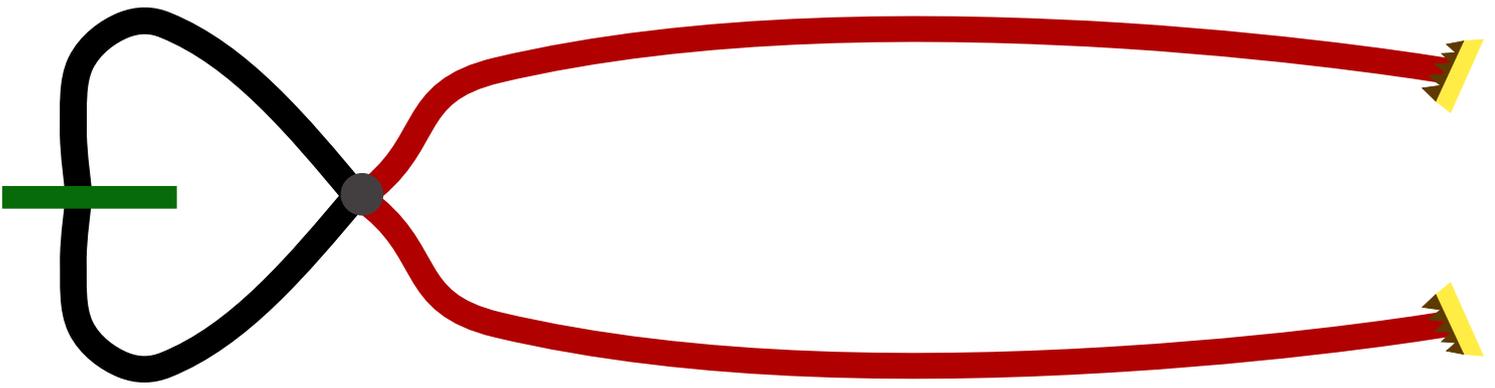
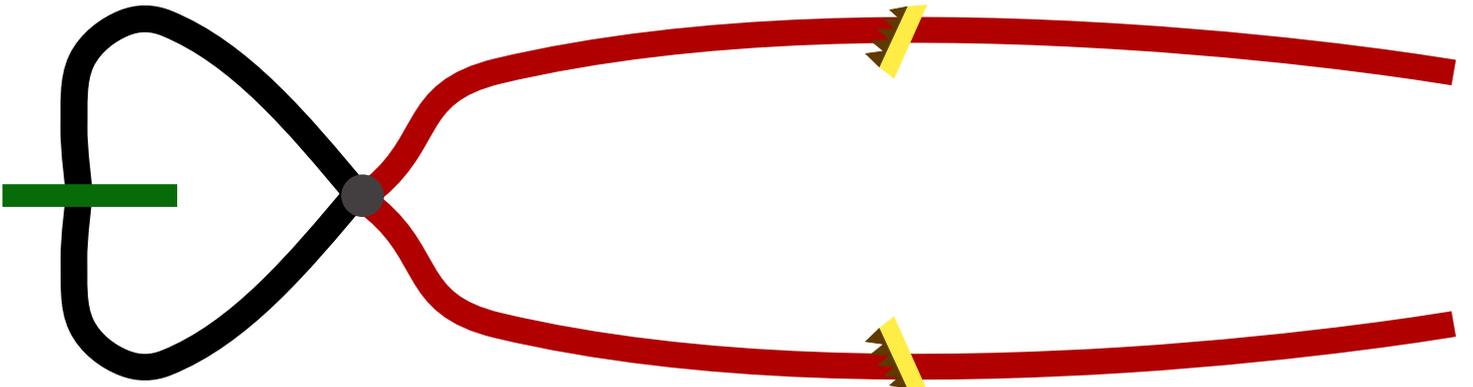
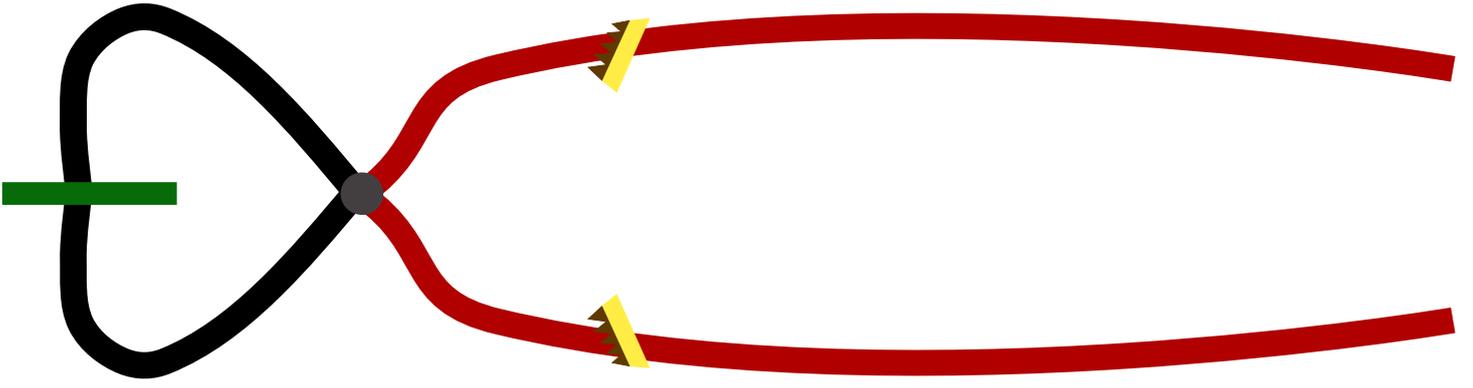
Item 9:

Bei dieser Zange habe ich die Pfoten ganz weit vorne am Griff,

bei dieser in der Mitte vom Griff

und bei dieser ganz am Ende.

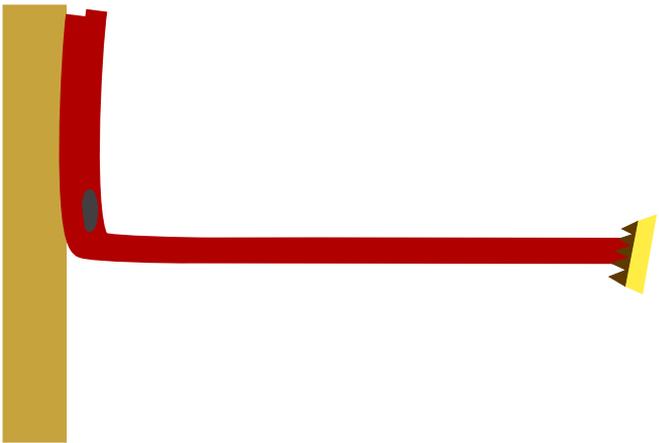
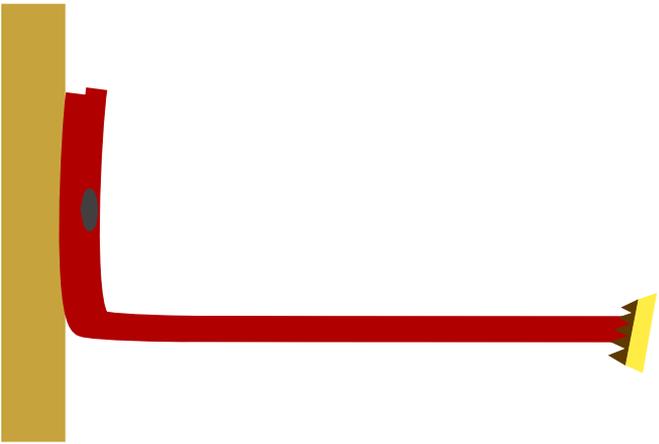
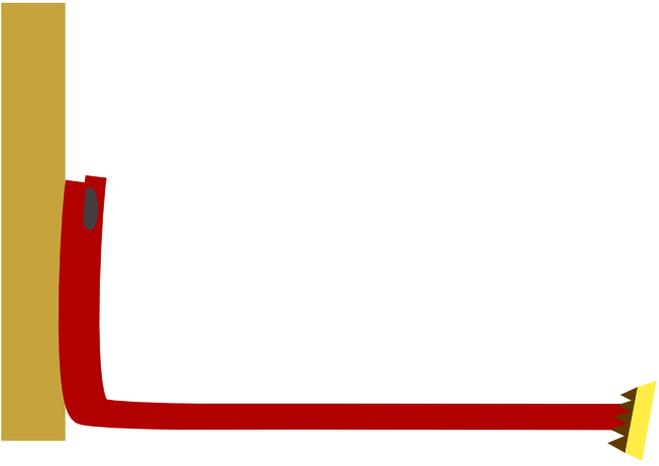
Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 10:

Bei diesem Nageleisen ist der Nagel ganz vorne an der Spitze,  
bei diesem in der Mitte vom Spalt  
und hier ganz nah beim Griff.

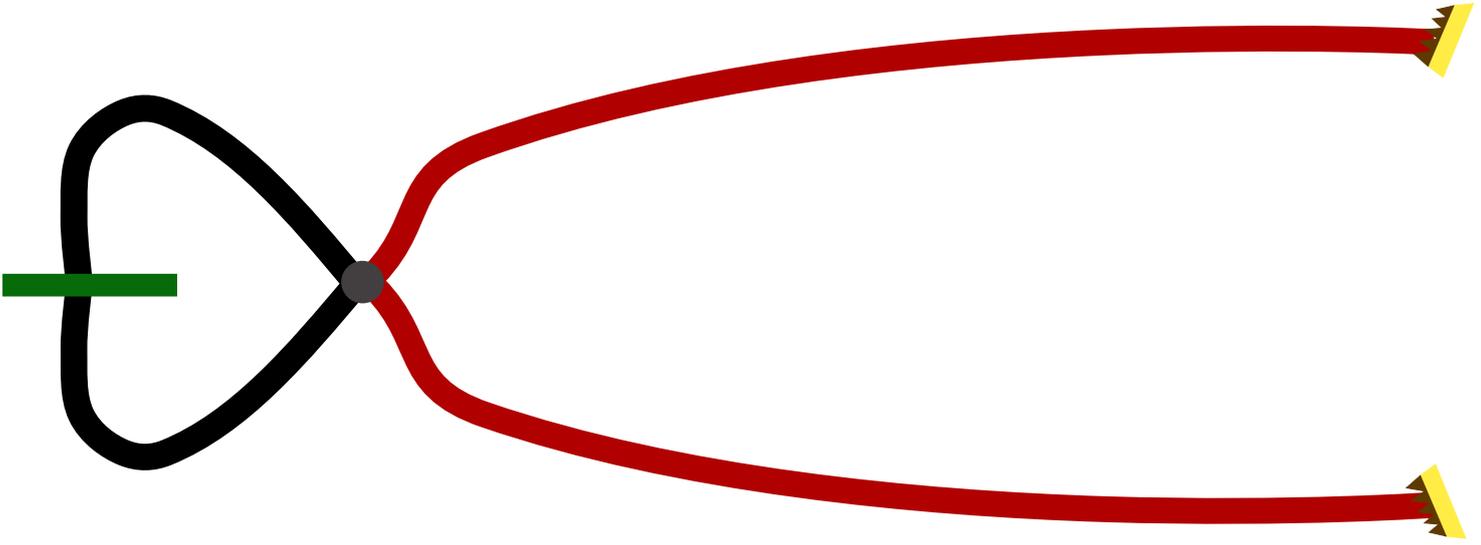
Mit welchem Nageleisen brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 11:

Mit dieser Zange möchte ich einen mittleren Draht schneiden,  
mit dieser einen dünnen  
und mit dieser einen dicken.

Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft?



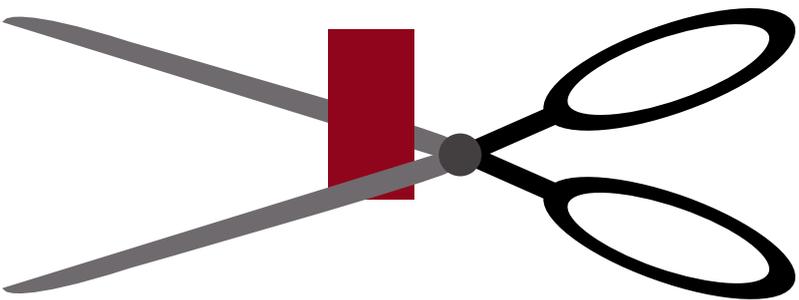
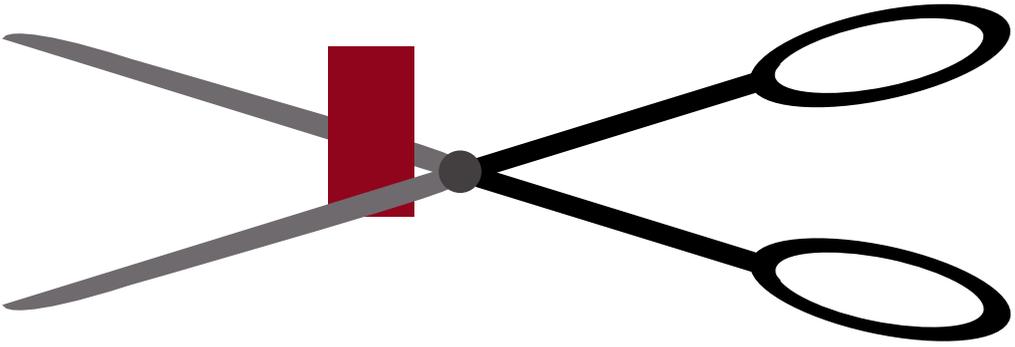
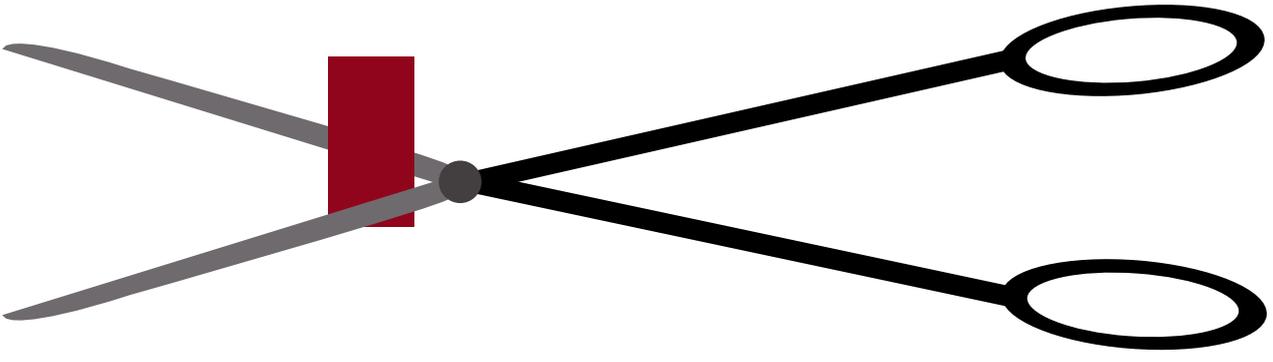
Item 12:

Diese Schere hat einen langen Griff,

diese einen mittellangen

und diese einen kurzen.

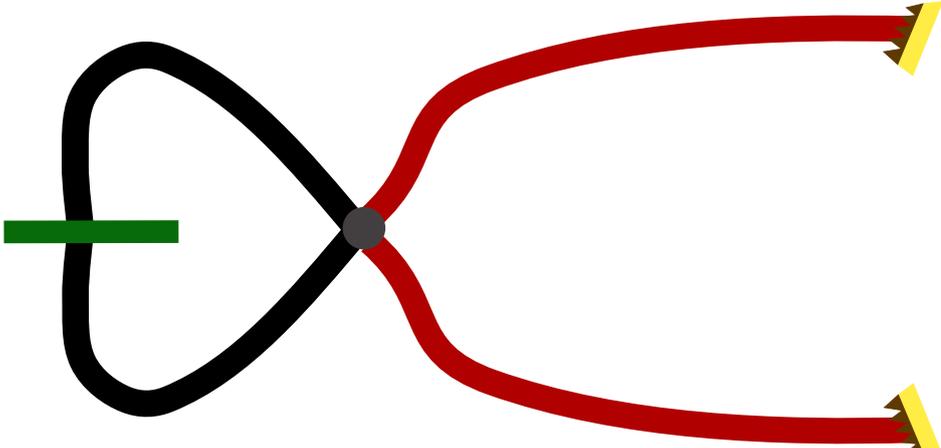
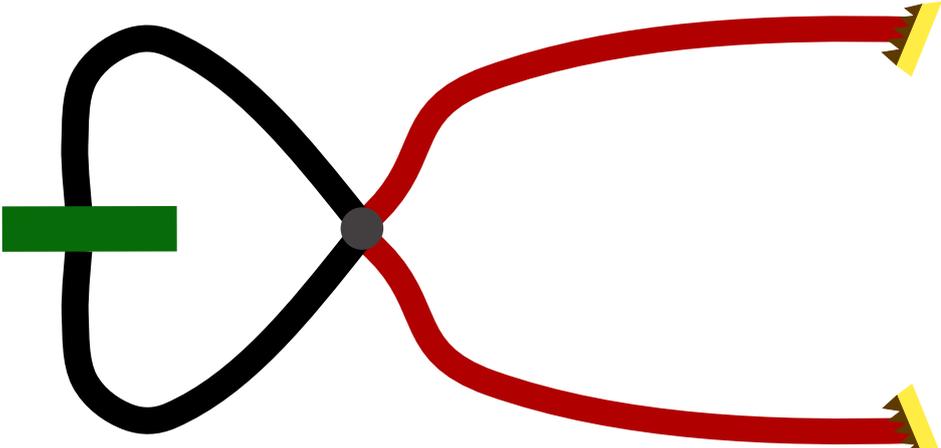
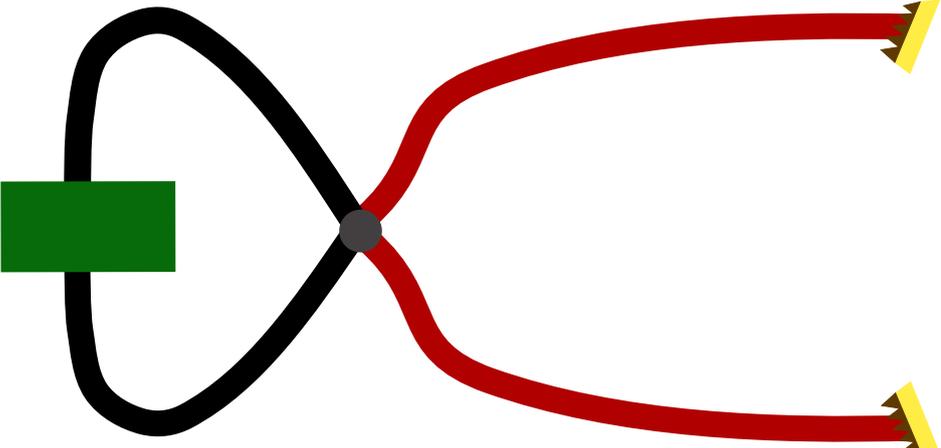
Mit welcher Schere brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 13:

Mit dieser Zange möchte ich einen dicken Draht schneiden,  
mit dieser einen mittleren  
und mit dieser einen dünnen.

Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft?



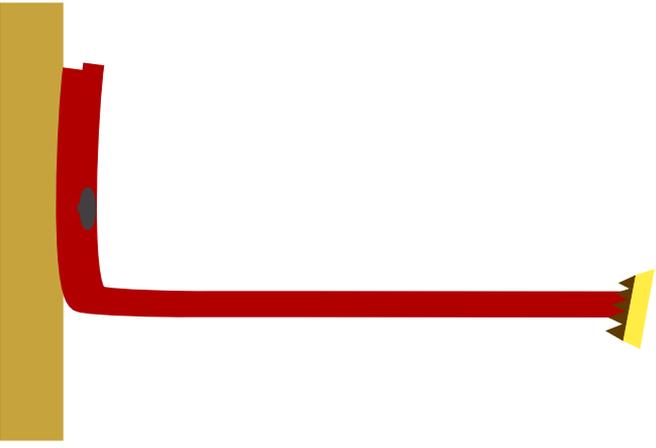
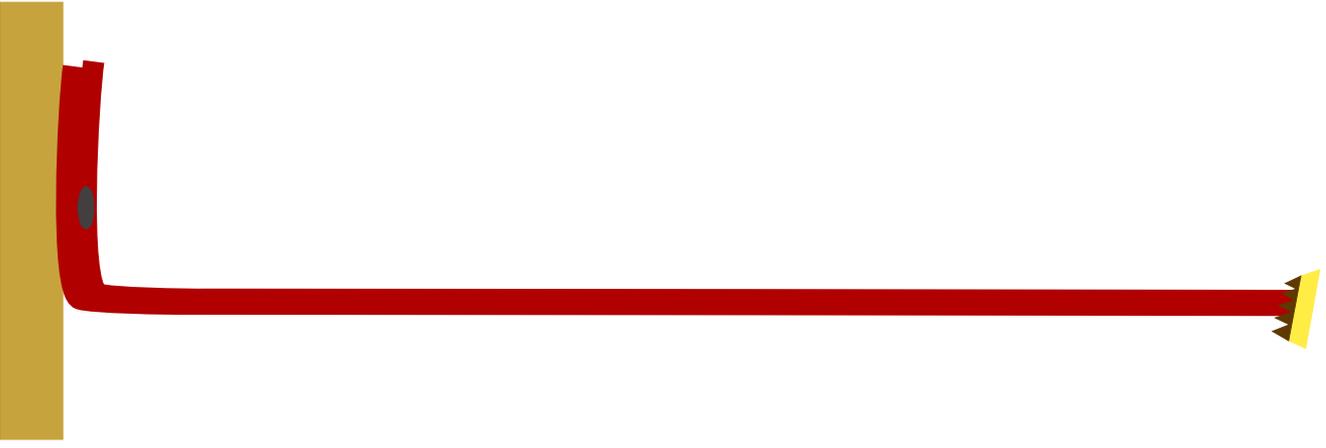
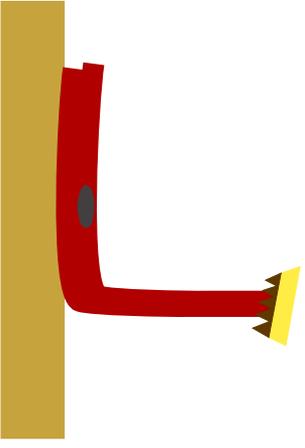
Item 14:

Dieses Nageleisen hat einen kurzen Griff,

dieses einen langen

und dieses einen mittellangen.

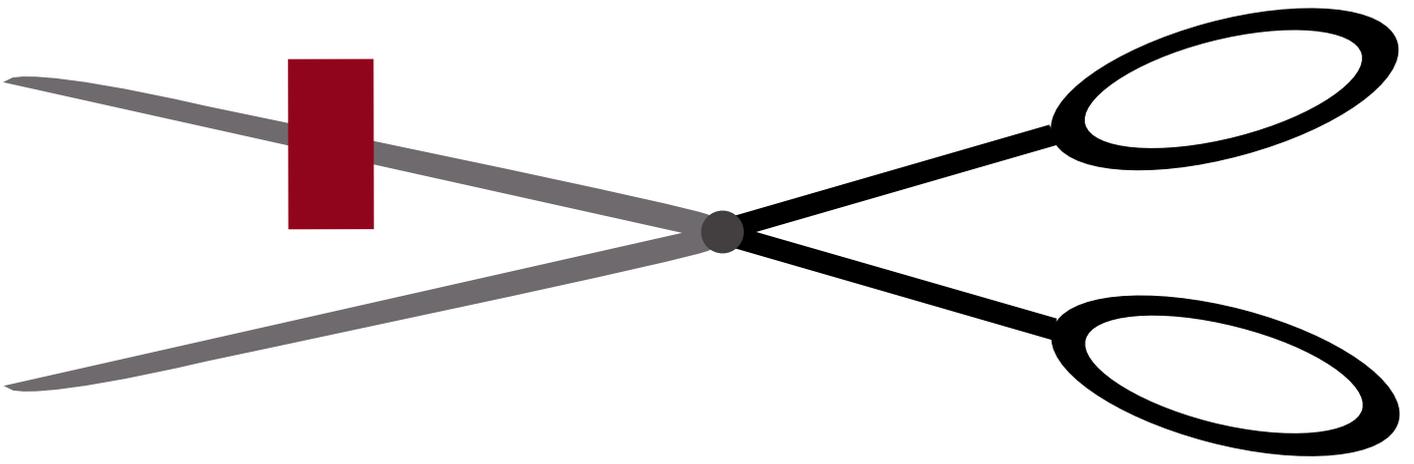
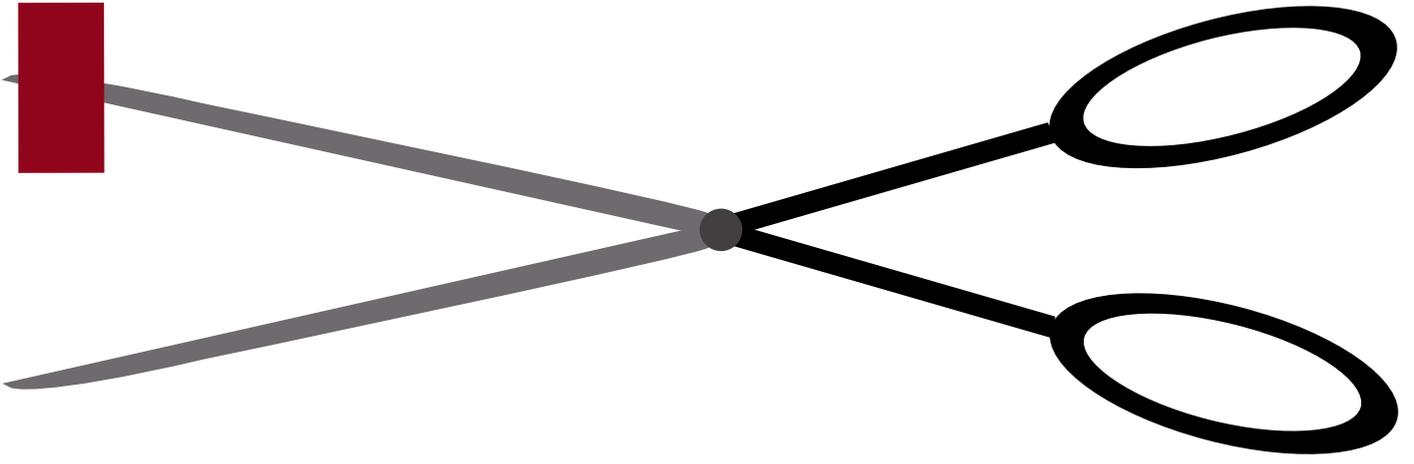
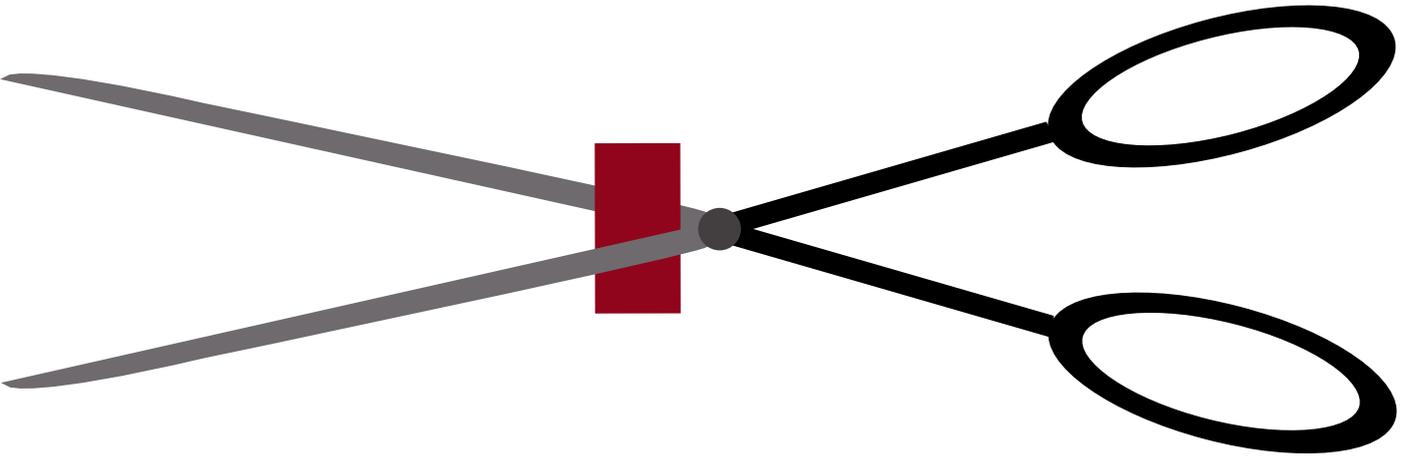
Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 15:

Bei dieser Schere ist der Karton ganz nah beim Griff, hier ganz vorne an der Spitze und hier in der Mitte der Schneide.

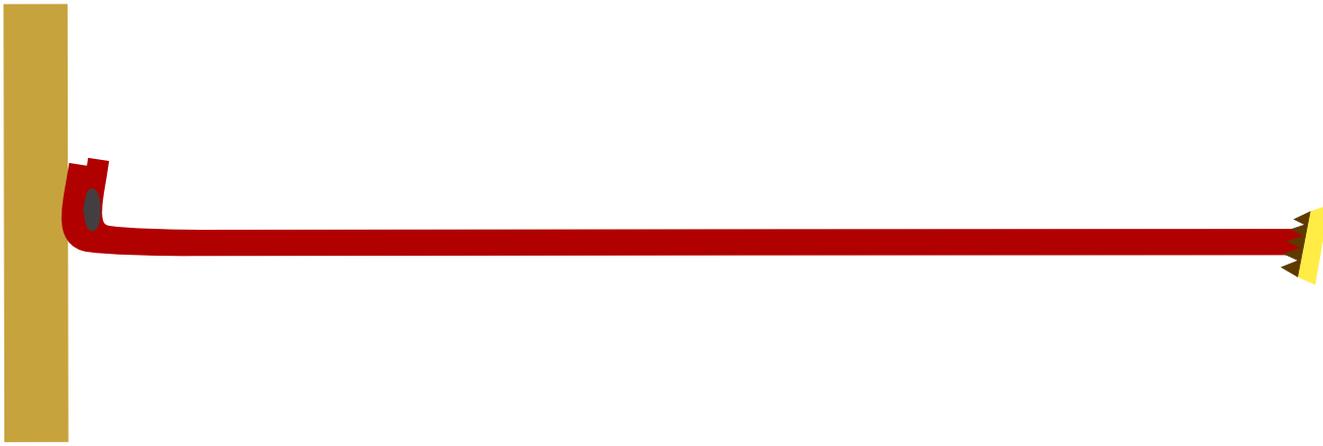
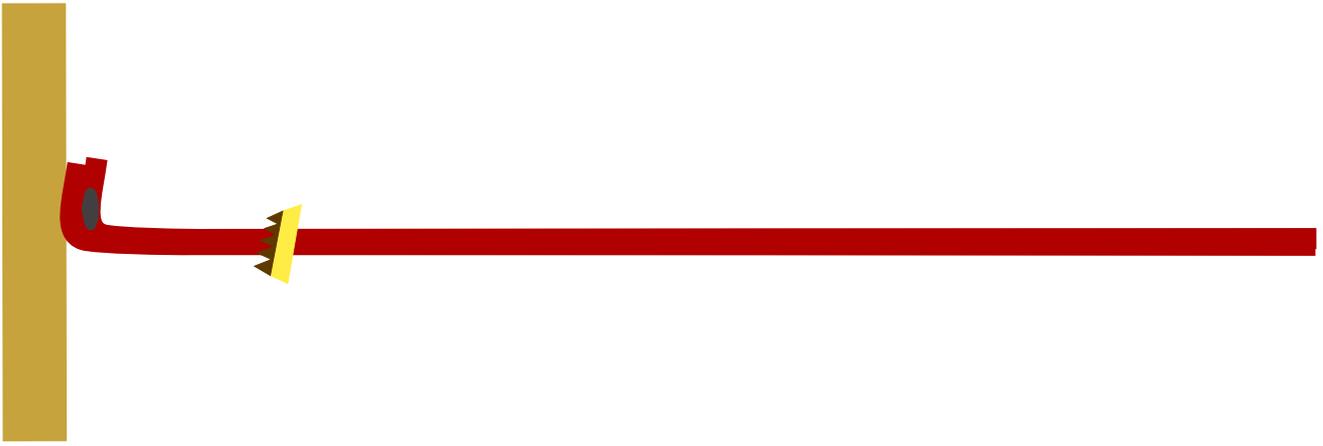
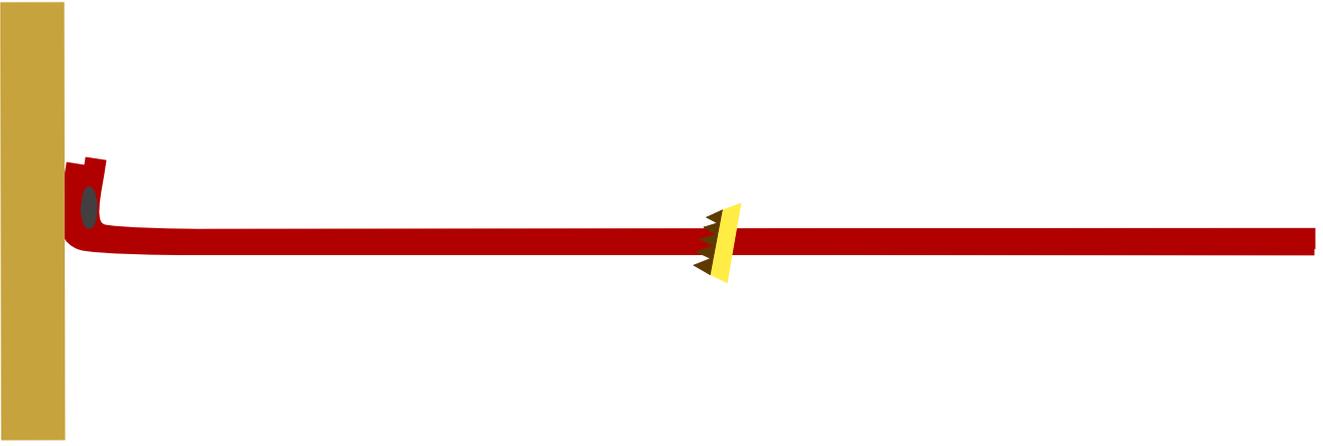
Mit welcher Schere brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 16:

Bei diesem Nageleisen habe ich die Pfoten in der Mitte vom Griff,  
bei diesem ganz weit vorne  
und bei diesem ganz am Ende.

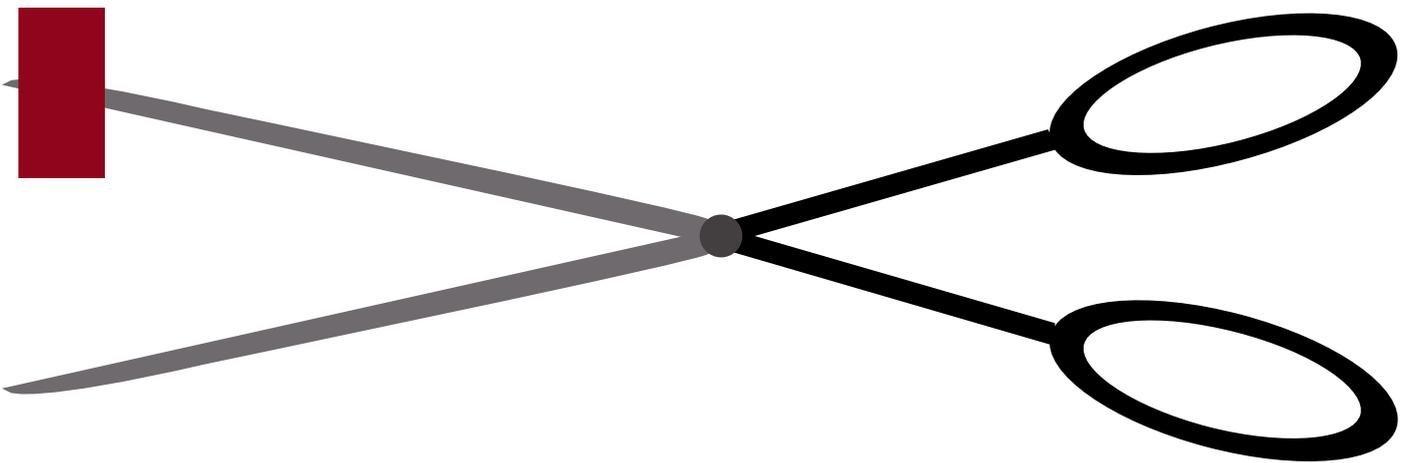
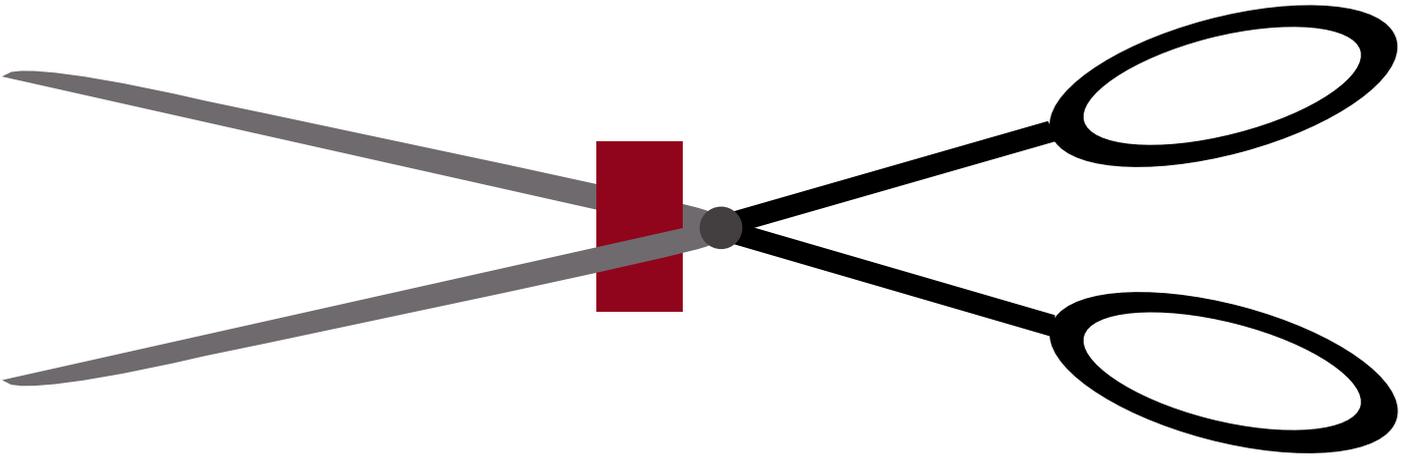
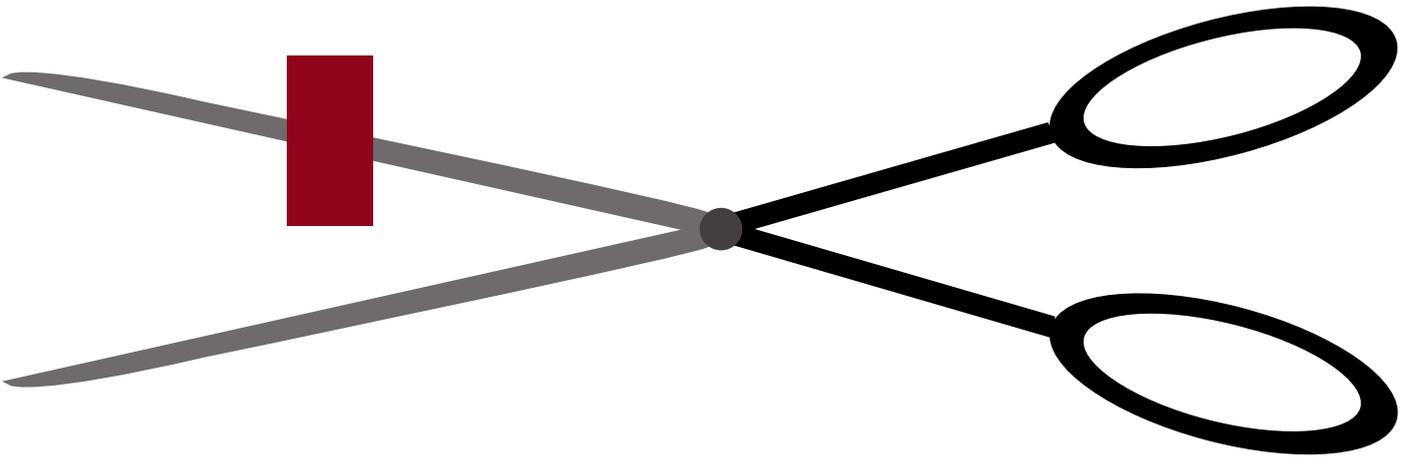
Mit welchem Nageleisen brauche ich am wenigsten Kraft?



Item 17:

Bei dieser Schere ist der Karton in der Mitte der Schneide,  
hier ganz nah beim Griff  
und hier ganz vorne an der Spitze.

Mit welcher Schere brauche ich am wenigsten Kraft?



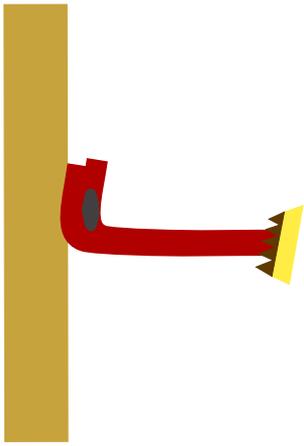
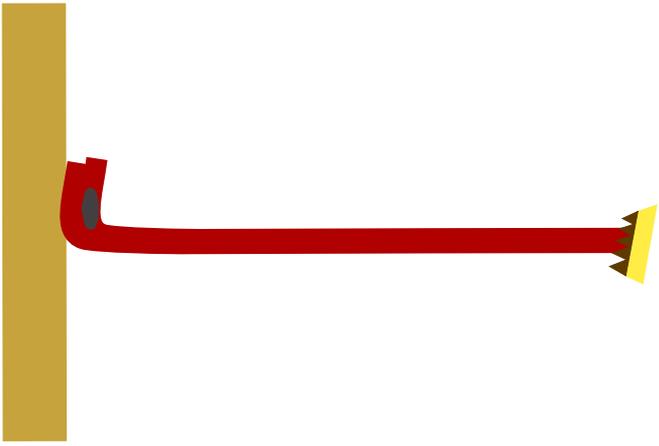
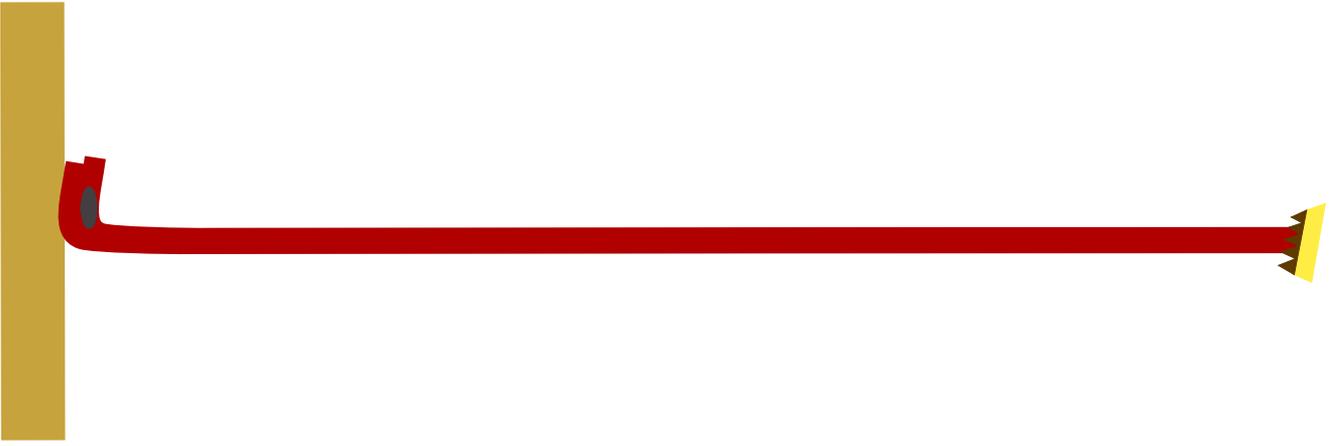
Item 18:

Dieses Nageleisen hat einen langen Griff,

dieses einen mittellangen

und dieses einen kurzen.

Mit welcher Zange brauche ich am wenigsten Kraft?



### A.3 Protokollbogen Konzepttest

Code:	Erheber:	Datum:
-------	----------	--------

Lösung	Item-Nr.	Item-Typ	Antwort
R	1	Gewicht	
L	2	Abstand	
B	3	Balance	
B	4	Balance	
R	5	Abstand	
L	6	Abstand	
R	7	Abstand	
L	8	Gewicht	
R	9	Gewicht	
B	10	Balance	
L	11	Gewicht	
B	12	Balance	

Lösung	Item-Nr.	Item-Typ	Antwort
1	1	Kneifzange_Kraftarm	
3	2	Schere_Lastarm	
2	3	Kneifzange_Kraftarm	
1	4	Nageleisen_Lastarm	
2	5	Schere_Kraftarm	
1	6	Kneifzange_Last	
3	7	Schere_Kraftarm	
2	8	Nageleisen_Lastarm	
3	9	Kneifzange_Kraftarm	
3	10	Nageleisen_Lastarm	
2	11	Kneifzange_Last	
1	12	Schere_Kraftarm	
3	13	Kneifzange_Last	
2	14	Nageleisen_Kraftarm	
1	15	Schere_Lastarm	
3	16	Nageleisen_Kraftarm	
2	17	Schere_Lastarm	
1	18	Nageleisen_Kraftarm	

## A.4 Fotos von den Modellen, die zur Erklärung der Abbildungen genutzt wurden

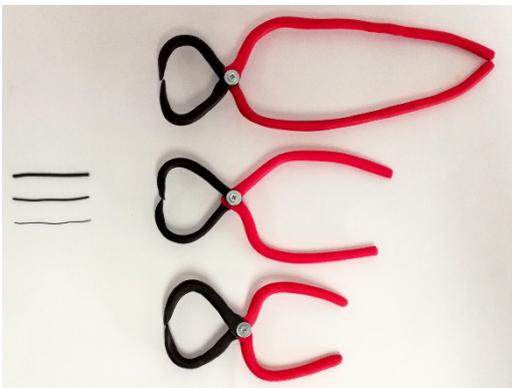
### A.4.1 Balkenwaage



### A.4.2 Scheren



### A.4.3 Kneifzangen



### A.4.4 Nageleisen



## B. Wortschatztest zu zweiseitigen Hebeln

### B.1 Wortschatztest zweiseitige Hebel (Testheft)

---

*Wortschatztest „zweiseitige Hebel“ - Nomen*

---

Wir wollen uns jetzt gemeinsam Bilder ansehen.

Bitte sag mir immer, was du auf dem Bild siehst.

N1: Was ist das?



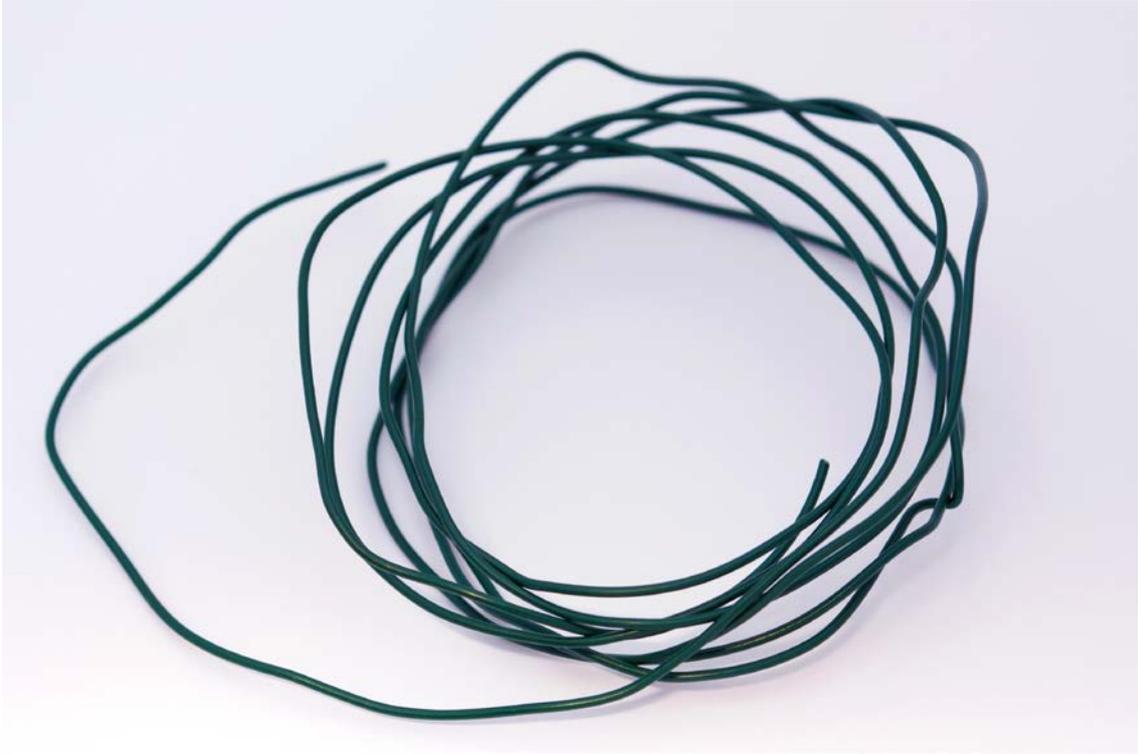
N2: Was ist das?



N3: Was ist das?



N4: Was ist das?



N5: Was ist das?



N6: Was ist das?



N7: Was ist das?



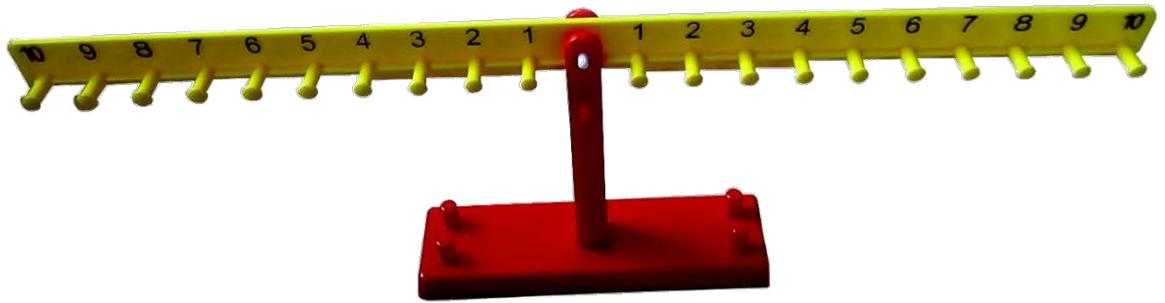
N8: Was ist das?



N9: Was ist das?



N10: Was ist das?



---

*Wortschatztest „zweiseitige Hebel“ - Adjektive*

---

Ich zeige dir jetzt noch mehr Bilder. Du siehst jetzt immer zwei Dinge auf den Bildern, bei denen etwas verschieden ist.

Das hier ist zum Beispiel größer und das ist kleiner.



A1: Wie sind die beiden?



A2: Wie sind die beiden?



A3: Wie sind die beiden?



---

*Wortschatztest „zweiseitige Hebel“ - Verben*

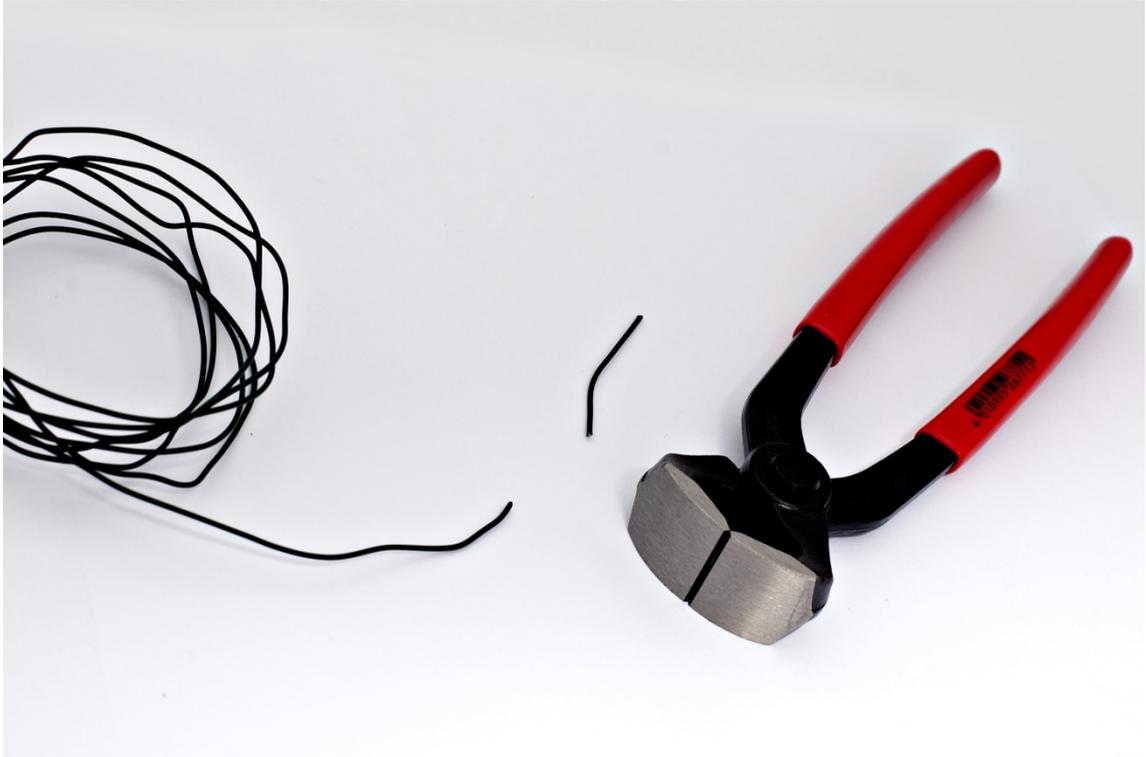
---

Bei den nächsten Bildern möchte ich von dir wissen, was hier passiert ist.

V1: Was ist hier passiert?



V2: Was ist hier passiert?



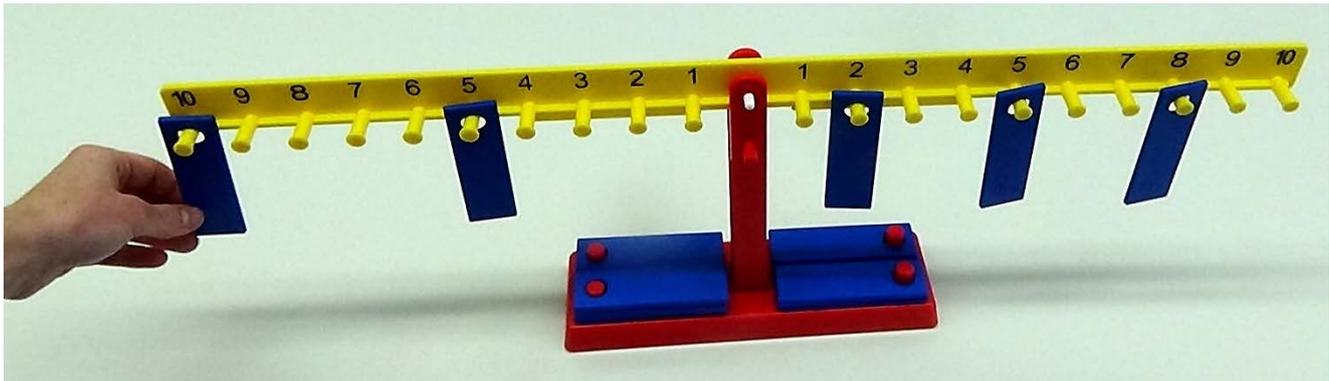
V3: Was ist hier passiert?



V4: Was ist hier passiert?



V5: Was ist hier passiert?



---

*Wortschatztest „zweiseitige Hebel“ - Präpositionalphrasen*

---

Bei den nächsten Bildern möchte ich von dir wissen, wo etwas ist.

P1: Wo ist der rote Karton?



P2: Wo sind die Hände?



## B.2 Protokollbogen Wortschatztest

Kindcode: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Erheber/in: \_\_\_\_\_

Item	Korrektes Wort	Ebenfalls richtig	Antworten, bei denen nachgefragt wird	Antwort
<b>Nomen: Was ist das?</b>				
N1	Schere			
N2	Schraube			
N3	Zange			
N4	Draht		Schnur, Seil o.ä.: Das ist aus Metall. Wie nennt man es dann?	
N5	Waage			
N6	Karton	Pappe		
N7	Griff		Schere und / oder Zange: Und wie heißt der Teil von der Schere / Zange?	
N8	Schneide	Klinge		
N9	Nageleisen			
N10	Gewicht(e)	Gewichtsplättchen	Waage: Und das hier (auf Gewichte zeigen)?	
<b>Adjektive: Wie sind die beiden?</b>				
A1	länger & kürzer	lang & kurz	<b>größer &amp; kleiner:</b> Kannst du das noch genauer sagen? <b>wird nur eines genannt:</b> Und das andere ist dann...?	
A2	dicker & dünner	dick & dünn		
A3	schwerer & leichter	schwer & leicht		
<b>Verben: Was ist hier passiert?</b>				
V1	geschnitten	ab-/durch-/auseinander-GESCHNITTEN	ab-/durch-/auseinander-GEMACHT:	Kannst du das noch genauer sagen? Wie würde es im Bilderbuch stehen?  rausnehmen / abmachen: Das wird dazu / drangemacht. Wie kann man das noch genauer sagen?
V2	abgetrennt	ab-/durch-/auseinander-GETRENNT		
V3	rausgezogen	rausgedrückt	rausgemacht	
V4	Gewicht in die Waagschale gelegt	drauf- / reingelegt oder -gestellt	rein- / dazugemacht	
V5	Gewicht an die Waage gehängt	dranhängt	drangemacht	
<b>Präpositionalphrasen: An welcher Stelle ist ...?</b>				
VP1	An der Spitze der Karton		<b>da</b>	Wie würde es im Bilderbuch stehen?  Kannst du das noch genauer sagen?  Was ist ganz vorne / ganz hinten?  Wo in der Schere / Schneide ist der Karton?  bzw.  Wo an der Zange / am Griff ist der Karton?
VP 2	Am Ende des Griffs		<b>vorne (in der Schere)/ hinten (an der Zange)</b>	
			<b>in der Schere / Schneide</b>	
			<b>bzw.</b>	
			<b>an der Zange / am Griff</b>	

## C. Förderskript

### C.1 Einführungsgeschichte für alle Gruppen

## TAG 1 – alle Gruppen

Ich habe euch jemanden mitgebracht. Sie heißt Amiciti und ist eine Forscher-Schnecke. Ihr könnt sie auch Ami nennen. Ami ist von weit her angereist, weil sie eure Hilfe braucht. Aber zuerst möchte sie wissen, wie ihr heißt. **Kinder Namen sagen lassen.** **Ami begrüßt jedes Kind**

**Schnecken-Puppe spricht:** So viele schöne Namen! Ich bin Ami vom Planet Mechanix. Wir Schnecken sind dort sehr angesehen, weil wir sehr gründliche Forscher und Forscherinnen sind.

Was sind denn Forscher und Forscherinnen? **Kinder antworten lassen**

**Antworten der Kinder zusammenfassen:** Wir wollen etwas herausfinden. Wir finden zum Beispiel heraus, wie die Dinge funktionieren. Ich weiß schon, wie man eine stabile Brücke aus Legosteinen baut.

Wovon weißt du schon wie es funktioniert? **Kinder antworten lassen**

**Immer nachfragen, ob das Kind schon verschiedene Gegenstände von der Art benutzt hat und ob es dabei Unterschiede gespürt hat.**

Ich bin noch eine sehr junge Schnecke und muss das Forschen noch üben. Ich habe gehört, dass ihr auch gerne forscht. Deswegen bin ich zu euch auf die Erde geflogen. **Bild zeigen.**

Ich würde gerne mit euch das Forschen üben! Denn einmal im Jahr gibt es auf Mechanix einen Forscher-Wettbewerb. Die beste Forscher-Schnecke ist dann ein Jahr lang der König oder die Königin

## TAG 1 – alle Gruppen

des Planeten. **Bild zeigen**. Wenn ich erwachsen bin, will ich auch mal Königin von Mechanix werden! Aber bis dahin muss ich noch ganz viel üben.

Bevor ich losgeflogen bin, hat mir der König von Mechanix eine Aufgabe geben. Er hat mir eine Kiste mit ganz vielen verschiedenen Dingen gegeben. **Bild zeigen**. Und wir sollen herausfinden, was diese Dinge gemeinsam haben!

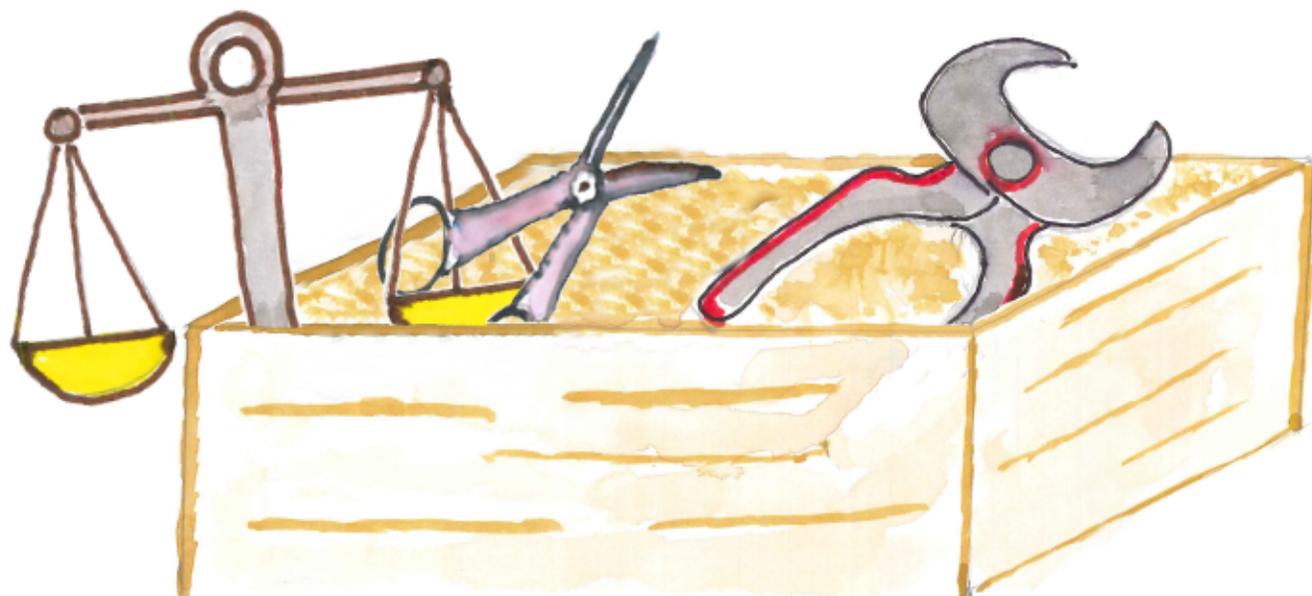
Ich bin schon ganz gespannt, was in der Kiste ist! Lasst uns mal nachschauen! **gemeinsam zur Kiste gehen und die Kiste öffnen. Die Aufmerksamkeit gilt den Gegenständen in der Kiste.**

So viele verschiedene Sachen! Was gehört hier wohl zusammen? **Gemeinsam Material auspacken, benennen („Was ist das?“ „Was kann man damit machen?“) und sortieren:**

- gleiche Werkzeuge zusammen
- herausfinden, welches Werkzeug zu welchem Material gehört; Im Deckel ist ein „Plan“ der Forscherwerkstatt versteckt. Dieser wird „gefunden“, wenn die Kinder nicht mehr weiter wissen (→ Lerngerüst) oder alles fertig sortiert ist (als Überprüfung, ob alles richtig ist)
- Beim Sortieren und Aufbauen auf Gefahren eingehen → **Gefahrenhinweise**; bildliche Darstellung der Gefahrenhinweise wird erst an Tag 2 eingeführt
- Aufbau laut Plan: (1) Waagen + Gewichte, (2) Scheren + Kartons, (3) Zangen + Drähte an Vorrichtung, (4) Nageleisen + Schrauben, Schraubenzieher, Holzplatte; Stationen 1 – 3 wenn möglich je auf einen Tisch; Station 4 auf den Boden







## C.2 Skript „kontext-reduziert“

## Gruppe 1, TAG 2

Hallo Kinder! Kennt ihr mich noch? Kinder antworten lassen. Wisst ihr noch, warum wir hier sind? Kinder antworten lassen. ggf. nachfragen: Wer von euch mag es denn nochmal erzählen?

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ggf. Infos ergänzen / zusammenfassen: Wir wollen gemeinsam forschen. Wir wollen herausfinden, was die Dinge in der Kiste gemeinsam haben. Dazu haben wir letztes Mal Stationen aufgebaut.

Ich habe den Plan mit den Fotos wieder mitgebracht. Lasst uns nochmal schauen, welche Stationen es gibt. Was ist denn das für eine Station? Kinder antworten lassen. Was kann man hier tun? Kinder antworten lassen.

z.B. Hier ist die Station mit den Scheren. Hier kann man Papier und Karton schneiden. → grundlegenden Wortschatz wiederholen. Stationen nacheinander durchgehen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Jetzt wissen wir, was für Stationen es gibt. Zum Forschen gehört außerdem, dass man sich genau überlegt, was man herausfinden möchte. Ich möchte sehen was passiert, wenn man auf die silberne Waage Gewichte legt. Und ich frage mich, ob bei der gelben Waage das Gleiche passiert, wenn man Gewichte dranhängt. Ich glaube, die Waagen werden immer schräg, wenn man Gewichte anbringt. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

## Gruppe 1, TAG 2

Ideen zusammenfassen / wiederholen, z.B.: xy und ich glauben, dass sie immer schräg stehen, sobald Gewichte dranhängen. Xy und xy glauben, dass sie auch manchmal gerade stehen, wenn Gewichte dranhängen.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. ggf. Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.

Jetzt seid ihr nacheinander dran. Das hier ist das „Ich-bin-dran-Gesicht“. Wer das Gesicht hat, erzählt, was er herausfinden mag. Wenn er / sie fertig ist, gibt er/sie das Gesicht an das nächste Kind weiter.

Kinder nacheinander fragen, an welcher Station sie arbeiten möchten und was sie dort tun möchten. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Prima, jetzt wissen wir alle, was wir heute an den Stationen herausfinden wollen ☺ Passt gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Wir wollen uns nachher erzählen, was uns aufgefallen ist! Ich bin schon ganz gespannt, was ihr herausfindet! Wenn diese Stoppuhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten! Ami sitzt bei den Waagen. Auf Nachfrage führt sie ihren Plan aus, ohne darüber zu sprechen (vgl. Hinweise für Experimentierphase): In silberne Waage rechts ein Gewicht legen und links zwei. Kinder schauen lassen Dann rechts ein weiteres Gewicht

## Gruppe 1, TAG 2

dazulegen. Kinder schauen lassen Dann an gelbe Waage ein Gewicht links an die 1 hängen und ein Gewicht rechts an die 10. Kinder schauen lassen Dann das Gewicht von der 10 nehmen und auf die 1 hängen. Kinder schauen lassen

Beim Piepsen der Uhr: Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan (zeigen). Ich bin soo gespannt, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen.

wenn ein Kind anfangen mag, ihm das Gesicht geben. Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Ansonsten selbst anfangen. Danach fragen, welches Kind weitermachen möchte. Das Gesicht an ein Kind geben, das weitermachen möchte. Falls sich danach kein Kind meldet, gezielt ein Kind fragen, an welcher Station es war und was es dort gemacht hat. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Ich habe heute die Waagen erforscht. Vorhin hatten wir überlegt, ob Waagen immer schräg stehen, wenn man Gewichte dranhängt. Und wisst ihr was? Manchmal standen die Waagen auch mit Gewichten gerade! Da war ich wirklich überrascht! Nächstes Mal will ich mir das noch genauer anschauen!

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 3

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wir besprechen wieder zuerst am Plan, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Ich fange mal an:

Ich habe letztes Mal gesehen, dass sich Waagen bewegen, wenn man Gewichte anbringt. Manchmal bleiben sie aber auch mit Gewichten gerade stehen. Heute erforsche ich die Waagen nochmal. Ich will herausfinden, wann sie gerade stehen bleiben und ob das bei allen Waagen gleich ist. Was glaubt ihr: Wann steht eine Waage gerade? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ideen der Kinder zusammenfassen, z.B.: xy glaubt, dass auf beiden Seiten das gleiche Gewicht sein muss. Dann steht die Waage gerade, weil beide Seiten gleich schwer sind.

Nachher erzähle ich euch, was ich über die Waagen herausgefunden habe. Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Jetzt möchte ich wissen, was ihr heute herausfinden wollt. Wer mag denn anfangen zu erzählen?

Einem Kind das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Kinder erzählen nacheinander ihre Pläne, Sie unterstützen sie dabei. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. ggf. Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.

## Gruppe 1, TAG 3

Toll, jetzt wissen wir, was wir heute herausfinden wollen 😊 Passt wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Wir wollen uns das nachher erzählen! Ich bin schon ganz gespannt, was wir herausfinden! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten! **Hinweise für Experimentierphase beachten.** Ami sitzt bei den Waagen. Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen: In silberne Waage rechts und links ein Gewicht legen. Kinder schauen lassen. Dann links ein weiteres Gewicht dazulegen. Kinder schauen lassen. Dann an gelbe Waage ein Gewicht links und rechts an die 1 hängen. Kinder schauen lassen. Dann das linke Gewicht von der 1 nehmen und auf die 10 hängen. Kinder schauen lassen. **Wenn Kinder fragen, was man da macht oder warum man das so macht, die Frage an sie zurückgeben, z.B.: „Schau genau hin, dann siehst du es“ oder „Was glaubst du?“ Ideen anerkennen, dieses Gespräch aber nicht weiterführen: „Jetzt ist die Zeit zum Experimentieren. Die Zeit zum Sprechen ist später, wenn wir uns wieder alle am Plan treffen.“**

**Beim Piepsen der Uhr:** Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan (**zeigen**).

Ich bin soo gespannt, was ihr gesehen und gespürt habt! Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen.

**Gesicht an entsprechende Person geben.** Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Amis **Reflektion:**

## Gruppe 1, TAG 3

Ich habe heute wieder die Waagen erforscht. Ich hatte die Frage: „Wann bleiben die Waagen gerade stehen bleiben, obwohl ich Gewichte angebracht habe?“ Bei der silbernen Waage ist es ganz einfach: Die silberne Waage steht immer dann ganz gerade, wenn ich auf beiden Seiten das gleiche Gewicht in die Waagschale gestellt habe. Bei der gelben Waage musste ich auch das gleiche Gewicht auf beide Seiten hängen. Ich musste es aber auch auf beiden Seiten an die gleiche Stelle hängen!

**Wenn jede/r erzählt hat:** Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 4

Hallo Kinder! Es ist wieder Forschertreff! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Hier ist der Plan mit den Stationen. Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wer mag denn anfangen?

Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Der Person, die Anfängt, das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen dabei. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal wollte ich wissen, wann Waagen gerade stehen. Was habe ich denn darüber herausgefunden? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen: Genau, eine Waage steht gerade, wenn man auf beiden Seiten das gleiche Gewicht an die gleiche Stelle hängt oder legt.

Heute möchte ich wissen, was bei verschiedenen Gewichten passiert. Ich weiß schon, dass die Waagen auf einer Seite nach unten gehen. Aber ich weiß noch nicht auf welcher Seite. Sie könnten auf der Seite mit mehr oder mit weniger Gewichten nach unten gehen. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen.

Ggf. Nachfragen: Warum glaubst du das? / Wie bist du darauf gekommen? Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ideen zusammenfassen, z.B.: xy und ich glauben, dass sie immer auf der Seite mit weniger Gewichten nach unten gehen. Xy und xy glauben, dass sie immer auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten gehen, weil diese Seite schwerer ist.

## Gruppe 1, TAG 4

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** ggf. **Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.**

Toll, jetzt wissen wir, was wir heute herausfinden wollen ☺ Ich wisst ja: wir erzählen uns nachher wieder, was wir gesehen und gespürt haben. Passt also gut auf! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Waagen. **Hinweise für Experimentierphase beachten.** Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen. Bei der silbernen Jede Waage links ein Gewicht und rechts zwei hineinlegen. Dann links zwei Gewichte hinzufügen. Bei der gelben Waage links ein Gewicht und rechts zwei Gewichte an die 5 hängen. Dann links noch zwei Gewichte an der 5 hinzufügen.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen.

**Gesicht an entsprechende Person geben. Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:**

Heute habe ich die Waagen mit unterschiedlich vielen Gewichten erforscht. Ich wollte wissen: „Geht die Waage auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten?“ Bei der silbernen Waage ist es ganz ein-

## Gruppe 1, TAG 4

fach: Die silberne Waage geht immer auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten, weil diese Seite schwerer ist. Bei der gelben Waage muss man auch auf die Zahl achten! Die Gewichte müssen auf beiden Seiten bei der gleichen Zahl hängen.

Falls die Kinder sagen, dass sie noch nicht alle Zahlen kennen: „Das macht nichts. Du kannst auch die Haken zählen. Wichtig ist, dass du immer in der Mitte anfängst zu zählen. Dann müssen die Gewichte auf beiden Seiten am gleichen Haken hängen.“

Aber was passiert wohl, wenn man Gewichte an unterschiedliche Haken hängt? Zum Beispiel ein Gewicht links an die 5 und eins rechts an die 10? Habt ihr schon eine Idee? Kinder antworten lassen.

Falls ein oder mehrere Kinder bejahen: „Was glaubst du?“ (Kinder nacheinander fragen, Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.) Vermutungen zusammenfassen. Ich bin gespannt, ob ihr Recht habt!

Das möchte ich nächstes Mal erforschen!

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 5

Herzlich willkommen zum Forschertreff! Es gibt noch so viel herauszufinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wer mag denn anfangen?

Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Der Person, die Anfängt, das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal wollte ich wissen, auf welcher Seite eine Waage nach unten geht. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen: Eine Waage geht immer auf der Seite nach unten, auf der mehr Gewichte sind. Aber nur, wenn die Gewichte auch auf beiden Seiten an der gleichen Zahl hängen.

Heute möchte ich wissen, was passiert, wenn man gleiche Gewichte an verschiedene Zahlen hängt. Das kann ich nur bei der gelben Waage erforschen. Ich weiß schon, dass die Waage auf einer Seite nach unten geht, wenn ich das gleiche Gewicht an verschiedene Zahlen hänge. Aber ich will noch herausfinden, auf welcher Seite sie dann nach unten geht. Wenn ich das Gewicht auf einer Seite ganz außen dranhänge und auf der anderen Seite ganz innen – welche Seite geht dann runter? Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ideen zusammenfassen, z.B.: xy und ich glauben, dass die Waage immer auf der Seite nach unten geht, auf der das Gewicht ganz außen

## Gruppe 1, TAG 5

hängt. Xy und xy glauben, dass sie immer auf der Seite nach unten geht, auf der das Gewicht ganz innen hängt.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! 😊 Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. ggf. Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen 😊 Passt wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wollen wir uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Waagen. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen. An gelbe Waage je ein Gewicht links an die 10 und rechts an die 1 hängen. Dann die Gewichte wieder abnehmen und neu anbringen: links an die 5 hängen und rechts an die 9 hängen.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen.

Gesicht an entsprechende Person geben. Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:

Gruppe 1, TAG 5

Heute wollte ich wissen: „Was passiert mit der Waage, wenn auf beiden Seiten das gleiche Gewicht hängt, aber an verschiedenen Stellen?“ Das kann man nur an der gelben Waage anschauen. Und wisst ihr was? Die Waage geht immer auf der Seite nach unten, bei der das Gewicht weiter außen hängt!

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 6

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wer mag denn heute anfangen?

Ami meldet sich auch. Kinder fragen, ob Ami anfangen soll. Der Person, die Anfängt, das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal habe ich an der gelben Waage das gleiche Gewicht an verschiedene Stellen gehängt. Ich wollte wissen, auf welcher Seite die Waage nach unten geht. Wisst ihr noch, was ich beobachtet habe? Kinder melden lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

zusammenfassen: Genau, eine Waage geht immer auf der Seite nach unten, auf der das Gewicht weiter außen hängt. Aber nur, wenn auf beiden Seiten das gleiche Gewicht hängt.

Jetzt weiß ich schon ganz viel über die Waagen. Heute möchte ich mir auch mal die Werkzeuge anschauen. Wir haben Zangen, Scheren und Nageleisen. Bei den Scheren haben wir unterschiedlich dicke Kartons. Ich will wissen, ob man bei einem dicken Karton genauso fest drücken muss wie bei einem dünnen. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Die meisten glauben, dass man bei einem dicken Karton fester drücken muss.

Wie ist das bei den Zangen und den Drähten? Bei den Zangen haben wir unterschiedlich dicke Drähte. Auch hier will ich wissen, ob man bei einem dicken Draht genauso fest drücken muss, wie bei

## Gruppe 1, TAG 6

einem dünnen. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Die meisten glauben, dass man bei einem dicken Draht fester drücken muss – Wie bei den Scheren mit dem Karton

Und bei den Nageleisen? Hier haben wir unterschiedlich dicke Schrauben. Muss man bei einer dicken Schraube genauso fest drücken wie bei einer dünnen? Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Die meisten glauben, dass man bei einer dicken Schraube fester drücken muss – wie bei den Kartons und Drähten. Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ ggf. Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wir wollen uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt je 10 Minuten bei einem Werkzeug. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage Amis Plan an der jeweiligen Station ausführen, ohne darüber zu sprechen:

Bei den Scheren mit mittlerer Schere Karton immer an der Spitze schneiden. Den dünnen Karton schneiden, dann den mittleren und ein angestrenktes Gesicht und Geräusch machen; dann den dicken Karton versuchen zu schneiden, wieder angestrenktes Gesicht und Geräusch machen, zeigen, dass der Karton nicht geschnitten ist.

Bei den Zangen mit mittlerer Zange zuerst den dünnen Draht durchtrennen, dann den mittleren und angestrenktes Gesicht und Geräusch machen; dann den dicken Draht versuchen zu durchtrennen,

## Gruppe 1, TAG 6

wieder angestrenktes Gesicht und Geräusch machen, zeigen, dass der Draht nicht geschnitten ist. Bei den Nageleisen mit mittlerem Nageleisen eine dünne Schraube herausziehen, dann eine mittlere und angestrenktes Gesicht und Geräusch machen; dann eine dicke Schraube versuchen herauszu ziehen, wieder angestrenktes Gesicht und Geräusch machen, zeigen, dass die Schraube noch im Holz steckt.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder melden lassen.

Gesicht an entsprechende Person geben. Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:

Heute habe ich die Werkzeuge erforscht. Ich wollte wissen, ob man bei dicken Kartons, Drähten und Schrauben fester drücken muss. Ich habe alle Kartons mit der mittleren Schere geschnitten. Alle Drähte habe ich mit der mittleren Zange durchtrennt. Und alle Schrauben habe ich mit dem mittleren Nageleisen herausgezogen. Und es war an jeder Station gleich: Bei den dicken Kartons, Drähten und Schrauben muss man fester drücken, als bei den dünnen!

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 7

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wer mag denn heute anfangen?

Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Der Person, die anfängt, das Gesicht geben. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal habe ich die Werkzeuge erforscht. Ich wollte wissen, ob man bei dicken Kartons, Drähten und Schrauben fester drücken muss. Ich habe die mittlere Schere, die mittlere Zange und das mittlere Nageleisen benutzt. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen: Bei dicken Kartons, Drähten und Schrauben muss man fester drücken als bei dünnen.

Bei den Scheren kann man den Karton aber auch mit verschiedenen Stellen der Schneide schneiden. Man kann ihn mit der Spitze der Schneide schneiden, oder in der Mitte von der Schneide oder ganz hinten, nah beim Griff. Ich frage mich, ob man bei allen Stellen gleich fest drücken muss. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

entsprechend Antworten der Kinder zusammenfassen, z.B.: xx und yy glauben, dass man an der Spitze der Schneide fester drücken muss. zz glaubt, dass es keinen Unterschied gibt. Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ ggf. Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.

## Gruppe 1, TAG 7

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt, damit ihr es nachher erzählen könnt. Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier am Plan. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Scheren. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen: Mit mittlerer Schere einen dicken Karton einmal mit der Spitze schneiden, einmal in der Mitte der Schneide und einmal nah beim Griff.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen. Gesicht an entsprechende Person geben. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Amis Reflektion:

Heute habe ich die Scheren erforscht. Ich wollte wissen, ob es einen Unterschied macht, wenn man den Karton mit verschiedenen Stellen der Schneide schneidet. Ich habe einen dicken Karton mit der mittleren Schere geschnitten. Ich habe einmal die Spitze der Schneide benutzt und einmal die Stelle nah beim Griff. Und ihr glaubt nicht, was ich rausgefunden habe! Man muss viiiiiieel fester drücken, wenn man mit der Spitze der Schneide schneidet! Da war ich ganz schön überrascht!

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 8

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so neugierig, was wir heute herausfinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wer mag denn heute anfangen?

Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Der Person, die Anfängt, das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal habe ich die Scheren erforscht. Ich wollte wissen, ob man an der Spitze der Schneide fester drücken muss. Ich habe mit der mittleren Schere einen dicken Karton geschnitten. Einmal an der Spitze der Schneide, einmal in der Mitte der Schneide und einmal nah beim Griff. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen.

zusammenfassen: Genau, an der Spitze muss man fester drücken, als nah beim Griff.

Jetzt frage ich mich, ob es auch einen Unterschied macht, wenn wir die Griffe an verschiedenen Stellen anfassen. Was denkt ihr? Kinder antworten lassen.

Je nach Antwort der Kinder:

- a) Genau, bei den Scheren können wir die Griffe nicht an verschiedenen Stellen anfassen, weil die Löcher immer an der gleichen Stelle sind. zum nächsten Absatz übergehen
- b) nachfragen: Wie schneidet man denn mit der Schere? ggf. vorgeben: bei den Scheren können

Gruppe 1, TAG 8

wir die Griffe nicht an verschiedenen Stellen anfassen, weil die Löcher immer an der gleichen Stelle sind. zum nächsten Absatz übergehen

Die Zangen und Nageleisen haben keine Grifflöcher. Und es gibt ein Nageleisen und eine Zange mit langen Griffen. Da kann ich den Griff ganz hinten am Ende anfassen oder in der Mitte vom Griff oder ganz weit vorne am Griff. Meint ihr das macht ein Unterschied, wenn ich einen Draht durchtrenne oder eine Schraube herausziehe? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

zusammenfassen, z.B.: Manche glauben, dass das genauso ist, wie beim Karton: Wenn der Karton ganz vorne am Ende der Schneide ist, muss man fester drücken. Deswegen glauben xy und xy, dass man fester drücken muss, wenn man den Griff ganz am Ende anfasst. ZZ glaubt aber, dass es genau umgekehrt ist. Wenn man den Griff ganz am Ende anfasst, braucht man am wenigsten Kraft (entsprechend Antworten der Kinder)

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wollen wir uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

## Gruppe 1, TAG 8

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr stellen. Ami sitzt ca. 15 Min. bei den Zangen und ca. 15. Min. bei den Nageleisen. **Hinweise für Experimentierphase beachten.** Auf Nachfrage Amis Plan an der jeweiligen Station ausführen, ohne darüber zu sprechen: Mit langer Zange einen dicken Draht schneiden: 1x mit den Händen weit vorne (angestregtes Gesicht und Geräusch machen und „scheitern“), einmal mit den Händen in der Mitte vom Griff (angestregtes Gesicht und Geräusch machen und Draht durchtrennen) und einmal mit den Händen ganz am Ende vom Griff (Draht ohne Anstrengung durchtrennen). Mit langem Nageleisen dicke Schrauben herausziehen: 1x mit den Händen weit vorne (angestregtes Gesicht und Geräusch machen und „scheitern“), einmal mit den Händen in der Mitte vom Griff (angestregtes Gesicht und Geräusch machen und Schraube rausziehen) und einmal mit den Händen ganz am Ende vom Griff (Schraube ohne Anstrengung rausziehen).

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? **Kinder antworten lassen.**

**Gesicht an entsprechende Person geben. Kinder bei der Weitergabe ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:**

Heute habe ich die Zangen und Nageleisen erforscht. Ich wollte wissen, ob es einen Unterschied macht, wenn man den Griff an verschiedenen Stellen anfasst. Ich habe mit der langen Zange einen Dicken Draht durchtrennt. Ich habe die Zange einmal ganz am Ende, einmal in der Mitte vom Griff und einmal ganz vorne am Griff angefasst. Ich habe gespürt, dass man viiiiiieel fester drücken muss, wenn

## Gruppe 1, TAG 8

man den Griff ganz weit vorne anfasst! Beim Nageleisen war es genauso. Also: Je länger der Griff ist und je weiter man ihn hinten am Ende anfasst, desto weniger Kraft braucht man.

**Wenn jede/r erzählt hat:** Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 9

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich glaube, wir können das Rätsel schon bald lösen. Wisst ihr noch, was das Rätsel war? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen: Wir sollen herausfinden, was die Waagen und Werkzeuge gemeinsam haben!

Was habt ihr denn schon alles herausgefunden? Kinder antworten lassen.

Ggf. nachfragen: Was glaubt ihr ist bei den Werkzeugen gleich? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

An passender Stelle Amis Erfahrungen vom letzten Forschertreff einflechten: Letztes Mal habe ich die Zangen und Nageleisen erforscht. Ich wollte wissen, ob man fester drücken muss, wenn der Griff kürzer ist. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen. Ggf. Hilfsfragen stellen: Wenn man den Griff bei der Zange ganz hinten am Ende anfasst – muss man dann fester oder weniger fest drücken? Kinder antworten lassen. Und wenn man den Griff ganz weit vorne anfasst? Kinder antworten lassen.

Und wie ist es bei der Zange mit dem ganz kurzen Griff? Kinder antworten lassen. Also ist der lange Griff, wenn wir ihn ganz vorne anfassen, wie ein kurzer Griff. Und bei den Nageleisen ist es genauso wie bei den Zangen.

zusammenfassen: Genau, bei einem kurzen Griff muss man fester drücken. Je länger der Griff – wenn wir ihn hinten anfassen -, desto weniger müssen wir uns anstrengen. Das ist bei den Zangen und den

## Gruppe 1, TAG 9

Nageleisen gleich. Vielleicht gilt bei den Scheren die gleiche Regel. Können wir das mit den Scheren in unserer Forscherwerkstatt ausprobieren? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen: Das können wir nicht ausprobieren, weil die Griffe der Scheren alle gleich lang sind und die Löcher zum Anfassen immer an der gleichen Stelle.

Die Löcher zum Anfassen sind aber bei den Scheren nicht direkt am Griff. Deswegen glaube ich, dass die Regel für alle Werkzeuge gilt: Wenn wir die Griffe weiter vorne anfassen, müssen wir fester drücken. Je weiter hinten wir die Griffe anfassen, desto weniger Kraft brauchen wir.

Ich möchte mir heute alle Werkzeuge – also die Zangen, Scheren und Nageleisen – nochmal genau anschauen. Vielleicht finde ich noch mehr Gemeinsamkeiten.

Was möchtet ihr heute herausfinden? Einem Kind, das sich meldet, das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen 😊 Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wollen wir uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr stellen. Ami sitzt je ca. 10 Min. bei den Scheren, den Zangen und den Nageleisen. Hinweise für Experimentierphase beachten. Ami schaut heute den Kindern aufmerksam zu und schaut sich auch die Werkzeuge aufmerksam an. Auf Nachfrage der Kinder sagt sie: Ich

## Gruppe 1, TAG 9

schaue mir alle Werkzeuge noch einmal genau an, weil ich wissen will, ob sie etwas gemeinsam haben. Wenn die Kinder weitere Fragen stellen oder Gespräche initiieren, wird Gespräch entsprechend der Hinweise für die Experimentierphase kurz gehalten.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Wer mag denn heute anfangen? Kinder antworten lassen.

Gesicht an entsprechende Person geben. Solange die Kinder Ami nicht vorher auffordern, zu reflektieren, erzählt Ami heute am Ende. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:

Heute habe ich mir die Scheren, Zangen und Nageleisen genau angeschaut. Ich habe sie miteinander verglichen. Ich wollte wissen, ob bei allen Werkzeugen etwas gleich ist. Und ich habe etwas gefunden. Es gibt drei Regeln, wann man bei den Werkzeugen weniger Kraft braucht:

- Man braucht bei allen Werkzeugen weniger Kraft, wenn vorne ein dünnerer Draht oder Karton oder eine dünnere Schraube drin ist.
- Man braucht bei allen Werkzeugen weniger Kraft, wenn der Griff lang ist und wenn man den Griff ganz weit hinten anfasst.
- Man braucht bei allen Werkzeugen weniger Kraft, wenn der Draht oder Karton oder die Schraube nah beim Griff ist. Das kann man hier aber nur bei den Scheren ausprobieren. Bei

## Gruppe 1, TAG 9

den Zangen und den Nageleisen sind die vorderen Teile viel kürzer als die Griffe, deswegen glaube ich, dass da die gleiche Regel gilt.

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, ob wir nächstes Mal das Rätsel ganz lösen können!  
Wenn Kinder sagen, dass wir es schon gelöst hätten: Wir wissen schon, was bei den Werkzeugen gleich ist, aber wir müssen noch etwas finden, das die Waagen mit den Werkzeugen gemeinsam haben. Das machen wir nächstes Mal. Für heute ist der Forschertreff zu Ende. Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 1, TAG 10

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich glaube, wir haben das Rätsel schon fast gelöst. Letztes Mal haben wir herausgefunden, was bei den Werkzeugen gleich ist. Was war da nochmal gleich? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**

**zusammenfassen:** Genau, bei einem kurzen Griff muss man fester drücken. Je länger der Griff – wenn wir ihn hinten anfassen -, desto weniger Kraft brauchen wir. Bei dünnen Drähten, Schrauben und Kartons brauchen wir auch weniger Kraft. Und wenn der Draht oder Karton oder die Schraube nah am Griff ist, brauchen wir auch weniger Kraft.

Jetzt frage ich mich, ob diese Regeln auch zu den Waagen passen? Wenn wir das herausfinden, haben wir die Aufgabe ganz gelöst. Deswegen probiere ich heute die Regeln von den Werkzeugen an den Waagen aus. Ich bin gespannt, ob das klappt. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Meinungen der Kinder zusammenfassen, z.B. Die Waage ist ganz anders als die Werkzeuge, das passt nicht zusammen. **Amis Meinung:**

Ich bin auch noch nicht sicher, ob die Regeln auch für die Waagen gelten. Aber vielleicht ist das so ähnlich wie bei einer Wippe, wenn wir Kinder mit Erwachsenen wippen wollen. Warum geht das denn nicht einfach so? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** **Hilfsfragen:** Wie sind denn Erwachsene? Kinder antworten lassen. **Und wie sind Kinder?** Kinder antworten lassen. **Zusammenfassen:** Genau, Erwachsene sind schwerer als Kinder.

## Gruppe 1, TAG 10

Trotzdem können sie manchmal zusammen wippen. Das geht aber nur, wenn nicht beide ganz am Ende der Wippe sitzen. Einer muss weiter innen sitzen. Was glaubt ihr, muss der schwere Erwachsene nach innen rücken oder das leichte Kind? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Meinungen der Kinder zusammenfassen.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist und ob das zu den Regeln der Werkzeuge passt! ☺  
Jetzt möchte ich wissen, was ihr heute herausfinden wollt. Wer mag anfangen?

Einem Kind, das sich meldet, das „Ich-bin-dran-Gesicht“ geben. Alle planen nacheinander mit Ihrer Unterstützung. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wir wollen uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Waagen. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage der Kinder hängt Ami ein Gewicht auf die linke Seite an die 1 und zwei Gewichte auf die rechte Seite an die 1. Dann nimmt sie das einzelne Gewicht links von der 1 weg und hängt es an die 10. Wenn die Kinder sich wundern, und interagieren wollen: Findet ihr das spannend? Wollt ihr auch mal probieren?

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zum Plan. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

## Gruppe 1, TAG 10

Wer mag denn heute anfangen? Kinder antworten lassen.

Gesicht an entsprechende Person geben. Solange die Kinder Ami nicht vorher auffordern, zu reflektieren, erzählt Ami heute am Ende. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflexion:

Heute habe ich mir die Waagen nochmal genau angeschaut. Ich habe die Regeln von den Werkzeugen auch an den Waagen ausprobiert. Das war gar nicht so einfach, weil eine Waage auf beiden Seiten gleich ist. Deswegen habe ich mir vorgestellt, dass die Waage eine Wippe ist, auf der ein schwerer Erwachsener mit einem leichten Kind wippen will. Für den schweren Erwachsenen habe ich zwei Gewichte an die rechte Seite der gelben Waage gehängt, für das leichte Kind ein Gewicht auf die linke Seite. Habt ihr schon eine Idee, was ich herausgefunden habe? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen / auflösen:

Damit das Wippen gut klappt, muss das einzelne Gewicht, also das Kind, weiter außen sein. Die zwei Gewichte oder der Erwachsene auf der anderen Seite muss weiter innen sein. Nur dann kommt eure Seite der Wippe wieder nach unten. Und diese Regel passt zu den Werkzeugen! Die Seite mit dem Erwachsenen ist wie die Schneide am Werkzeug. Welche Regel hatten wir bei der Schneide der Schere gefunden? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Zusammenfassen: Wir brauchen am wenigsten Kraft, wenn wir ganz nah am Griff schneiden.

## Gruppe 1, TAG 10

Deswegen muss der Erwachsene auf seiner Seite ganz weit nach innen rücken. Eure Seite ist wie der Griff beim Werkzeug. Und welche Regel gilt für die Griffe? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen: Genau, wenn der Griff lang ist und wir ihn am Ende anfassen, brauchen wir weniger Kraft. Bei der Wippe müsst ihr deswegen ganz am Ende sitzen. Damit sich die Wippe wieder nach unten bewegt, obwohl ihr leicht seid.

Wenn jede/r erzählt hat: Wisst ihr was?! Wir haben die Aufgabe gelöst, die uns der König von Mechanik gegeben hat! Wir haben die Regeln gefunden, die für die Waagen und die Werkzeuge gelten! Ich fliege später zurück zu Mechanix und erzähle das dem König. Ich bin schon ganz aufgeregt. Was wird er dazu sagen?! Wenn wir uns das nächste Mal treffen, erzähle ich euch davon.

## TAG 11, Gruppe 1 und 2

Hallo Kinder! Wisst ihr noch, was letztes Mal passiert ist? Kinder antworten lassen.

zusammenfassen: Genau, wir haben die Aufgabe gelöst! Wir haben herausgefunden, was die Werkzeuge und die Waagen gemeinsam haben!

Ich bin dann in meinem Raumschiff zurück nach Hause geflogen. Bild zeigen. Dort habe ich dem König von Mechanix erzählt, dass wir seine Aufgabe gelöst haben. Bild zeigen. Er will, dass wir ihm die Gemeinsamkeiten sagen. Ich habe in meinem Schneckenhaus ein besonderes Telefon, mit dem er uns hören kann. Ich schalte es jetzt ein und wähle seine Nummer.

auf den Panzer drücken und als König melden: „Hallo, hier ist der König von Mechanix, mit wem spreche ich?“

Ami: Hallo, hier ist Ami und die Erdenkinder. Wir wollen dir erzählen, welche Gemeinsamkeiten wir bei den Werkzeugen und den Waagen gefunden haben! Was ist bei allen Werkzeugen gleich? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ggf. als Hilfsfrage: Wann brauchen wir am wenigsten Kraft?

Wenn nötig weiterfragen: Was ist bei allen Griffen gleich? Was ist bei den Schneiden gleich? Was ist bei den Kartons, Schrauben und Drähten gleich?

zusammenfassen:

Bei den Werkzeugen brauchen wir weniger Kraft, wenn...

... der Karton oder die Schraube oder der Draht nah am Griff sind

... der Griff lang ist und wir ihn am Ende anfassen

... die Schraube oder der Draht oder der Karton dünn ist.

## TAG 11, Gruppe 1 und 2

Was bedeutet das bei den Waagen? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Ggf. als Hilfsfrage: Wann steht eine Waage gerade? Und wann steht eine Waage schräg? Welche Seite ist dann unten?

Zusammenfassen:

Bei den Waagen bedeutet das, dass  
...die Waage auf der Seite nach unten geht, bei der...  
... das größere Gewicht ist  
... das Gewicht weiter außen ist

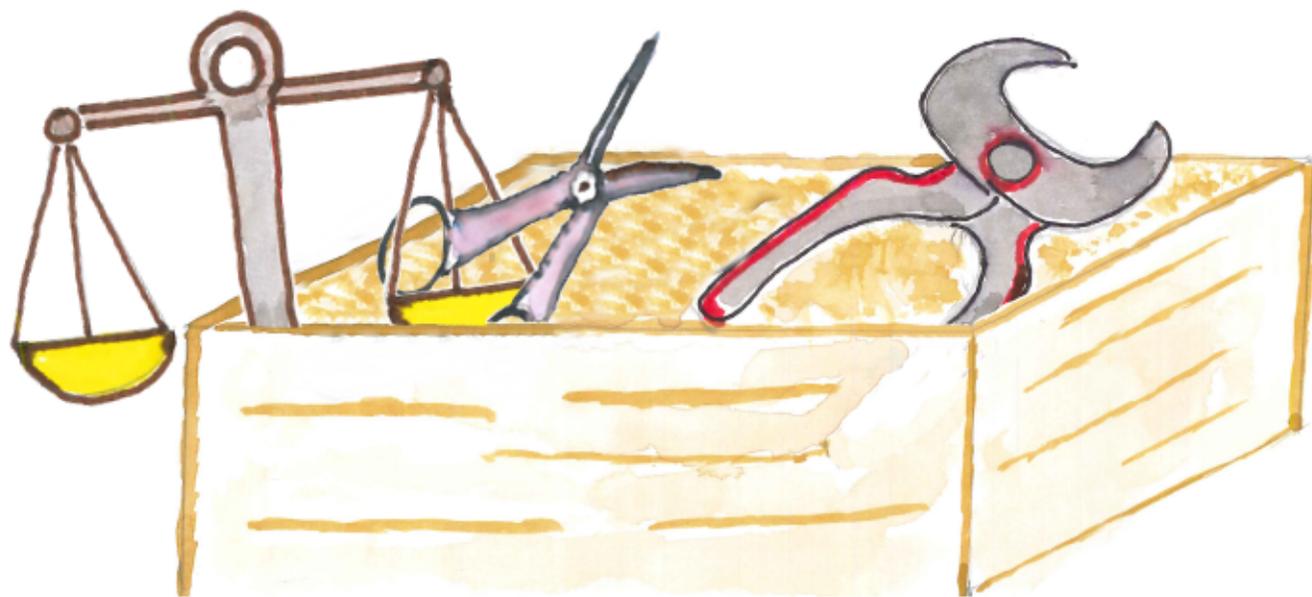
Die Waage steht gerade, wenn das Gewicht auf beiden Seiten gleich groß und an der gleichen Stelle ist.

**König:** Ihr habt sehr fleißig geforscht und meine Aufgabe gelöst! Ich bin sehr stolz auf euch alle. Ich habe Ami für jeden von euch eine Urkunde mitgegeben. Ami, überreich sie den Kindern bitte. Du bekommst von mir auch eine Urkunde, wenn du wieder zurück auf Mechanix bist.

**Ami überreicht jedem Kind die Urkunde und sagt:** „Danke, dass du mit mir das Forschen geübt hast.“

Jetzt fliege ich wieder nach Hause und melde mich für den nächsten Forscherwettbewerb an. Vielleicht werde ich dank eurer Hilfe nächstes Jahr Königin von Mechanix **Bild zeigen.** Tschüüüs!







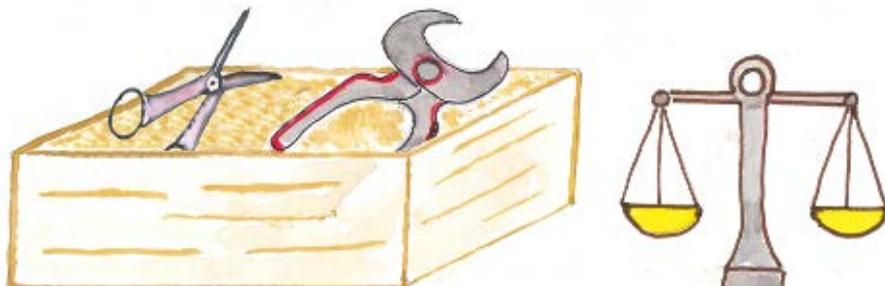
# Forscher - Urkunde



Die Forscher-Schnecken vom Planeten Mechanix  
überreichen

---

diese Urkunde für das eifrige Erforschen  
des Werkzeug-Rätsels.



### C.3 Skript „kontextualisiert“

## Gruppe 2, TAG 2

Hallo Kinder! Kennt ihr mich noch? Kinder antworten lassen Wisst ihr noch, warum wir hier sind? Kinder antworten lassen.

ggf. nachfragen: Wer von euch mag es denn nochmal erzählen? Die Bilder von der Geschichte griffbereit haben und zeigen, wenn sie zum Gespräch passen. Wenn die Kinder nicht mehr weiter wissen, können die Bilder auch als Lerngerüst genutzt werden. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen: Wir wollen gemeinsam forschen. Wir wollen herausfinden, was die Dinge in der Kiste gemeinsam haben. Dazu haben wir letztes Mal Stationen aufgebaut.

Heute üben wir, richtige Forscher und Forscherinnen zu sein. Deswegen wollen wir uns zuerst überlegen, was wir erforschen wollen. Dafür machen wir einen Rundgang durch unsere Werkstatt: Wir gehen zu jeder Station und überlegen wie sie heißt. Ich frage dann, ob jemand von euch an dieser Station forschen möchte und was er oder sie dort tun möchte. Wenn wir alle Stationen besprochen haben, dürft ihr an den Stationen forschen, bis diese Uhr piepst.

Jetzt beginnen wir unseren Rundgang, kommt mit! Zu den Waagen gehen Was ist denn das für eine Station? Kinder antworten lassen Was kann man hier tun? Kinder antworten lassen Wer möchte heute an dieser Station forschen? Kinder, die sich melden, drannehmen und fragen, was sie herausfinden wollen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. An den Waagen meldet sich auch Ami und darf anfangen:

Ich möchte mir heute die Waagen (draufzeigen) und Gewichte (draufzeigen) genauer anschauen. Ich

## Gruppe 2, TAG 2

möchte sehen, was passiert, wenn man Gewichte in die silberne Waage legt (andeuten, dass man zwei Gewichte reinlegt). Und ich frage mich, ob bei der gelben Waage das Gleiche passiert, wenn man Gewichte dranhängt (andeuten, dass man zwei Gewichte an die Waage hängt). Ich glaube, die Waagen werden immer schräg, wenn man Gewichte anbringt (auf jede Waage einseitig drücken, damit sie schräg wird). Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen

Ideen zusammenfassen, z.B.: xy und ich glauben, dass sie immer schräg stehen, wenn Gewichte dranhängen. xy und xy glauben, dass sie auch manchmal gerade stehen, wenn Gewichte dranhängen.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! 😊 Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ggf. (weitere) Kinder nacheinander drannehmen, und fragen, was sie an dieser Station tun möchten. Dann zur nächsten Station (Scheren) gehen, dann zu den Zangen, dann zu den Nageleisen, bis alle geplant haben.

Prima, jetzt wissen wir alle, was wir heute an den Stationen herausfinden wollen 😊 Passt gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Wir wollen uns nachher erzählen, was uns aufgefallen ist! Ich bin schon ganz gespannt, was ihr herausfindet! Wenn diese Stoppuhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

## Gruppe 2, TAG 2

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten! Hinweise für Experimentierphase beachten. Ami sitzt bei den Waagen. Auf Nachfrage führt sie ihren Plan aus, ohne darüber zu sprechen: In silberne Waage rechts ein Gewicht legen und links zwei. Kinder schauen lassen Dann rechts ein weiteres Gewicht dazulegen. Kinder schauen lassen Dann an gelbe Waage ein Gewicht links an die 1 hängen und ein Gewicht rechts an die 10. Kinder schauen lassen Dann das Gewicht von der 10 nehmen und auf die 1 hängen. Kinder schauen lassen

Beim Piepsen der Uhr: Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin soo gespannt, was ihr gesehen und gespürt habt! Wir machen wieder einen Rundgang. Wer etwas an der Station herausgefunden hat, meldet sich. Zu den Waagen gehen. Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen darf. Kinder antworten lassen

Falls Kinder vor Ami erzählen: erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflexion:

Ich habe heute die Waagen erforscht. Vorhin hatten wir überlegt, ob Waagen immer schräg stehen, wenn man Gewichte dranhängt (ein Gewicht an die linke 10 hängen). Und wisst ihr was? Manchmal standen die Waagen auch mit Gewichten gerade! (ein weiteres Gewicht an die rechte 10 hängen) Da war ich wirklich überrascht! Nächstes Mal will ich mir das noch genauer anschauen!

Wenn zu den Waagen keine/r mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Scheren) wechseln, anschließend zu den Zangen und zuletzt zu den Nageleisen.

Gruppe 2, TAG 2

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 3

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wir machen wieder zuerst einen Rundgang und besprechen, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen.

**Gemeinsam zu den Waagen gehen.** Wer möchte an dieser Station forschen? **Ami fängt an:**

Ich habe letztes Mal gesehen, dass sich Waagen (**darauf zeigen**) bewegen, wenn man Gewichte (**zeigen**) darauf legt oder dranhängt (**an jede Waage 1 Gewicht auf der linken Seite anbringen, bei gelber Waage an die 1 hängen**). Manchmal bleiben sie aber auch mit Gewichten gerade stehen (**bei beiden Waagen ein Gewicht auf der rechten Seite anbringen. Bei gelber Waage ebenfalls auf die 1**). Heute erforsche ich weiter die Waagen. Ich will herausfinden, wann sie gerade stehen bleiben und ob das bei allen Waagen gleich ist. Was glaubt ihr: Wann steht eine Waage gerade? **Kinder antworten lassen.**

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Ideen der Kinder zusammenfassen, z.B.: **xy glaubt, dass auf beiden Seiten das gleiche Gewicht sein muss. Dann steht die Waage gerade, weil beide Seiten gleich schwer sind.**

Nachher erzähle ich euch, was ich über die Waagen herausgefunden habe. Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? **Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**

## Gruppe 2, TAG 3

Jetzt möchte ich wissen, was ihr heute herausfinden wollt. Möchte noch jemand die Waagen erforschen? Kinder antworten lassen.

Kind drannehmen bzw. wenn sich keiner meldet, zur nächsten Station (Scheren, dann Zangen, dann Nageleisen) gehen, bis alle geplant haben. Kinder erzählen nacheinander ihre Pläne, Sie unterstützen sie dabei. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Toll, jetzt wissen wir, was wir heute herausfinden wollen ☺ Passt wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Wir wollen uns das nachher wieder erzählen! Ich bin schon ganz gespannt, was wir herausfinden! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten! Hinweise für Experimentierphase beachten. Ami sitzt bei den Waagen. Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen: In silberne Waage rechts und links ein Gewicht legen. Kinder schauen lassen. Dann links ein weiteres Gewicht dazulegen. Kinder schauen lassen. Dann an gelbe Waage ein Gewicht links und rechts an die 1 hängen. Kinder schauen lassen. Dann das linke Gewicht von der 1 nehmen und auf die 10 hängen. Kinder schauen lassen. Wenn Kinder fragen, was man da macht oder warum man das so macht, die Frage an sie zurückgeben, z.B.: „Schau genau hin, dann siehst du es“ oder „Was glaubst du?“ Ideen anerkennen, dieses Gespräch aber nicht weiterführen: „Jetzt ist die Zeit zum Experimentieren. Die Zeit zum Sprechen ist später, wenn wir uns wieder alle am Plan treffen.“

## Gruppe 2, TAG 3

**Beim Piepsen der Uhr:** Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir.

Ich bin soo gespannt, was ihr gesehen und gespürt habt! Wir machen wieder unseren Rundgang. **Zu den Waagen gehen. Ami meldet sich auch.** Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen

Kinder ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:

Ich habe heute wieder die Waagen erforscht. Ich hatte die Frage: „Wann bleiben die Waagen gerade stehen bleiben, obwohl ich Gewichte darauf gestellt habe?“ Bei der silbernen Waage (**zeigen**) ist es ganz einfach: Die silberne Waage steht immer dann ganz gerade, wenn ich auf beiden Seiten das gleiche Gewicht in die Waagschale gestellt habe (**in jede Waagschale ein Gewicht legen**). Bei der gelben Waage (**zeigen**) musste ich auch das gleiche Gewicht auf beide Seiten hängen (**in jede Hand ein Gewicht nehmen**). Ich musste es aber auch auf beiden Seiten an die gleiche Stelle hängen (**die Gewichte links und rechts an die 1 hängen**)!

Wenn zu den Waagen keine/r mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Scheren) wechseln, anschließend zu den Zangen und zuletzt zu den Nageleisen.

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 4

Hallo Kinder! Es ist wieder Forschertreff! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wir machen dafür wieder einen Rundgang. Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden!

**Gemeinsam zu den Waagen gehen.** Wer möchte an dieser Station forschen?

Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen dabei. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal wollte ich wissen, wann Waagen (auf beide Waagen zeigen) gerade stehen. Wisst ihr noch, was ich beobachtet habe? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen: Genau, eine Waage steht gerade, wenn man auf beiden Seiten das gleiche Gewicht an die gleiche Stelle hängt oder legt (bei der gelben Waage auf jeder Seite ein Gewicht an die 1 hängen, bei der silbernen Waage auf beide Seiten jeweils ein Gewicht legen).

Heute möchte ich wissen, was bei verschiedenen Gewichten (in linke Hand drei Gewichte nehmen, in rechte nur eins, Gewichte in der Hand behalten) passiert. Ich weiß schon, dass die Waagen auf einer Seite nach unten gehen. Aber ich weiß noch nicht auf welcher Seite. Sie könnten auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten gehen (linke Hand nach unten bewegen) oder auf der Seite mit we-

## Gruppe 2, TAG 4

niger Gewichten (rechte Hand nach unten bewegen, Gewicht in der Hand behalten). Was glaubt ihr?  
Kinder antworten lassen.

Ggf. Nachfragen: Warum glaubst du das? / Wie bist du darauf gekommen? Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ideen zusammenfassen, z.B.: xy und ich glauben, dass sie immer auf der Seite mit weniger Gewichten nach unten gehen (rechte Hand nach unten bewegen). Xy und xy glauben, dass sie immer auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten gehen (linke Hand nach unten bewegen), weil diese Seite schwerer ist.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Möchte noch jemand die Waagen erforschen? Kind drannehmen bzw. wenn sich keiner meldet, zur nächsten Station (Scheren, dann Zangen, dann Nageleisen) gehen, bis alle geplant haben.

Toll, jetzt wissen wir, was wir heute herausfinden wollen ☺ Ich wisst ja: wir erzählen uns nachher wieder, was wir gesehen und gespürt haben. Passt also gut auf! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Waagen. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen. Bei der silbernen Jede Waage links ein Gewicht und rechts zwei hineinlegen. Dann links zwei Gewichte hinzufügen.

## Gruppe 2, TAG 4

Bei der gelben Waage links ein Gewicht und rechts zwei Gewichte an die 5 hängen. Dann links noch zwei Gewichte an der 5 hinzufügen.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Soll ich zuerst erzählen, oder mag jemand von euch anfangen? Kinder antworten lassen.

Kinder ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:

Heute habe ich die Waagen mit unterschiedlich vielen Gewichten (in linke Hand drei Gewichte nehmen, in rechte nur eins) erforscht. Ich wollte wissen: „Geht die Waage auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten (linke Hand nach unten bewegen)?“ Bei der silbernen Waage ist es ganz einfach: Die silberne Waage geht immer auf der Seite mit mehr Gewichten nach unten (links drei Gewichte und rechts eins hineinlegen). Bei der gelben Waage muss man auch auf die Zahl achten! Die Gewichte müssen auf beiden Seiten bei der gleichen Zahl hängen (links drei Gewichte und rechts ein Gewicht an die 5 hängen).

Falls die Kinder sagen, dass sie noch nicht alle Zahlen kennen: „Das macht nichts. Du kannst auch die Haken zählen. Wichtig ist, dass du immer in der Mitte anfängst zu zählen. Dann müssen die Gewichte auf beiden Seiten am gleichen Haken hängen.“ Auf beiden Seiten aus der Mitte bis zum fünften Haken zählen.

## Gruppe 2, TAG 4

Aber was passiert wohl, wenn man Gewichte an unterschiedliche Haken hängt? Zum Beispiel ein Gewicht links an die 5 und eins rechts an die 10? (jeweils das Gewicht vor den entsprechenden Haken halten) Habt ihr schon eine Idee? Kinder antworten lassen.

Falls ein oder mehrere Kinder bejahen: „Was glaubst du?“ (Kinder nacheinander fragen, Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.) Vermutungen zusammenfassen und mit Material demonstrieren. Ich bin gespannt, ob ihr Recht habt!

Das möchte ich nächstes Mal erforschen!

Wenn zu den Waagen keine/r mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Scheren) wechseln, anschließend zu den Zangen und zuletzt zu den Nageleisen.

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

Herzlich willkommen zum Forschertreff! Es gibt noch so viel herauszufinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wir starten unseren Rundgang wieder bei den Waagen.

**Gemeinsam zu den Waagen gehen.** Wer möchte an dieser Station forschen?

Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:

Letztes Mal wollte ich wissen, auf welcher Seite eine Waage (**draufzeigen**) nach unten geht. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** zusammenfassen: Eine Waage geht immer auf der Seite nach unten, auf der mehr Gewichte sind. Bei der silbernen Waage links ein Gewicht und rechts zwei hineinlegen. Aber nur, wenn die Gewichte auch auf beiden Seiten an der gleichen Zahl hängen. Bei der gelben Waage links ein Gewicht und rechts zwei Gewichte an die 5 hängen.

Heute möchte ich wissen, was passiert, wenn man gleiche Gewichte (**in jede Hand ein blaues Gewichtsplättchen nehmen**) an verschiedene Zahlen hängt. **Andeuten, dass bei der gelben Waage je ein Gewicht an die 1 auf der linken Seite und die 10 auf der rechten Seite gehängt wird.** Das kann ich nur bei der gelben Waage erforschen. Ich weiß schon, dass die Waage auf einer Seite nach unten geht (**gelbe Waage auf einer Seite nach unten drücken**), wenn ich das gleiche Gewicht an verschiedene Zahlen hänge. Aber ich will noch herausfinden, auf welcher Seite sie nach unten geht. Wenn ich das

Gruppe 2, TAG 5

Gewicht auf einer Seite ganz außen dranhänge (andeuten, dass bei der gelben Waage ein Gewicht an die 10 auf der rechten Seite gehängt wird) und auf der anderen Seite ganz innen (andeuten, dass bei der gelben Waage ein Gewicht an die 1 auf der linken Seite gehängt wird) – welche Seite geht dann runter? Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ideen zusammenfassen, z.B.: xy und ich glauben, dass die Waage immer auf der Seite nach unten geht, auf der das Gewicht ganz außen hängt. Andeuten, dass bei der gelben Waage je ein Gewicht an die 10 auf der rechten Seite und die 1 auf der linken Seite gehängt wird. Rechte Hand tiefer halten als linke. Xy und xy glauben, dass sie immer auf der Seite nach unten geht, auf der das Gewicht ganz innen hängt. Andeuten, dass bei der gelben Waage je ein Gewicht an die 1 auf der linken Seite und die 10 auf der rechten Seite gehängt wird. Linke Hand tiefer halten als rechte.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ Welche Sicherheitsregel muss ich denn beachten? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Möchte noch jemand die Waagen erforschen? Kind drannehmen bzw. wenn sich keiner meldet, zur nächsten Station (Scheren) gehen, bis alle geplant haben.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Passt wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wir wollen uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Waagen. **Hinweise für Experimentierphase beachten.** Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen. An gelbe Waage je ein Gewicht links an die 10 und rechts an die 1 hängen. Dann die Gewichte wieder abnehmen und neu anbringen: links an die 5 hängen und rechts an die 9 hängen.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt! Wir machen wieder unseren Rundgang und starten bei den Waagen. **Gemeinsam zu den Waagen gehen.** Wer hat heute an den Waagen geforscht?

Ami meldet sich auch. **Kinder ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Reflektion:**

Heute wollte ich wissen: „Was passiert mit der Waage, wenn auf beiden Seiten das gleiche Gewicht hängt (In jede Hand ein Gewicht nehmen), aber an verschiedenen Stellen?“ **Andeuten, dass bei der gelben Waage ein Gewicht an die 1 auf der linken Seite und die 10 auf der rechten Seite gehängt wird.** Das kann man nur an der gelben Waage anschauen. Und wisst ihr was? Die Waage geht immer auf der Seite nach unten, bei der das Gewicht weiter außen hängt! **Die Gewichte tatsächlich dranhängen und auf rechte Seite zeigen.**

**Wenn zu den Waagen keine/r mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Scheren) wechseln. usw.**

**Wenn jede/r erzählt hat:** Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 6

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wir machen wieder unseren Rundgang und besprechen wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. **Gemeinsam zu den Waagen gehen.** Wer möchte an dieser Station forschen?

**Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen dabei. Auch nach Sicherheitsregeln fragen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**  
Amis Plan:

Letztes Mal habe ich an der gelben Waage (**draufzeigen**) das gleiche Gewicht (**in jeder Hand ein blaues Gewichtsplättchen halten**) an verschiedene Stellen gehängt **Andeuten, dass bei der gelben Waage je ein Gewicht an die 1 auf der linken Seite und die 10 auf der rechten Seite gehängt wird.** Ich wollte wissen, auf welcher Seite die Waage nach unten geht. Was habe ich beobachtet? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**

**zusammenfassen: Eine Waage geht immer auf der Seite nach unten, auf der das Gewicht weiter außen hängt. Aber nur, wenn auf beiden Seiten das gleiche Gewicht hängt. Die Gewichte tatsächlich anbringen.** Kinder schauen lassen.

Jetzt weiß ich schon ganz viel über die Waagen (**draufzeigen**). Heute möchte ich mir auch mal die Werkzeuge anschauen. Wir haben Zangen, Scheren und Nageleisen (**auf jeweilige Station zeigen**). Bei den Scheren (**zur Station gehen**) haben wir unterschiedlich dicke Kartons (**an der Station einen dicken und einen dünnen Karton zeigen**). Ich will wissen, ob man bei einem dicken Karton genauso

## Gruppe 2, TAG 6

fest drücken muss wie bei einem dünnen. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Die meisten glauben, dass man bei einem dicken Karton fester drücken muss.

Wie ist das bei den Zangen und den Drähten? (zur Station gehen) Bei den Zangen haben wir unterschiedlich dicke Drähte (auf den dicken und den dünnen Draht zeigen). Auch hier will ich wissen, ob man bei einem dicken Draht genauso fest drücken muss, wie bei einem dünnen. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Die meisten glauben, dass man bei einem dicken Draht fester drücken muss – Wie bei den Scheren mit dem Karton

Und bei den Nageleisen? (zur Station gehen) Hier haben wir unterschiedlich dicke Schrauben (eine dicke und eine dünne Schraube zeigen). Muss man bei einer dicken Schraube genauso fest drücken wie bei einer dünnen? Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Die meisten glauben, dass man bei einer dicken Schraube fester drücken muss – wie bei den Kartons und Drähten.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! ☺ Möchte noch jemand die Scheren erforschen? Kind drannehmen bzw. wenn sich keiner meldet, zur nächsten Station gehen, bis alle geplant haben.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wir wollen uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

## Gruppe 2, TAG 6

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt je 10 Minuten bei einem Werkzeug. **Hinweise für Experimentierphase beachten.** Auf Nachfrage Amis Plan an der jeweiligen Station ausführen, ohne darüber zu sprechen:

Bei den Scheren mit mittlerer Schere Karton immer an der Spitze schneiden. Den dünnen Karton schneiden, dann den mittleren und ein angestrenktes Gesicht und Geräusch machen; dann den dicken Karton versuchen zu schneiden, wieder angestrenktes Gesicht und Geräusch machen, zeigen, dass der Karton nicht geschnitten ist.

Bei den Zangen mit mittlerer Zange zuerst den dünnen Draht schneiden, dann den mittleren und angestrenktes Gesicht und Geräusch machen; dann den dicken Draht versuchen zu schneiden, wieder angestrenktes Gesicht und Geräusch machen, zeigen, dass der Draht nicht geschnitten ist.

Bei den Nageleisen mit mittlerem Nageleisen eine dünne Schraube herausziehen, dann eine mittlere und angestrenktes Gesicht und Geräusch machen; dann eine dicke Schraube versuchen herauszu ziehen, wieder angestrenktes Gesicht und Geräusch machen, zeigen, dass die Schraube noch im Holz steckt.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt! Wir starten unseren Rundgang wieder bei den Waagen. Wer mag anfangen? Kinder melden lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Wenn alle Kinder, die möchten, zu den Waagen erzählt haben, zu den Scheren gehen.

## Gruppe 2, TAG 6

Ami meldet sich bei den Scheren auch. Fragen ob Ami anfangen darf. ggf. erinnern, dass Ami auch noch drankommen mag. Amis Reflektion:

Heute habe ich die Werkzeuge erforscht. Ich wollte wissen, ob man bei dicken Kartons, Drähten und Schrauben fester drücken muss (jeweils das genannte Material zeigen). Zu den Scheren gehen. Ich habe alle Kartons (verschieden dicke Kartons zeigen) mit der mittleren Schere (zeigen) geschnitten. Zu den Zangen gehen. Alle Drähte (auf verschieden dicke Drähte zeigen) habe ich mit der mittleren Zange (zeigen) durchtrennt. Zu den Nageleisen gehen. Und alle Schrauben (verschieden dicke Schrauben zeigen) habe ich mit dem mittleren Nageleisen (zeigen) herausgezogen. Und es war an jeder Station gleich: Bei den dicken Kartons, Drähten und Schrauben (jeweils das genannte Material zeigen) muss man fester drücken, als bei den dünnen (dünnen Karton, Draht und Schraube zeigen)!

Wenn alle, die möchten, zu den Scheren erzählt haben, zu den Zangen gehen usw.

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 7

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so gespannt, was wir heute über die Sachen herausfinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wir starten unseren Rundgang wieder bei den Waagen. **Zu den Waagen gehen.** Wer mag an dieser Station forschen? **Kinder, die sich melden, planen nacheinander mit Ihrer Unterstützung. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Wenn niemand mehr an den Waagen planen möchte, gehen alle gemeinsam zur nächsten Station (Scheren).

Wer möchte die Scheren erforschen?

**Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Alle, die die Scheren erforschen möchten, planen nacheinander mit Ihrer Unterstützung. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**  
Amis Plan:

Letztes Mal habe ich die Werkzeuge erforscht. **Auf Scheren, Zangen und Nageleisen zeigen.** Ich wollte wissen, ob man bei dicken Kartons (**zeigen**), Drähten (**zeigen**) und Schrauben (**zeigen**) fester drücken muss. Ich habe die mittlere Schere (**zeigen**), die mittlere Zange (**zeigen**) und das mittlere Nageleisen (**zeigen**) benutzt. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** zusammenfassen: Bei dicken Kartons (**zeigen**), Drähten (**zeigen**) und Schrauben (**zeigen**) muss man fester drücken als bei dünnen (**zeigen**).

Bei den Scheren (**Schere in die Hand nehmen**) kann man den Karton (**dicken Karton in die Hand nehmen**) aber auch mit verschiedenen Stellen der Schneide (**auf Schneide zeigen**) schneiden. Man kann ihn mit der Spitze der Schneide schneiden (**die Schere nur an der Spitze etwas öffnen und den Karton**

## Gruppe 2, TAG 7

hineinhalten), oder in der Mitte von der Schneide (die Schere bis zur Mitte der Schneide öffnen und den Karton hineinhalten) oder ganz hinten, nah beim Griff (die Schere ganz öffnen und den Karton hineinhalten). Ich frage mich, ob man bei allen Stellen gleich fest drücken muss. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

entsprechend Antworten der Kinder zusammenfassen, z.B.: xx und yy glauben, dass man an der Spitze der Schneide (die Schere nur an der Spitze etwas öffnen und den Karton hineinhalten) fester drücken muss. zz glaubt, dass es keinen Unterschied gibt. Ich bin gespannt, wie es wirklich ist!  
☺ ggf. Gesicht an ein Kind weitergeben, bis alle geplant haben.

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt, damit ihr es nachher erzählen könnt. Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten Ami. sitzt bei den Scheren. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage Amis Plan ausführen, ohne darüber zu sprechen: Mit mittlerer Schere einen dicken Karton einmal mit der Spitze schneiden, einmal in der Mitte der Schneide (dabei angestrigtes Gesicht und Geräusch machen) und einmal nah beim Griff (dabei angestrigtes Gesicht und Geräusch machen und zunächst „scheitern“. Dann nochmal versuchen und unter großer Anstrengung mit der Spitze einen kleinen Schnitt machen).

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

## Gruppe 2, TAG 7

Wir machen wieder unseren Rundgang. Wer hat heute etwas über die Waagen herausgefunden? Kinder antworten / melden lassen. **Mit Kindern, die sich an dieser Station melden, reflektieren. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Wenn an dieser Station niemand mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Scheren) gehen.

Wer hat heute etwas über die Scheren herausgefunden? **Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Amis Reflektion:**

Heute habe ich die Scheren (**zeigen**) erforscht. Ich wollte wissen, ob es einen Unterschied macht, wenn man den Karton (**auf Kartons zeigen**) mit verschiedenen Stellen der Schneide (**mittlere Schere nehmen und auf Schneide zeigen**) schneidet. Ich habe einen dicken Karton (**dicken Karton nehmen**) mit der mittleren Schere (**mittlere Schere in einer Hand halten, Karton in der anderen, beide halten, als wollte man gleich schneiden**) geschnitten. Ich habe einmal die Spitze der Schneide benutzt (**die Schere nur an der Spitze etwas öffnen und den Karton hineinhalten**), einmal die Mitte der Schneide (**die Schere bis zur Mitte der Schneide öffnen und den Karton hineinhalten**) und einmal die Stelle nah beim Griff (**die Schere ganz öffnen und den Karton hineinhalten**). Und ihr glaubt nicht, was ich rausgefunden habe! Man muss viiiiiieel fester drücken, wenn man mit der Spitze der Schneide schneidet! (**die Schere nur an der Spitze etwas öffnen und den Karton hineinhalten. Zudrücken und ein angestregtes Gesicht machen. Erst beim zweiten Versuch einen kleinen Schnitt hinterlassen**) Da war ich ganz schön überrascht!

**Wenn jede/r erzählt hat:** Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 8

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich bin schon so neugierig, was wir heute herausfinden! Wir besprechen wieder zuerst, wer an welcher Station forscht und was wir herausfinden wollen. Wir fangen wieder bei den Waagen an. Wer möchte die Waagen erforschen? **Zu den Waagen gehen.**

Wer mag an dieser Station forschen? Kinder antworten / melden lassen.

**Kinder, die sich melden, planen nacheinander mit Ihrer Unterstützung. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Wenn niemand mehr an den Waagen planen möchte, gehen alle gemeinsam zur nächsten Station (Scheren).**

Wer möchte die Scheren erforschen? Kinder antworten / melden lassen.

**Ami meldet sich, wenn sich kein anderes Kind mehr meldet. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Amis Plan:**

Letztes Mal habe ich die Scheren auch schon erforscht. Ich wollte wissen, ob man an der Spitze der Schneide **(auf Spitze der mittleren Schere zeigen)** fester drücken muss. Ich habe mit der mittleren Schere **(in die Hand nehmen)** einen dicken Karton geschnitten **(in die andere Hand nehmen)**. Einmal an der Spitze der Schneide **(die Schere nur an der Spitze etwas öffnen und den Karton hineinhalten)**, einmal in der Mitte der Schneide **(die Schere bis zur Mitte der Schneide öffnen und den Karton hineinhalten)** und einmal nah beim Griff **(die Schere ganz öffnen und den Karton hineinhalten)**. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen.

## Gruppe 2, TAG 8

zusammenfassen: Genau, an der Spitze (draufzeigen) muss man fester drücken, als nah beim Griff (draufzeigen).

Jetzt frage ich mich, ob es auch einen Unterschied macht, wenn wir die Griffe (auf Griff der Schere zeigen) an verschiedenen Stellen anfassen. Was denkt ihr? Kinder antworten lassen.

Je nach Antwort der Kinder:

- a) Genau, bei den Scheren können wir die Griffe nicht an verschiedenen Stellen anfassen, weil die Löcher immer an der gleichen Stelle sind. zum nächsten Absatz übergehen
- b) nachfragen: Wo kann man die Schere denn anfassen? ggf. irritieren: Man kann die Schere auch dort anfassen, wo keine Löcher sind! Notfalls vorgeben: Bei den Scheren können wir die Griffe nicht an verschiedenen Stellen anfassen, weil die Löcher immer an der gleichen Stelle sind. zum nächsten Absatz übergehen

Die Zangen (draufzeigen) und Nageleisen (draufzeigen) haben keine Grifflöcher. Es gibt eine Zange mit langen Griffen (draufzeigen). Ich kann die Griffe ganz hinten am Ende anfassen (vormachen) oder in der Mitte der Griffe (vormachen) oder ganz weit vorne an den Griffen (vormachen). Meint ihr das macht ein Unterschied, wenn ich einen Draht durchtrenne? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

*zusammenfassen, z.B.: Manche glauben, dass das genauso ist, wie beim Karton: Wenn der Karton ganz vorne am Ende der Schneide ist, muss man fester drücken. Deswegen glauben xy und xy, dass man fester drücken muss, wenn man den Griff ganz am Ende anfasst. ZZ glaubt aber, dass es genau umgekehrt ist. Wenn man den Griff ganz am Ende anfasst, braucht man am wenigsten*

## Gruppe 2, TAG 8

### *Kraft (entsprechend Antworten der Kinder)*

Es gibt auch ein Nageleisen mit einem langen Griff (**draufzeigen**). Auch beim Nageleisen kann ich den Griff ganz hinten am Ende anfassen (**vormachen**) oder in der Mitte vom Griff (**vormachen**) oder ganz weit vorne am Griff (**vormachen**). Meint ihr das macht ein Unterschied, wenn ich eine Schraube herausziehe? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. zusammenfassen, z.B.: Wir glauben, dass es beim Nageleisen genauso ist wie bei den Zangen**

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist! 😊

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen 😊 Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wollen wir uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr stellen. Ami sitzt ca. 15 Min. bei den Zangen und ca. 15. Min. bei den Nageleisen. **Hinweise für Experimentierphase beachten.** Auf Nachfrage Amis Plan an der jeweiligen Station ausführen, ohne darüber zu sprechen: Mit langer Zange einen dicken Draht schneiden: 1x mit den Händen weit vorne (angestrenktes Gesicht und Geräusch machen und „scheitern“), einmal mit den Händen in der Mitte vom Griff (angestrenktes Gesicht und Geräusch machen und Draht durchtrennen) und einmal mit den Händen ganz am Ende vom Griff (Draht ohne Anstrengung durchtrennen). Mit langem Nageleisen dicke Schrauben herausziehen: 1x mit den Händen weit vorne (angestrenktes Gesicht und Geräusch machen und „scheitern“), einmal mit den Händen in der Mitte vom Griff (angestrenktes Gesicht und Geräusch machen und Schraube rausziehen) und einmal mit den Händen ganz am Ende vom Griff (Schraube ohne Anstrengung rausziehen).

## Gruppe 2, TAG 8

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Wir starten unseren Rundgang wieder bei den Waagen. Wer hat heute etwas über die Waagen herausgefunden? Kinder antworten / melden lassen.

Mit Kindern, die sich an dieser Station melden, reflektieren. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Wenn an dieser Station niemand mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Scheren) gehen. Wer hat heute etwas über die Scheren herausgefunden? Mit Kindern, die sich an dieser Station melden, reflektieren. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Wenn an dieser Station niemand mehr erzählen möchte, zur nächsten Station (Zangen) gehen.

Wer hat heute etwas über die Zangen herausgefunden? Ami meldet sich auch. Fragen, ob Ami anfangen soll. Amis Reflektion:

Heute habe ich die (draufzeigen) und Nageleisen (draufzeigen) erforscht. Ich wollte wissen, ob es einen Unterschied macht, wenn man den Griff (in die Hand nehmen und Griff der langen Zange zeigen) an verschiedenen Stellen anfasst. Ich habe mit der langen Zange (nochmal vorzeigen) einen Dicken Draht (draufzeigen) durchtrennt. Ich habe die Zange einmal ganz am Ende (vormachen), einmal in der Mitte vom Griff (vormachen) und einmal ganz vorne am Griff (vormachen) angefasst. Ich habe gespürt, dass man wenig Kraft braucht, wenn man den Griff am Ende anfasst (mit den Händen am Ende vom Griff den dicken Draht ohne Anstrengung durchtrennen). Wenn man den Griff in der Mitte anfasst, muss man fester drücken (mit den Händen in der Mitte vom Griff den dicken Draht mit angestrengtem

## Gruppe 2, TAG 8

Gesicht und Geräusch durchtrennen). Und wenn ich den Griff ganz weit vorne anfasse, kann ich den dicken Draht gar nicht mehr schneiden, weil ich nicht fest genug drücken kann (mit den Händen weit vorne am Griff versuchen, den dicken Draht mit angestrengtem Gesicht und Geräusch durchtrennen und „scheitern“). Beim Nageleisen war es genauso. Also: Je länger der Griff ist (auf nebeneinanderliegende Zangen je eine Hand an das Griffende und eine auf den Drehpunkt legen, sodass deutlich wird, dass die Griffängen verschieden sind) und je weiter man ihn hinten am Ende anfasst (lange Zange am Ende anfassen), desto weniger Kraft braucht man.

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, was wir nächstes Mal herausfinden! Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 9

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich glaube, wir können das Rätsel schon bald lösen. Wisst ihr noch, was das Rätsel war? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen: Wir sollen herausfinden, was die Waagen und Werkzeuge gemeinsam haben!

Was habt ihr denn schon alles herausgefunden? Kinder antworten lassen.

Ggf. nachfragen: Was glaubt ihr ist bei den Werkzeugen gleich? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

An passender Stelle Amis Erfahrungen vom letzten Forschertreff einflechten: Letztes Mal habe ich die Zangen (draufzeigen) und Nageleisen (draufzeigen) erforscht. Ich wollte wissen, ob man fester drücken muss, wenn der Griff (zeigen) kürzer ist. Was habe ich herausgefunden? Kinder antworten lassen. Ggf. Hilfsfragen stellen: Wenn man den Griff bei der Zange ganz hinten am Ende anfasst (vormachen) – muss man dann fester oder weniger fest drücken? Kinder antworten lassen. Und wenn man den Griff ganz weit vorne anfasst (vormachen)? Kinder antworten lassen.

Und wie ist es bei der Zange mit dem ganz kurzen Griff (draufzeigen)? Kinder antworten lassen. Also ist der lange Griff, wenn wir ihn ganz vorne anfassen (vormachen), wie ein kurzer Griff (draufzeigen). Und bei den Nageleisen ist es genauso wie bei den Zangen.

zusammenfassen: Genau, bei einem kurzen Griff muss man fester drücken (mit der Zange mit dem kurzen Griff mit angestrebtem Gesicht und Geräusch den mittleren Draht schneiden). Je länger der Griff – wenn wir ihn hinten anfassen -, desto weniger müssen wir uns anstrengen (mit der Zange mit

## Gruppe 2, TAG 9

dem mittleren Griff den mittleren Draht schneiden, dann mit der Zange mit den langen Griffen den mittleren Draht mit Leichtigkeit durchschneiden). Das ist bei den Zangen (draufzeigen) und den Nageleisen gleich (draufzeigen). Vielleicht gilt bei den Scheren (draufzeigen) die gleiche Regel. Können wir das mit den Scheren (draufzeigen) in unserer Forscherwerkstatt ausprobieren?

Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen: Das können wir nicht ausprobieren, weil die Griffe (draufzeigen) der Scheren alle gleich lang sind und die Löcher zum Anfassen immer an der gleichen Stelle (Scheren übereinander gestapelt halten, sodass die Kinder sehen, dass die Löcher übereinander liegen).

Die Löcher zum Anfassen sind aber bei den Scheren nicht direkt am Griff (auf den Abstand zwischen Drehpunkt und Grifflöchern zeigen). Deswegen glaube ich, dass die Regel für alle Werkzeuge gilt: Wenn wir die Griffe weiter vorne anfassen, müssen wir fester drücken. Je weiter hinten wir die Griffe anfassen, desto weniger Kraft brauchen wir.

Ich möchte mir heute alle Werkzeuge – also die Zangen (draufzeigen), Scheren (draufzeigen) und Nageleisen (draufzeigen) – nochmal genau anschauen. Vielleicht finde ich noch mehr Gemeinsamkeiten.

Jetzt möchte ich wissen, was ihr heute herausfinden wollt. Wir machen wieder unseren Rundgang. Wie immer von Station zu Station gehen. Alle planen nacheinander, Sie unterstützen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

## Gruppe 2, TAG 9

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen ☺ Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wollen wir uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr stellen. Ami sitzt je ca. 10 Min. bei den Scheren, den Zangen und den Nageleisen. Hinweise für Experimentierphase beachten. Ami schaut heute den Kindern aufmerksam zu und schaut sich auch die Werkzeuge aufmerksam an. Auf Nachfrage der Kinder sagt sie: Ich schaue mir alle Werkzeuge noch einmal genau an, weil ich wissen will, ob sie etwas gemeinsam haben. Wenn die Kinder weitere Fragen stellen oder Gespräche initiieren, wird Gespräch entsprechend der Hinweise für die Experimentierphase kurz gehalten.

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Wir starten den Rundgang wieder bei den Waagen. Wer hat heute die Waagen erforscht? Kinder antworten / melden lassen. Was hast du über die Waagen herausgefunden? Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Nacheinander mit jedem Kind, das sich an den Waagen meldet, reflektieren. Dann zu den Scheren gehen usw. Bei den Nageleisen meldet sich als letztes auch Ami:

Heute habe ich mir die Scheren (draufzeigen), Zangen (draufzeigen) und Nageleisen (draufzeigen) genau angeschaut. Ich habe sie miteinander verglichen. Ich wollte wissen, ob bei allen Werkzeugen etwas gleich ist. Und ich habe etwas gefunden. Es gibt drei Regeln, wann man bei den Werkzeugen weniger Kraft braucht:

## Gruppe 2, TAG 9

- Man braucht bei allen Werkzeugen weniger Kraft, wenn vorne ein dünnerer Draht (draufzeigen) oder Karton (auf dünnen Karton / Papier zeigen) oder eine dünnere Schraube (auf dünne Schraube zeigen) drin ist.
- Man braucht bei allen Werkzeugen weniger Kraft, wenn der Griff lang ist (auf Werkzeuge mit langen Griffen zeigen) und wenn man den Griff ganz weit hinten anfasst (mit Zange und Nageleisen vormachen).
- Man braucht bei allen Werkzeugen weniger Kraft, wenn der Draht oder Karton oder die Schraube nah beim Griff ist. Das kann man hier aber nur bei den Scheren ausprobieren (dicken Karton ganz hinten in die Schneide halten und mit Leichtigkeit ein Stück zudrücken). Bei den Zangen und den Nageleisen sind die vorderen Teile viel kürzer als die Griffe, deswegen glaube ich, dass da die gleiche Regel gilt.

Wenn jede/r erzählt hat: Ich bin ja so gespannt, ob wir nächstes Mal das Rätsel ganz lösen können!  
Wenn Kinder sagen, dass wir es schon gelöst hätten: Wir wissen schon, was bei den Werkzeugen gleich ist, aber wir müssen noch etwas finden, das die Waagen mit den Werkzeugen gemeinsam haben. Das machen wir nächstes Mal. Für heute ist der Forschertreff zu Ende. Tschüss! Bis zum nächsten Forschertreff!

## Gruppe 2, TAG 10

Hallo Kinder! Endlich ist wieder Forschertreff! Ich glaube, wir haben das Rätsel schon fast gelöst. Letztes Mal haben wir herausgefunden, was bei den Werkzeugen (**draufzeigen**) gleich ist. Welche Regeln haben alle Werkzeuge gemeinsam? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**

**zusammenfassen:** Genau, bei einem kurzen Griff (Zange und Nageleisen mit kurzem Griff zeigen) muss man fester drücken. Je länger der Griff – wenn wir ihn hinten anfassen (Zange mit langen Griffen hinten anfassen. Dann Nageleisen mit langem Griff hinten anfassen) -, desto weniger Kraft brauchen wir. Bei dünnen Drähten (zeigen), Schrauben (dünne Schraube zeigen) und Kartons (dünnen Karton / Papier zeigen) brauchen wir auch weniger Kraft. Und wenn der Draht oder die Schraube oder Karton nah am Griff (mit Karton und Schere zeigen) ist, brauchen wir auch weniger Kraft.

Jetzt frage ich mich, ob diese Regeln auch zu den Waagen (**draufzeigen**) passen? Wenn wir das herausfinden, haben wir die Aufgabe ganz gelöst. Deswegen probiere ich heute die Regeln von den Werkzeugen (**draufzeigen**) an den Waagen (**draufzeigen**) aus. Ich bin gespannt, ob das klappt. Was glaubt ihr? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Meinungen der Kinder zusammenfassen, z.B. Die Waage ist ganz anders als die Werkzeuge, das passt nicht zusammen. **Amis Meinung:**

## Gruppe 2, TAG 10

Ich bin auch noch nicht sicher, ob die Regeln auch für die Waagen (**draufzeigen**) gelten. Aber vielleicht ist das so ähnlich wie bei einer Wippe, wenn wir Kinder mit Erwachsenen wippen wollen. Warum geht das denn nicht einfach so? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Hilfsfragen: **Wie sind denn Erwachsene?** Kinder antworten lassen. **Und wie sind Kinder?** Kinder antworten lassen. **Zusammenfassen: Genau, Erwachsene sind schwerer als Kinder.**

Trotzdem können sie manchmal zusammen wippen. Das geht aber nur, wenn nicht beide ganz am Ende der Wippe (**auf die 10 links und rechts an der Waage zeigen**) sitzen. Einer muss weiter innen sitzen (**auf der linken Seite weiterhin auf die 10 zeigen, auf der rechten Seite auf die 1**). Was glaubt ihr, muss der schwere Erwachsene nach innen rücken oder das leichte Kind? Kinder antworten lassen.

**Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Meinungen der Kinder zusammenfassen.

Ich bin gespannt, wie es wirklich ist und ob das zu den Regeln der Werkzeuge passt! 😊  
Möchte noch jemand die Waagen erforschen? **Kinder, die sich an den Waagen melden, nacheinander drannehmen und mit Ihnen planen.** Dann zu den Scheren gehen usw. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.**

Prima, jetzt wissen alle, was sie heute herausfinden wollen 😊 Denkt an die Sicherheitshinweise. Passt auch wieder gut auf, was ihr sehen und spüren könnt! Nachher wir wollen uns das wieder erzählen! Wenn die Uhr piepst, treffen wir uns wieder hier. Jetzt darf jedes Kind zu seiner Station gehen.

## Gruppe 2, TAG 10

Experimentierphase ca. 30 Min. Uhr starten. Ami sitzt bei den Waagen. Hinweise für Experimentierphase beachten. Auf Nachfrage der Kinder hängt Ami ein Gewicht auf die linke Seite an die 1 und zwei Gewichte auf die rechte Seite an die 1. Dann nimmt sie das einzelne Gewicht links von der 1 weg und hängt es an die 10. Wenn die Kinder sich wundern, und interagieren wollen: Findet ihr das spannend? Wollt ihr auch mal probieren?

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Ich bin schon so neugierig darauf, was ihr gesehen und gespürt habt!

Wer hat denn heute die Waagen erforscht?

Kinder, die sich melden nacheinander dran nehmen und mit ihnen reflektieren. Ami meldet sich auch. Wenn Ami dran kommt, sagt sie, dass erst alle Kinder reflektieren dürfen und Ami ganz am Ende vom Rundgang reflektiert. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Wenn sich kein Kind mehr meldet, zur nächsten Station gehen. Wenn das letzte Kind reflektiert hat, kommt Amis Reflexion:

Heute habe ich mir die Waagen nochmal genau angeschaut. Gemeinsam zu den Waagen gehen. Ich habe die Regeln von den Werkzeugen (draufzeigen) auch an den Waagen (draufzeigen) ausprobiert. Das war gar nicht so einfach, weil eine Waage auf beiden Seiten gleich ist (zeigen). Deswegen habe ich mir vorgestellt, dass die Waage eine Wippe ist, auf der ein schwerer Erwachsener mit einem leichten Kind wippen will. Für den schweren Erwachsenen habe ich zwei Gewichte an die rechte Seite der gelben Waage gehängt (so tun, als würde man zwei Gewichte an die rechte 10 hängen), für das leichte

## Gruppe 2, TAG 10

Kind ein Gewicht auf die linke Seite (so tun, als würde man ein Gewicht an die linke 10 hängen). Habt ihr schon eine Idee, was ich herausgefunden habe? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen / auflösen:

Damit das Wippen gut klappt, muss das einzelne Gewicht (linke Hand mit einem Gewicht hochhalten), also das Kind, weiter außen sein (an die linke 10 hängen). Die zwei Gewichte (rechte Hand mit zwei Gewichten hochhalten) oder der Erwachsene auf der anderen Seite muss weiter innen sein (an die rechte 5 hängen). Nur dann kommt eure Seite der Wippe wieder nach unten. Und diese Regel passt zu den Werkzeugen! Die Seite mit dem Erwachsenen ist wie die Schneide am Werkzeug. Welche Regel hatten wir bei der Schneide der Schere (draufzeigen) gefunden? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.

Zusammenfassen: Wir brauchen am wenigsten Kraft, wenn wir ganz nah am Griff schneiden (Karton ganz nah am Griff in die Schneide halten).

Deswegen muss der Erwachsene auf seiner Seite weiter nach innen rücken (auf die beiden Gewichte an der 5 auf der rechten Seite der Waage zeigen). Eure Seite ist wie der Griff beim Werkzeug. Und welche Regel gilt für die Griffe (Griff der langen Zange zeigen)? Kinder antworten lassen.

Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Zusammenfassen: Genau, wenn der Griff lang ist und wir ihn am Ende anfassen (an der Zange mit den langen Griffen vormachen), brauchen wir weniger Kraft. Bei der Wippe müsst ihr deswegen ganz am Ende sitzen (auf einzelnes Gewicht an

Gruppe 2, TAG 10

der 20 auf der linken Seite der Waage zeigen). Damit sich die Wippe wieder nach unten bewegt, obwohl ihr leicht seid.

Wenn jede/r erzählt hat: Wisst ihr was?! Wir haben die Aufgabe gelöst, die uns der König von Mechanik gegeben hat! Wir haben die Regeln gefunden, die für die Waagen und die Werkzeuge gelten! Ich fliege später zurück zu Mechanix und erzähle das dem König. Ich bin schon ganz aufgeregt. Was wird er dazu sagen?! Wenn wir uns das nächste Mal treffen, erzähle ich euch davon.

## TAG 11, Gruppe 1 und 2

Hallo Kinder! Wisst ihr noch, was letztes Mal passiert ist? Kinder antworten lassen.

zusammenfassen: Genau, wir haben die Aufgabe gelöst! Wir haben herausgefunden, was die Werkzeuge und die Waagen gemeinsam haben!

Ich bin dann in meinem Raumschiff zurück nach Hause geflogen. Bild zeigen. Dort habe ich dem König von Mechanix erzählt, dass wir seine Aufgabe gelöst haben. Bild zeigen. Er will, dass wir ihm die Gemeinsamkeiten sagen. Ich habe in meinem Schneckenhaus ein besonderes Telefon, mit dem er uns hören kann. Ich schalte es jetzt ein und wähle seine Nummer.

auf den Panzer drücken und als König melden: „Hallo, hier ist der König von Mechanix, mit wem spreche ich?“

Ami: Hallo, hier ist Ami und die Erdenkinder. Wir wollen dir erzählen, welche Gemeinsamkeiten wir bei den Werkzeugen und den Waagen gefunden haben! Was ist bei allen Werkzeugen gleich? Kinder antworten lassen. Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen. Ggf. als Hilfsfrage: Wann brauchen wir am wenigsten Kraft?

Wenn nötig weiterfragen: Was ist bei allen Griffen gleich? Was ist bei den Schneiden gleich? Was ist bei den Kartons, Schrauben und Drähten gleich?

zusammenfassen:

Bei den Werkzeugen brauchen wir weniger Kraft, wenn...

... der Karton oder die Schraube oder der Draht nah am Griff sind

... der Griff lang ist und wir ihn am Ende anfassen

... die Schraube oder der Draht oder der Karton dünn ist.

## TAG 11, Gruppe 1 und 2

Was bedeutet das bei den Waagen? Kinder antworten lassen. **Gesprächshinweise beachten, Strategien einsetzen.** Ggf. als Hilfsfrage: Wann steht eine Waage gerade? Und wann steht eine Waage schräg? Welche Seite ist dann unten?

Zusammenfassen:

Bei den Waagen bedeutet das, dass  
...die Waage auf der Seite nach unten geht, bei der...  
... das größere Gewicht ist  
... das Gewicht weiter außen ist

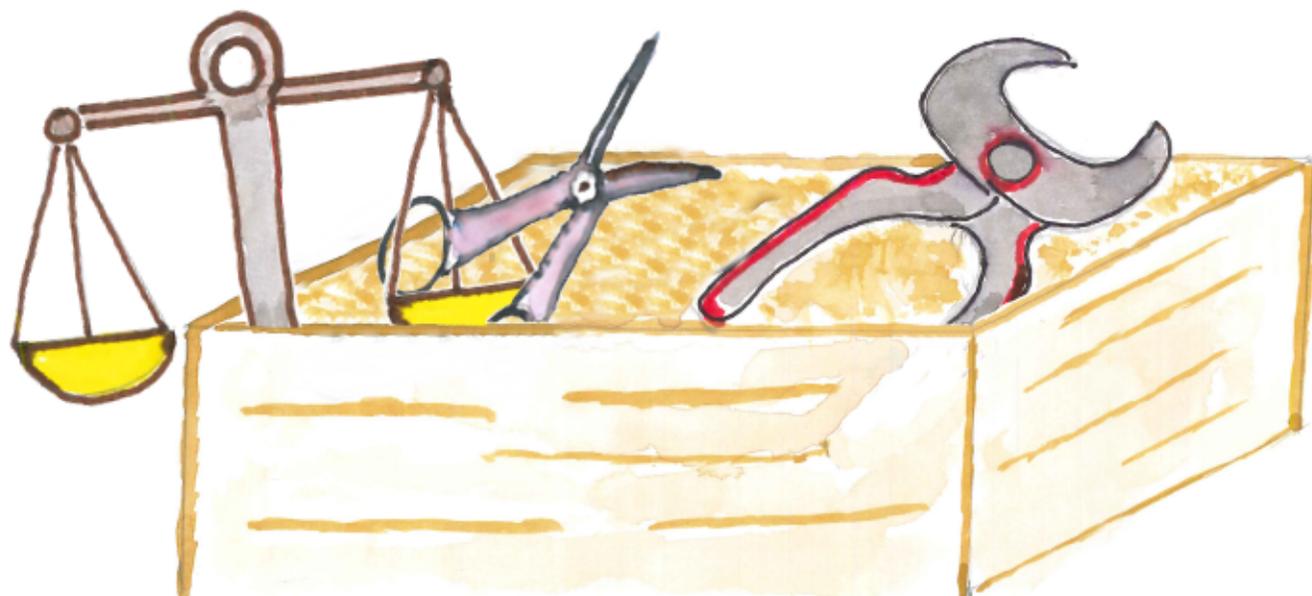
Die Waage steht gerade, wenn das Gewicht auf beiden Seiten gleich groß und an der gleichen Stelle ist.

**König:** Ihr habt sehr fleißig geforscht und meine Aufgabe gelöst! Ich bin sehr stolz auf euch alle. Ich habe Ami für jeden von euch eine Urkunde mitgegeben. Ami, überreich sie den Kindern bitte. Du bekommst von mir auch eine Urkunde, wenn du wieder zurück auf Mechanix bist.

**Ami überreicht jedem Kind die Urkunde und sagt:** „Danke, dass du mit mir das Forschen geübt hast.“

Jetzt fliege ich wieder nach Hause und melde mich für den nächsten Forscherwettbewerb an. Vielleicht werde ich dank eurer Hilfe nächstes Jahr Königin von Mechanix **Bild zeigen.** Tschüüüs!







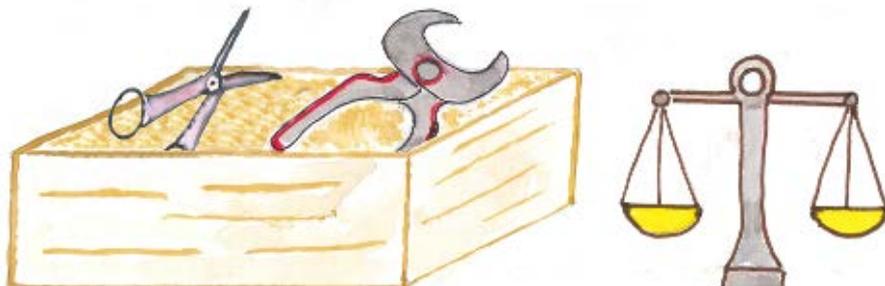
# Forscher - Urkunde



Die Forscher-Schnecken vom Planeten Mechanix  
überreichen

---

diese Urkunde für das eifrige Erforschen  
des Werkzeug-Rätsels.



## C.4 Skript „ohne Gespräche“

## Gruppe 3, TAG 2 – 5

Hallo Kinder!

Wir wollen heute wieder gemeinsam forschen. Zuerst wiederholen wir die Regeln an jeder Station. Wir gehen alle zusammen zu einer Station. Dann sagt ein Kind, was hier die Regeln sind. Die anderen hören gut zu und ergänzen. Dann gehen wir gemeinsam zur nächsten Station.

Gemeinsam Sicherheitshinweise wiederholen und auf Bilder dazu verweisen; wenn Sicherheitsregeln von der Gruppe nur unvollständig wiedergegeben werden: selbst fehlende Aspekte ergänzen. Wenn die Kinder die Regeln verinnerlicht haben (möglicherweise vor Tag 5 bereits), reicht ein Verweis auf das Plakat und die Erinnerung bei eventuellen Regelverstößen.

Ok, jetzt wisst ihr alle die Regeln. Jetzt dürft ihr anfangen.

Experimentierphase ca. 45 Min. Ami zu den Waagen setzen. Wenn gefragt wird, warum Ami da sitzt: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“ Nach 45 Minuten oder wenn Kinder früher Interesse verlieren, Forscherzeit beenden:

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Danke, dass ihr so eifrig geforscht habt. Am **Wochentag** treffen wir uns wieder und forschen weiter.

## Gruppe 3, TAG 6

Hallo Kinder!

Wir wollen heute wieder gemeinsam forschen. Bitte denkt an die Regeln. Jetzt dürft ihr anfangen.

Experimentierphase 45 Min. Uhr starten. Ami für je 15 Min. zu den Scheren, Zangen und Nageleisen setzen. Wenn gefragt wird, warum Ami da sitzt: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“ Nach 45 Minuten oder wenn Kinder früher Interesse verlieren, Forscherzeit beenden:

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Danke, dass ihr so eifrig geforscht habt. Am **Wochentag** treffen wir uns wieder und forschen weiter.

Gruppe 3, TAG 7

Hallo Kinder!

Wir wollen heute wieder gemeinsam forschen. Bitte denkt an die Regeln. Jetzt dürft ihr anfangen.

Experimentierphase 45 Min. Uhr starten. Ami zu den Scheren setzen. Wenn gefragt wird, warum Ami da sitzt: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“ Nach 45 Minuten oder wenn Kinder früher Interesse verlieren, Forscherzeit beenden:

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Danke, dass ihr so eifrig geforscht habt. Am **Wochentag** treffen wir uns wieder und forschen weiter.

## Gruppe 3, TAG 8

Hallo Kinder!

Wir wollen heute wieder gemeinsam forschen. Bitte denkt an die Regeln. Jetzt dürft ihr anfangen.

Experimentierphase ca. 45 Min. Uhr starten. Ami für je 22 Min. zu den Zangen und Nageleisen setzen. Wenn gefragt wird, warum Ami da sitzt: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“ Nach 45 Minuten oder wenn Kinder früher Interesse verlieren, Forscherzeit beenden:

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Danke, dass ihr so eifrig geforscht habt. Am **Wochentag** treffen wir uns wieder und forschen weiter.

Gruppe 3, TAG 9

Hallo Kinder!

Wir wollen heute wieder gemeinsam forschen. Bitte denkt an die Regeln. Jetzt dürft ihr anfangen.

Experimentierphase ca. 45 Min. Uhr starten. Ami für je 15 Min. zu den Scheren, Zangen und Nageleisen setzen. Wenn gefragt wird, warum Ami da sitzt: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“ Nach 45 Minuten oder wenn Kinder früher Interesse verlieren, Forscherzeit beenden:

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Danke, dass ihr so eifrig geforscht habt. Am **Wochentag** treffen wir uns wieder und forschen weiter.

Gruppe 3, TAG 10

Hallo Kinder!

Wir wollen heute wieder gemeinsam forschen. Bitte denkt an die Regeln. Jetzt dürft ihr anfangen.

Experimentierphase ca. 45 Min. Uhr starten. Ami für je 11 Min. an jede Station einmal setzen. Wenn gefragt wird, warum Ami da sitzt: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“ Nach 45 Minuten oder wenn Kinder früher Interesse verlieren, Forscherzeit beenden:

Die Zeit zum Ausprobieren ist um. Legt bitte eure Werkzeuge an den Stationen ab und kommt zu mir. Danke, dass ihr so eifrig geforscht habt. Am **Wochentag** treffen wir uns wieder.

## TAG 11, Gruppe 3

Hallo Kinder! Heute ist unser letztes Treffen.

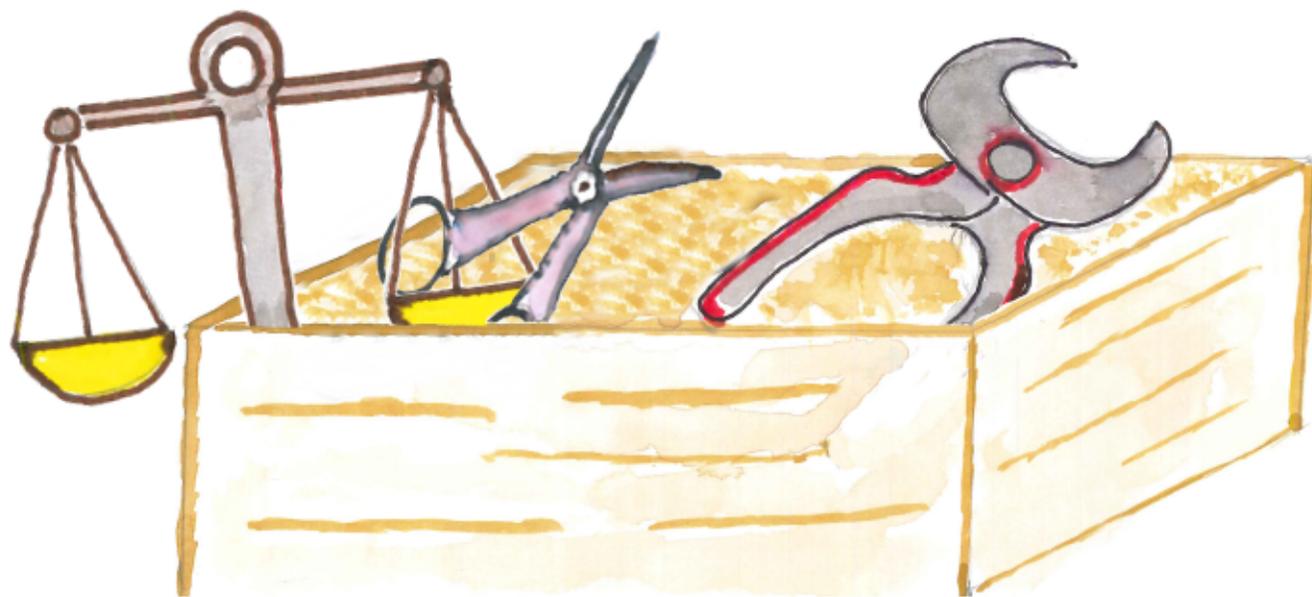
Ich habe euch jetzt eine Weile zugeschaut und ich kann die Aufgabe lösen, die uns der König von Mechanix gestellt hat. Danke für eure Hilfe!

Ich werde heute in meinem Raumschiff zurück nach Hause fliegen. **Bild zeigen**. Dort erzähle ich dem König von Mechanix, dass wir seine Aufgabe gelöst haben. **Bild zeigen**.

Ihr habt sehr fleißig geforscht und ich bin sehr stolz auf euch alle. Deswegen möchte ich jedem von euch eine Urkunde überreichen. **Ami überreicht jedem Kind die Urkunde und sagt:** „Danke, dass du mit mir das Forschen geübt hast.“

Jetzt fliege ich wieder nach Hause und melde mich für den nächsten Forscherwettbewerb an. Vielleicht werde ich dank eurer Hilfe nächstes Jahr Königin von Mechanix **Bild zeigen**. Tschüüüs!







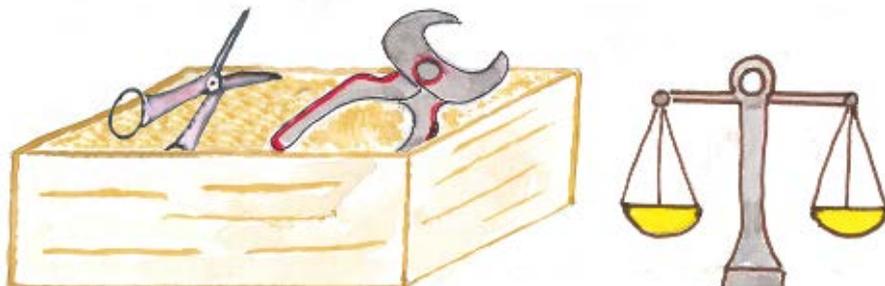
# Forscher - Urkunde



Die Forscher-Schnecken vom Planeten Mechanix  
überreichen

---

diese Urkunde für das eifrige Erforschen  
des Werkzeug-Rätsels.



C.5 zusätzliche Hinweise, auf die dem Skript verwiesen wird

Immer: Gesprächshinweise

Generell gilt für die Gruppen...

	<b>Gruppe 1</b>	<b>Gruppe 2</b>	<b>Gruppe 3</b>
<b>Planen</b> (Gespräch)	Ja (ca. 10 Min.) <b>ohne Material<sup>1</sup></b>	Ja (ca. 10 Min.) <b>mit Material<sup>2</sup></b>	<b>Nein</b>
<b>Experimentieren</b> (möglichst <b>kein</b> Gespräch!)	Ja (ca. 30. Min)	Ja (ca. 30. Min)	Ja (ca. 50 Min.)
<b>Reflektieren</b> (Gespräch)	Ja (ca. 10 Min.) <b>ohne Material</b>	Ja (ca. 10 Min.) <b>mit Material</b>	<b>Nein</b>

<sup>1</sup> Erlaubtes Material für Gespräche in Gruppe 1: Ich-bin-dran-Gesicht, Gefahrenhinweise solange diese besprochen werden, Plan. Wenn die Stationen im gleichen Raum sind wie die Gesprächsrunde, sollten die Stationen abgedeckt werden oder eine deutlich optische und räumliche Trennung bestehen (z.B. durch ein hohes Regal).

<sup>2</sup> Material = Bilder der Geschichte, Werkzeuge / Waagen; wird beim Erzählen gezeigt (siehe Skript)

Beim Experimentieren arbeiten die Kinder in allen Gruppen an den Stationen mit dem Material. Bitte in dieser Phase nicht über das Material sprechen! (siehe „Hinweise für die Experimentierphase“)

Wenn Kinder beim Beantworten Ihrer Nachfragen (z.B. nach Sicherheitsregeln oder bei Wiederholung der Geschichte an Tag 2) wesentliche Punkte auslassen und diese nicht von der Gruppe ergänzt werden, ergänzen Sie diese ggf. selbst.

Immer: Gesprächshinweise

**Ich-bin-dran-Gesicht** (nur in Gruppe 1) macht den Kindern deutlich, um wessen Plan / Reflektion es gerade geht. Andere Kinder können Beiträge zu den Ideen dieses Kindes leisten, sollen aber nicht über ihre eigenen Pläne / Reflektionen sprechen. Wenn das Kind mit dem Gesicht fertig geplant / reflektiert hat, gibt es das Gesicht an ein anderes Kind oder Ami weiter. Dies kann durch die Frage „Wer mag als nächstes“ (Kinder melden sich als Antwort) unterstützt werden.

Es planen bzw. reflektieren immer zuerst die Kinder, die sich melden sowie Ami. **Kinder, die sich nicht melden**, fragen Sie jeweils am Ende der Planungs- bzw. Reflexionsphase, an welche Station sie gehen möchten / an welcher Station sie waren. Stellen Sie danach folgende weiteren Fragen:

Vertiefungsfrage 1: Was möchtest du an dieser Station tun / Was hast du an dieser Station gemacht?

Vertiefungsfrage 2: Was glaubst du passiert, wenn du das machst? / Was ist dir aufgefallen?

ggf. auf Basis dieser Antwort weitere Vertiefungsfragen stellen.

Auch die anderen Kinder fragen, ob sie eine Idee haben, was passieren könnte / passiert ist. Ggf. unterschiedliche Ideen zusammenfassen. Beim Planen, wenn es keine Ideen gibt: „Dann sind wir mal gespannt, was dir auffällt.“

Abschlussfrage beim Planen: Auf welche Sicherheitsregel(n) musst du achten?

Wenn ein Kind nur auf die Station zeigt:

Immer: Gesprächshinweise

Station benennen und Handlung, die man an der Station ausführen kann, als Frage formulieren

Bsp. beim Planen:

Du möchtest zu den Scheren gehen. Möchtest du herausfinden, mit welcher Schere man am wenigsten Kraft braucht, um den Karton zu schneiden?

Bsp. beim Reflektieren:

Du hast an den Scheren geforscht. Was ist dir da aufgefallen?

Wenn Kind nicht antwortet: Was hast du mit der Schere gemacht?

Welche Schere hast du benutzt?

Wenn mehrere: Hast du einen Unterschied gespürt?

Wenn ein Kind auf mehrere / alle Stationen zeigt / diese nennt:

Beim Planen:

„Du hast ja ganz schön viel vor! Womit magst du denn anfangen?“

Dann weiterfragen: „Was möchtest du dort machen?“

Beim Reflektieren, wenn das Kind nicht von sich aus weiter über eine / mehrere Tätigkeiten erzählt:

„Du hast ja ganz schön viel gemacht! Worüber magst du erzählen?“

Wenn ein Kind fertig erzählt hat, die Erzählung anerkennen, für Pläne bzw. Berichte bedanken  
Beim Planen z.B.:

Immer: Gesprächshinweise

- Ich bin gespannt, was du herausfindest!
- Du weißt ja schon ganz genau, was du heute machen magst!

Beim Reflektieren z.B.:

- wichtige Beobachtungen wiederholen
- Das ist ja spannend!
- Danke, dass du uns (so genau) berichtet hast!

Dieses Grundgerüst können Sie als Basis für jedes Planungs- bzw. Reflexionsgespräch nutzen.

**Worte, die im Gespräch eingeführt werden sollen** = Benennung von Materialien (Nomen) und Tätigkeiten (Verben) sowie Unterschieden zwischen Materialien (Nomen + Adjektive): siehe Folie 8 + 9 vom ersten Schulungstag

Art der Einführung: situationsabhängig; vgl. Gesprächsstrategien. Unter anderem...

...in **Gruppe 2**:

Wenn Kinder etwas nicht verbalisieren können, können Sie sie bitten, ihr Vorhaben am Material zu zeigen, damit Sie überhaupt mit dem Kind ins Gespräch kommen können.

(in Gruppe 1 kann ggf. auf Dinge auf dem Plan gezeigt werden. Das Vormachen von Handlungen am Material ist in Gruppe 1 aber nicht möglich.)

Immer: Gesprächshinweise

Wenn ein Kind etwas am Material zeigt, ohne es zu verbalisieren, **handlungsbegleitendes Sprechen** einsetzen bzw. eigene Interpretation als Frage an das Kind richten

Bsp.:

Das Kind schneidet mit verschiedenen Stellen der Schneide den Karton und verbalisiert nur zwi-schendurch: „und dann so und dann so“

Sie sagen: „Ah, du hast bei den Scheren den Karton mit verschiedenen Stellen der Schneide geschnitten?“ ODER

„Du hast den Karton zuerst mit der Spitze der Schneide geschnitten. Dann hast du ihn mit der Mitte der Schneide geschnitten. Und dann hast du ihn ganz hinten, nah beim Griff geschnitten.“

...in **Gruppe 1 und 2:**

Wenn das Kind nach einem Wort überlegt, es ihm aber nicht einfällt, können Sie die Strategien **Wiederholen und Erweitern bzw. indirekte Korrektur** einsetzen.

Bsp.:

Kind: „Ich habe äh den Papier äh in das ...“

Sie: „Du hast das Papier in die Schneide gehalten?“

Kind: „Ja. Einmal vorne, dann in Mitte und dann hinten.“

Sie: „Aha, du hast das Papier mit verschiedenen Stellen der Schneide geschnitten. Was ist dir dabei aufgefallen?“

Kind: schaut fragend

Sie: „Musstest du an allen Stellen gleich fest drücken oder gab es da Unterschiede?“

Immer: Hinweise für Experimentierphase

In der Nähe der Stationen sitzen, Überblick behalten, dass sich keiner verletzt;  
ggf. auf Sicherheitshinweise verweisen  
ggf. bei Handhabung helfen (v.a. beim Schrauben reindreuen und Drähte einfädeln).

Mit den Kindern nicht über das Material oder die Experimente / ihre Erkenntnisse und Pläne sprechen. Dazu sind die Planungs- und Reflexionsphasen da.

Wenn Kinder Gespräche initiieren / Fragen zum Material stellen, die Frage an sie zurückgeben, z.B.: „Schau genau hin, dann siehst du es“ oder „Was glaubst du?“  
Ideen anerkennen (z.B. „Das ist aber spannend“ / „Ich bin gespannt, was du herausfindest.“), dieses Gespräch aber nicht weiter führen.

Falls nötig, die Kinder explizit drauf hinweisen, dass Sie nur vor und nach dem Experimentieren mit ihnen sprechen, z.B.: „Jetzt ist die Zeit zum Experimentieren. Die Zeit zum Sprechen ist später, wenn wir uns wieder alle am Plan (Gruppe 1) / Treffpunkt (Gruppe 2) treffen.“

Auf Nachfrage der Kinder in Gruppe 1 und 2 Amis Plan ausführen.

In Gruppe 3 keinen Plan ausführen, sondern antworten: „Ich will von euch lernen. Ich schaue euch zu.“

Immer: Hinweise für Experimentierphase

Falls ein Kind sich zu langweilen beginnt:

- fragen, an welche andere Station es gehen möchte.
- Wenn es an keine andere Station möchte: Ihm anbieten, dass es auch anderen Kindern zuschauen kann.
- Wenn es das nicht möchte in Gruppe 1 und 2 anbieten, dass das Kind Ami zuschauen kann. Wenn das Kind das möchte: Ami führt Plan (siehe Skript) aus und animiert Kind zum Nach- und Weitermachen (z.B.: „Probier du auch mal.“).
- Als letzte Alternative Malsachen anbieten.

In Gruppe 1 und 2: Nach 30 Minuten leitet Ami Reflexionsphase ein

In Gruppe 3: Nach 45 Minuten zum Aufräumen auffordern und danach verabschieden

→ Jeweils Stoppuhr (Timer) stellen, damit Zeit eingehalten wird.

Immer: Erläuterungen zu den Gefahrenhinweisen

Für **alle Stationen** gilt:

- Nicht mit den Werkzeugen im Raum umherlaufen!
- Wenn man an einer Station fertig ist, räumt man auf.

**Scheren:**

- nicht auf die Schneide fassen.
- Nur das Material an der Station (Papier / Karton) schneiden.

**Zangen:**

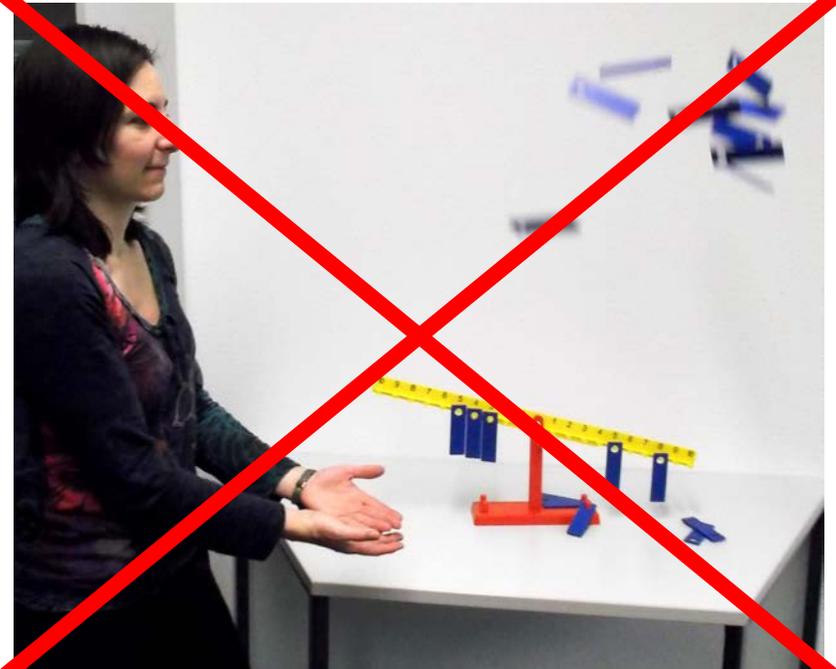
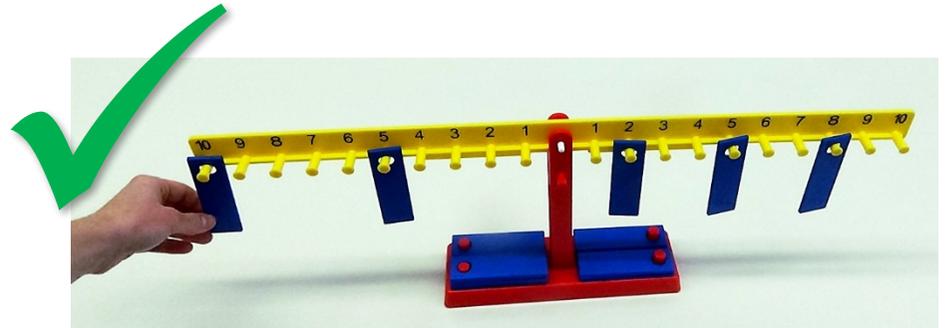
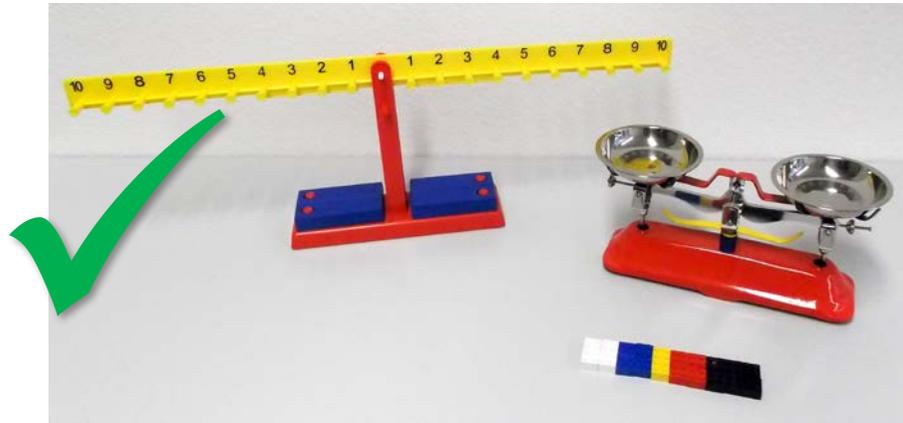
- nicht auf Schneide fassen;
- nicht die Griffe in den Bauch drücken.
- Nur das Material an der Station (Drähte) schneiden.

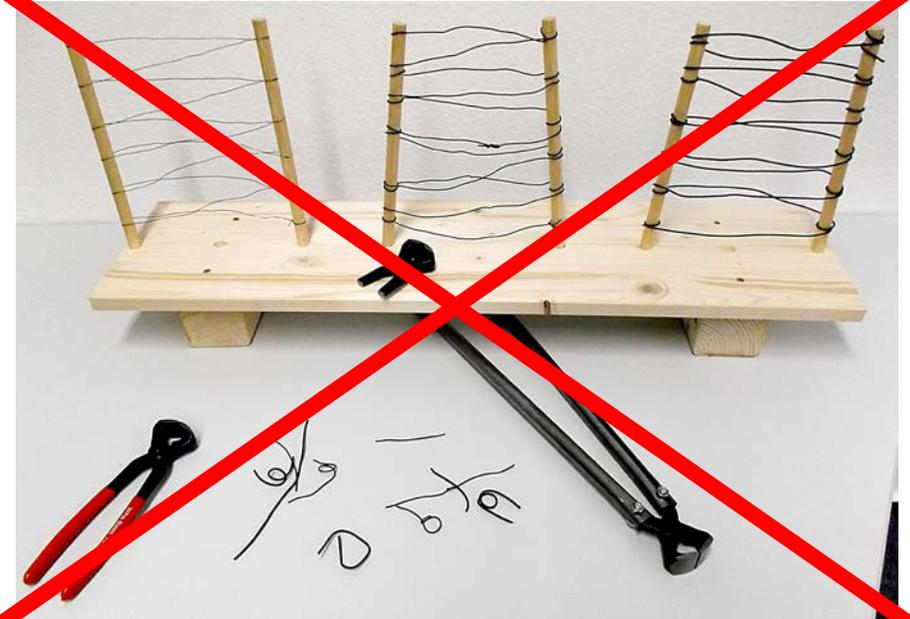
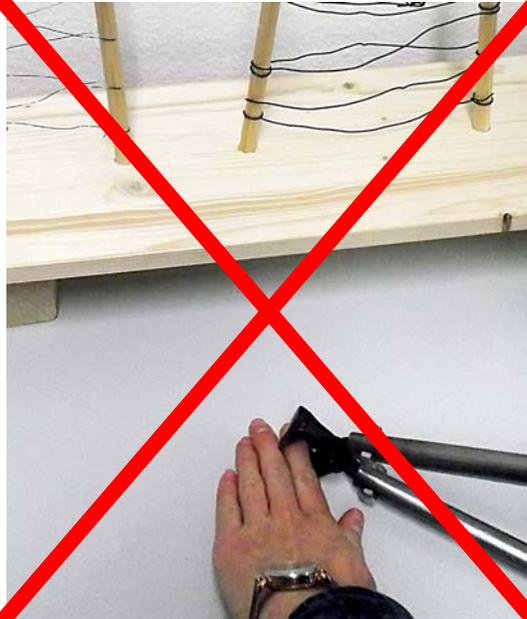
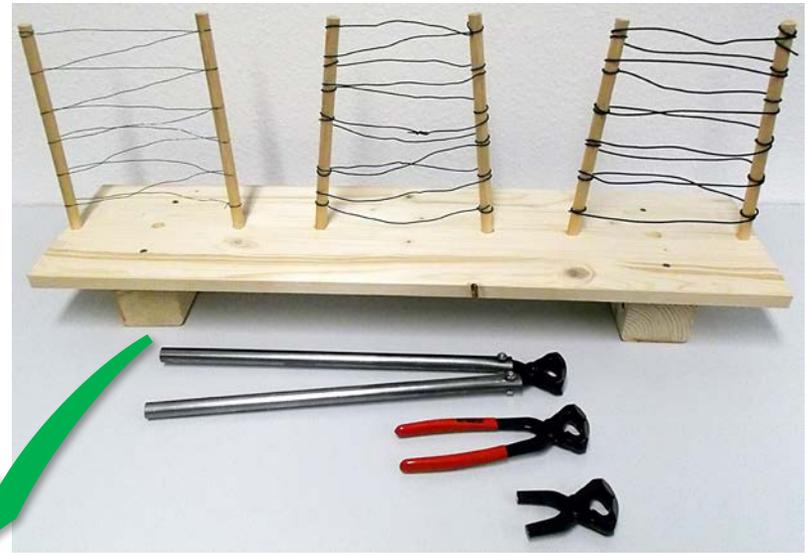
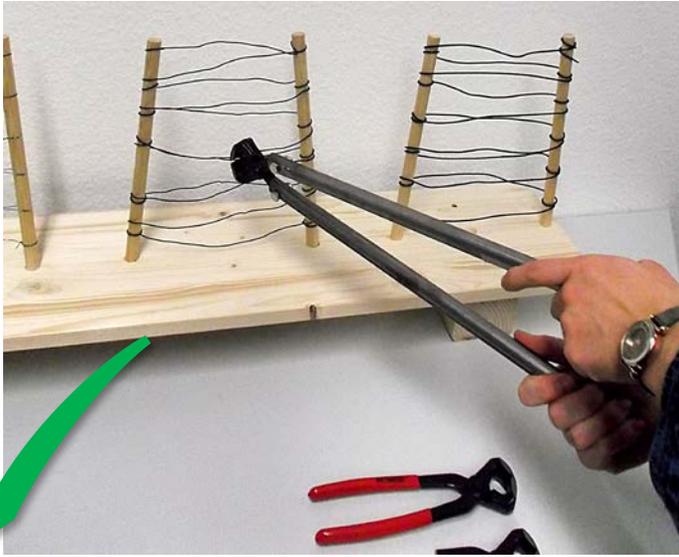
**Nageleisen:** darauf achten, dass

- das Brett nicht kippt.
- Man niemanden hinter sich umhaut. Andere Kinder achten darauf, dass sie nicht hinter einem Kind vorbeilaufen, das mit Nageleisen arbeitet
- das Kind das Nageleisen über die Rundung am unteren Ende des Griiffs abrollt, nicht über die Klaue nach vorne.
- das Kind beim Herunterdrücken nicht den Griff von sich wegdrückt, weil es dann das Nageleisen zwischen den Beinen hat. Das Kind soll hinter dem Nageleisen stehen und den Griff zu sich hin zu Boden drücken.











## D. Implementationskontrolle

### D.1 Protokoll zur Förderung im Projekt

Datum: \_\_\_\_\_ Kita: \_\_\_\_\_ Gruppe: \_\_\_\_\_ Tag: \_\_\_\_\_ Dauer gesamt: \_\_\_\_\_ Dauer Experimentierphase: \_\_\_\_\_

In der heutigen Förderstunde haben die Kinder während der Experimentierphase...	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	Stimme voll zu
... mit mir über das Material gesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit mir andere Gespräche geführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... alle Experimentiermaterialien zur Verfügung gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der heutigen Förderstunde haben die Kinder vor und nach der Experimentierphase...				
... mit mir über das Material gesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit mir andere Gespräche geführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... den Plan genutzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... alle Experimentiermaterialien zur Verfügung gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der heutigen Förderstunde waren die Kinder während der...				
... Planungsphase aufmerksam. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Experimentierphase aufmerksam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Reflexionsphase aufmerksam. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Planungsphase interessiert. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Experimentierphase interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Reflexionsphase interessiert. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der heutigen Förderstunde...				
... ist mir die Einhaltung der Vorgaben des Skripts leichtgefallen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... habe ich die Vorgaben des Skriptes eingehalten.	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... konnte die Förderung wie geplant stattfinden.	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>1</sup> falls nicht zutreffend, bitte streichen.

<sup>2</sup> Bitte notieren Sie die Begründung auf der Rückseite.

## D.2 Beobachtersversion des Protokolls

Datum: \_\_\_\_\_ Kita: \_\_\_\_\_ Gruppe: \_\_\_\_\_ Tag: \_\_\_\_\_ Dauer gesamt: \_\_\_\_\_ Dauer Experimentierphase: \_\_\_\_\_

In der heutigen Förderstunde haben die Kinder während der Experimentierphase...	stimme nicht zu	stimme eher nicht zu	stimme eher zu	Stimme voll zu
... mit der UL über das Material gesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit der UL andere Gespräche geführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... alle Experimentiermaterialien zur Verfügung gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der heutigen Förderstunde haben die Kinder vor und nach der Experimentierphase...				
... mit der UL über das Material gesprochen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... mit der UL andere Gespräche geführt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... den Plan genutzt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... alle Experimentiermaterialien zur Verfügung gehabt.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der heutigen Förderstunde waren die Kinder während der...				
... Planungsphase aufmerksam. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Experimentierphase aufmerksam.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Reflexionsphase aufmerksam. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Planungsphase interessiert. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Experimentierphase interessiert.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... Reflexionsphase interessiert. <sup>1</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
In der heutigen Förderstunde...				
... hat die UL die Vorgaben des Skriptes eingehalten.	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
... konnte die Förderung wie geplant stattfinden.	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/> <sup>2</sup>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

<sup>1</sup> falls nicht zutreffend, bitte streichen.

<sup>2</sup> Bitte notieren Sie die Begründung auf der Rückseite.