



UNIVERSITÄT
KOBLENZ · LANDAU

Fachbereich 4: Informatik

moFly

mobile flight & preflight learning for you

*Entwicklung eines mobilen MR-Systems zur Unterstützung von
Kompetenzentwicklungsprozessen*

Bachelorarbeit

zur Erlangung des Grades einer Bachelor of Science (B.Sc.)
im Studiengang Computervisualistik

vorgelegt von

Katharina Naujokat

Erstgutachter: Prof. Dr. Stefan Müller
Institut für Computervisualistik, Universität Koblenz-Landau

Zweitgutachter: Dipl. Inform. Dominik Grüntjens
Institut für Computervisualistik, Universität Koblenz-Landau

Koblenz, im Dezember 2012



Aufgabenstellung für die Bachelorarbeit

Katharina Naujokat
(Mat.Nr. 209210066)

Thema: **moFly – mobile flight & preflight learning for you** - *Entwicklung eines mobilen MR-Systems zur Unterstützung von Kompetenzentwicklungsprozessen*

Diese Arbeit wird in das Projekt „Kompetenzentwicklung durch Wissensmanagement älterer Erwerbstätiger im Prozess der Arbeit mittels computergestützter Arbeits-/Lernmedien mit AR/MR- Funktionalität“ eingebettet. Das Projekt untersucht Anforderungen an ein AR/MR -Medium als Werkzeug zur Assistenz und als Lernplattform in domänenbasierten Arbeits- und Lernzusammenhängen im Rahmen betrieblicher Weiterbildung im technischen Bereich. Basis stellen dabei didaktisch begründete Anforderungen, unter besonderer Berücksichtigung der Zielgruppe der älteren Beschäftigten (Facharbeiter) 50+ mit dem Zweck, betriebliche (berufliche) Kompetenzentwicklung als Handlungskompetenz über Arbeitsprozesswissen zu unterstützen. Kompetenzentwicklung wird als Lernen im Prozess der Arbeit und als permanente (außer)betriebliche Aufgabe verstanden, um Beschäftigungsfähigkeit und Persönlichkeitsentwicklung des Beschäftigten/Lerners zu stärken.

Ziel der Arbeit ist die Konzeption und Entwicklung eines prototypischen mobilen Systems, das es erlaubt, hierarchische Weiterbildungsebenen im Sinne der Kompetenzentwicklung zu verwalten. Elemente in den Ebenen sind auch und insbesondere untereinander verknüpft. Das System soll alle Elemente einer Ebene unter anderem mit Hilfe von Augmented Reality und Virtual Reality Elementen (Annotationen) darstellen. Der Benutzer kann sich innerhalb der Ebenen bewegen, aber auch die Hierarchieebene wechseln. Gleichzeitig und komplementär interagiert er mit dem realen Arbeitsobjekt, um die ihm gestellten Arbeits- und Lernaufgaben durchführen zu können. Auf diese Weise durchläuft er einen Kompetenzbildungsprozess. Als exemplarische Anwendungsdomäne wird die Aus- und Weiterbildung von Segelflugzeugführern in Interaktion mit ihrem Luftfahrzeug dienen.

Die inhaltlichen Schwerpunkte der Arbeit sind:

1. Recherche und Identifizierung aktueller Technologien
2. Erstellung von Konzepten für das Lernsystem
3. Softwaretechnische Planung des Systems
4. Implementierung der Konzepte
5. Planung & Durchführung von Probandentests inkl. Analyse und Bewertung der Ergebnisse
6. Dokumentation der Ergebnisse

Koblenz, den 29.05.2012

Kurzfassung

In dieser Arbeit wird ein erster Prototyp einer mobilen Lernplattform mit *Mixed-Reality*-Funktionalität (MR) entwickelt. Dieses System soll in den Arbeitsprozess integriertes, selbstbestimmtes Lernen, in Interaktion mit dem Arbeitsgegenstand ermöglichen. Dies entspricht einem situierten, gemäßigten konstruktivistischen Kompetenzbegriff zur beruflichen Weiterbildung, wie ihn Martens-Parrée beschreibt. Anhand eines Probandentests in einer Beispieldomäne, der Ausbildung von Piloten auf Segelflugzeugen, wird untersucht, ob Kompetenzvermittlung im Sinne von Handlungskompetenz mit Hilfe des mobilen MR-Lernmediums unterstützt wird und, ob das System bei konkreten Arbeitsaufgaben arbeitserleichternd wirkt. Die Annahmen der erwachsenenpädagogischen Ausgangsthesen konnten grundsätzlich gestützt werden, auch wenn keine direkte Handlungskompetenz, sondern lediglich eine Wissensvermittlung nachgewiesen werden konnte.

Abstract

In this thesis, a first prototype of a mobile instruction device with mixed reality (MR) functionality is developed. This system shall be capable to support training on the job through interaction with the work item. The concept corresponds to a didactic approach presented by Martens-Parrée that combines constructivism with situated learning. As an application example, the training of glider pilots checked out on a new type was chosen. Whether the MR device could increase the competence, or facilitate the completion of certain tasks, was examined in a survey with fifteen testers. The results of the study show that in general, the didactic approach of Martens-Parrée is valid. While an increase in fact knowledge has been observed, it was not (yet) possible to demonstrate an increase in skills with respect to the work tasks.

Danksagung

Mein Dank gilt zuerst meiner guten und organisierten Betreuung, den Menschen, die mich immer wieder motiviert und unterstützt haben und jenen, die immer wieder die gleichen und doch nicht gleichen Texte gelesen haben. Besonders aber meinen Fliegerkameraden vom Aero-Club Koblenz, die mir materiell und personell mit viel Geduld zur Seite gestanden haben, ebenso wie die Nicht-Fliegern, die ebenfalls der Kälte trotzten.

Euch allen *vielen Dank!*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Relevanz des Themas	1
1.2	Einordnung der Arbeit	2
2	Didaktische Konzeption des Lernsystems	5
2.1	Lerntheoretische Grundlagen	5
2.1.1	Kompetenzentwicklungsprozesse	6
2.1.2	Wissensaufbereitung	11
2.2	Anwendung der Konzepte in der Domäne	14
3	Technische Umsetzung	16
3.1	Betriebssystem und Hardware	16
3.2	Entwurf	16
3.2.1	Wissensmanagement	16
3.2.2	Augmented-Reality	18
3.3	Software-Architektur	20
4	Evaluation	27
4.1	Vorgehen	27
4.2	Ergebnisse	31
4.2.1	Zeitaufwand	31
4.2.2	Wissenserwerb	36
4.2.3	Wiki-Nutzung	37
4.2.4	Lernstrategien	38
4.2.5	Einbettung in den Arbeitsprozess	39
4.2.6	Kritik und Verbesserungsvorschläge	40
5	Fazit und Ausblick	43
A	Glossar	45
B	Die Flugausbildung	51
C	Evaluationsdaten	53

Abbildungsverzeichnis

1	Interaktion zwischen Beschäftigtem/Lernendem, Arbeitsobjekt und MR-Software	2
2	Komponenten des Lernsystems mit Datenfluss nach Martens-Parrée	3
3	Weiterbildungsebenen: Mediales Wissensnetz der Wissensdomäne als Schichtenmodell semantischer Netze	13
4	Weiterbildungsebenen in der Anwendungsdomäne Segelflugausbildung ausgehend vom Flugzeug als Lernobjekt	15
5	Mock-Ups der Benutzeroberfläche: a) Login, b) Wiki-Modus .	17
6	Mock-Ups der Benutzeroberfläche mit geöffneten Menüs: a) Wiki-Modus, b) Kamera-Modus	19
7	Zwei <i>Frame Marker</i> mit integriertem Foto: a) Störklappenhebel, b) Seitenruder	20
8	Mock-Ups der Benutzeroberfläche: a) Kamera-Modus, b) Kamera-Modus mit detektiertem Marker	21
9	Marker und zugehörige Textur am Beispiel der Ruderanschlüsse	22
10	Nutzer mit dem Smartphone an einem Marker am Rumpf des Segelflugzeugs	23
11	Klassendiagramm	24
12	Aktivitätsdiagramm	25
13	Evaluationsvorgehen für das Projekt	27
14	Zwei Probanden bei der Kontrolle mit Handbuch und Checkliste	28
15	Zwei Probanden bei der Kontrolle mit dem Smartphone . . .	28
16	Zwei Probanden bei der Kontrolle mit dem Smartphone . . .	29
17	Ein Proband beim Ausfüllen des Fragebogens	29
18	Vorwissen der Probanden bezüglich der Domäne Segelfliegen .	30
19	Altersverteilung der Probanden	31
20	Durchschnittlich benötigte Zeit in den beiden Testphasen in Abhängigkeit vom Erfahrungsstand	32
21	Vergleich der a) Darstellung der Übersichtsansicht der App mit der b) generischen Segelflugzeugcheckliste	34
22	Durchschnittlich benötigte Zeit in den beiden Testphasen in Abhängigkeit vom Alter	35
23	Durchschnittlich benötigte Zeit in den beiden Testphasen in Abhängigkeit vom Alter und Smartphone-Erfahrung	36

1 Einleitung

In dieser Arbeit wird ein prototypisches mobiles System entwickelt, das mit Hilfe von *mixed reality* (MR) Kompetenzentwicklung (im Sinne von Handlungskompetenz) durch Arbeitsprozesswissen unterstützen soll. Exemplarisch ist dies in der Domäne der Ausbildung von Piloten auf Segelflugzeugen umgesetzt. Ziel ist es, zu evaluieren, ob ein mobiles MR-Wissensmanagementsystem den Kompetenzentwicklungsprozess unterstützen und eine Arbeitserleichterung darstellen kann.

1.1 Relevanz des Themas

Lerntheoretisch wird in dieser Arbeit ein situierter¹, gemäßigter konstruktivistischer² Ansatz verfolgt. Dieser verbindet deklarativen mit prozeduralem Wissenserwerb³ in authentischen (Problem-) Umgebungen. Der Einsatz von *augmented* (AR) beziehungsweise *mixed reality* (MR) auf einem mobilen Endgerät erlaubt selbstbestimmtes Lernen direkt am Arbeitsobjekt. Diese Technologie bietet sich daher für eine Lernplattform an, die direkt in der Arbeitsumgebung eingesetzt werden kann.

In der Beispieldomäne Segelflugausbildung ist ein solches Lernen am Arbeitsobjekt gängige Praxis. In der fliegerischen Ausbildung übergibt der Fluglehrer nach und nach während der praktischen Ausbildung Steuer und Verantwortung an den Flugschüler. Aber auch bei der Vertrautmachung mit der Technik des Luftfahrzeugs werden Sachverhalte meist direkt am Flugzeug vorgeführt und ausprobiert. Dies ist auch durch den hohen Grad an individuellen technischen Lösungen bei den verschiedenen Baumustern erforderlich.

Ein wichtiger Teil in der Ausbildung ist die Vorflugkontrolle, bei der an jedem Flugtag vor dem ersten Start das Luftfahrzeug auf seine Betriebssicherheit geprüft wird. Bei dieser Aufgabe bedarf es eines allgemeinen und grundsätzlichen Verständnisses von Luftfahrzeugtechnik, aber auch speziellen Wissens über das konkrete Baumuster. Somit gibt es allgemeines Domänenwissen, aber auch Wissen, dass bei der Vertrautmachung mit einem neuen, bisher unbekanntem Muster zu erlernen ist.

Die Checklisten, die sich teilweise in den Handbüchern der Flugzeuge finden, sind häufig ungenau oder generisch für mehrere Baumuster formuliert. Um damit arbeiten zu können, muss Wissen aus anderen Quellen bezogen werden. Eine mit zusätzlichem Wissen aus diesen Quellen aufbereitete

¹Im situieren Lernen sind die Inhalte an bestimmte Situationen des Alltags gebunden. Siehe Abschnitt 2, Seite 6

²Aus dieser Sicht ist Lernen ein individueller Prozess der Interaktion einer Person mit ihrer Umwelt, in dem der Lerner ständig seinen eigenen Lernprozess aktiv betreibt und bestimmt. Siehe Abschnitt 2, Seite 6

³deklaratives = Faktenwissen, prozedurales = Prozesswissen (Ablauf-Regeln). Siehe Glossar in Anhang A

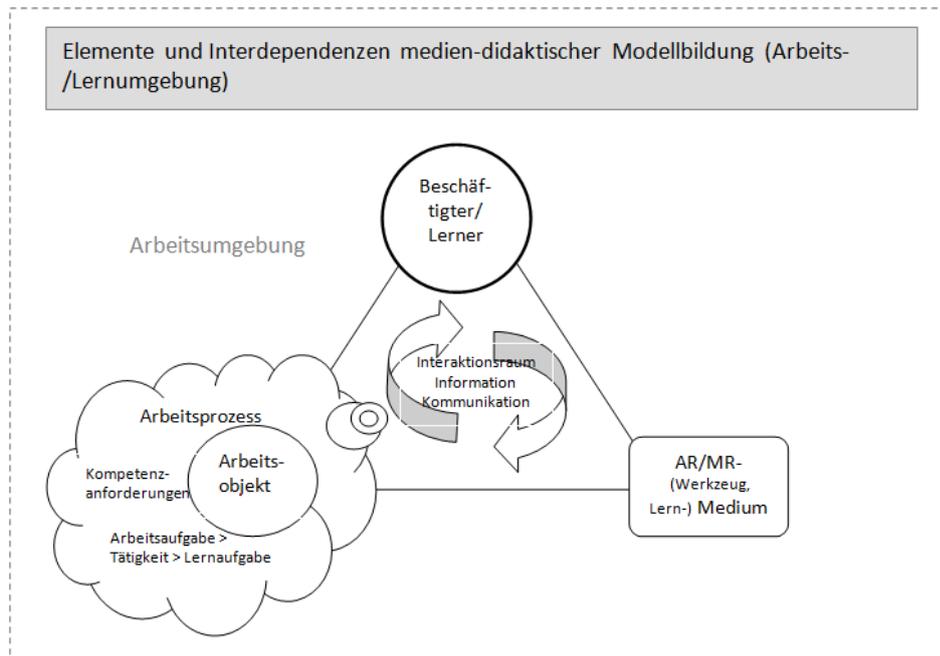


Abbildung 1: Interaktion zwischen Beschäftigtem/Lernendem, Arbeitsobjekt und MR-Software, entnommen aus [10]

Checkliste, die sich detailliert für jedes Bauteil aufrufen lässt und Zugriff auf zusätzliche Informationen ermöglicht, könnte an dieser Stelle den Kompetenzentwicklungsprozess unterstützen und gleichzeitig bei der Aufgabe arbeits-erleichternd sein.

Durch den Einsatz von MR-Techniken soll der Fokus dabei noch stärker auf das Flugzeug als Arbeitsobjekt gelenkt werden; die Liste soll in den Hintergrund treten.

Diese Lernsituation ist nicht spezifisch für eine Vorflugkontrolle oder Musterumschulung auf ein neues Segelflugzeug, sondern tritt auch in vielen anderen Anwendungsfällen und Domänen auf.

1.2 Einordnung der Arbeit

Diese Arbeit wird in das Projekt „*Kompetenzentwicklung älterer Erwerbstätiger im Prozess der Arbeit durch kontextuelles, exploratives Lernen mittels computergestützter Arbeits-/Lernmedien mit AR/MR-Funktionalität*“ [10] eingebettet. Das Projekt untersucht Anforderungen an ein AR/MR-Medium als Werkzeug zur Assistenz und als Lernplattform in domänenbasierten Arbeits- und Lernzusammenhängen im Rahmen betrieblicher Weiterbildung im technischen Bereich. Kompetenzentwicklung wird als Lernen im Prozess der Arbeit und als permanente Aufgabe verstanden, um die Beschäftigungsfähigkeit

und Persönlichkeitsentwicklung zu stärken. Das Projekt berücksichtigt dabei besonders die Zielgruppe der älteren Facharbeiter (50+).

Diese Arbeit soll mit der Entwicklung eines prototypischen Lernsystems mit AR-/MR-Funktionalität zunächst ohne Berücksichtigung der speziellen Zielgruppe feststellen, ob dieses Medium grundsätzlich nutzbar ist. Ziel ist es dabei, eine Kompetenzentwicklung zu unterstützen und die Arbeit selbst zu erleichtern. Dazu werden wesentliche Komponenten des von Martens-Parrée [10] entworfenen Systems herausgegriffen und möglichst einfach umgesetzt. Diese sind in Abbildung 2 dargestellt.

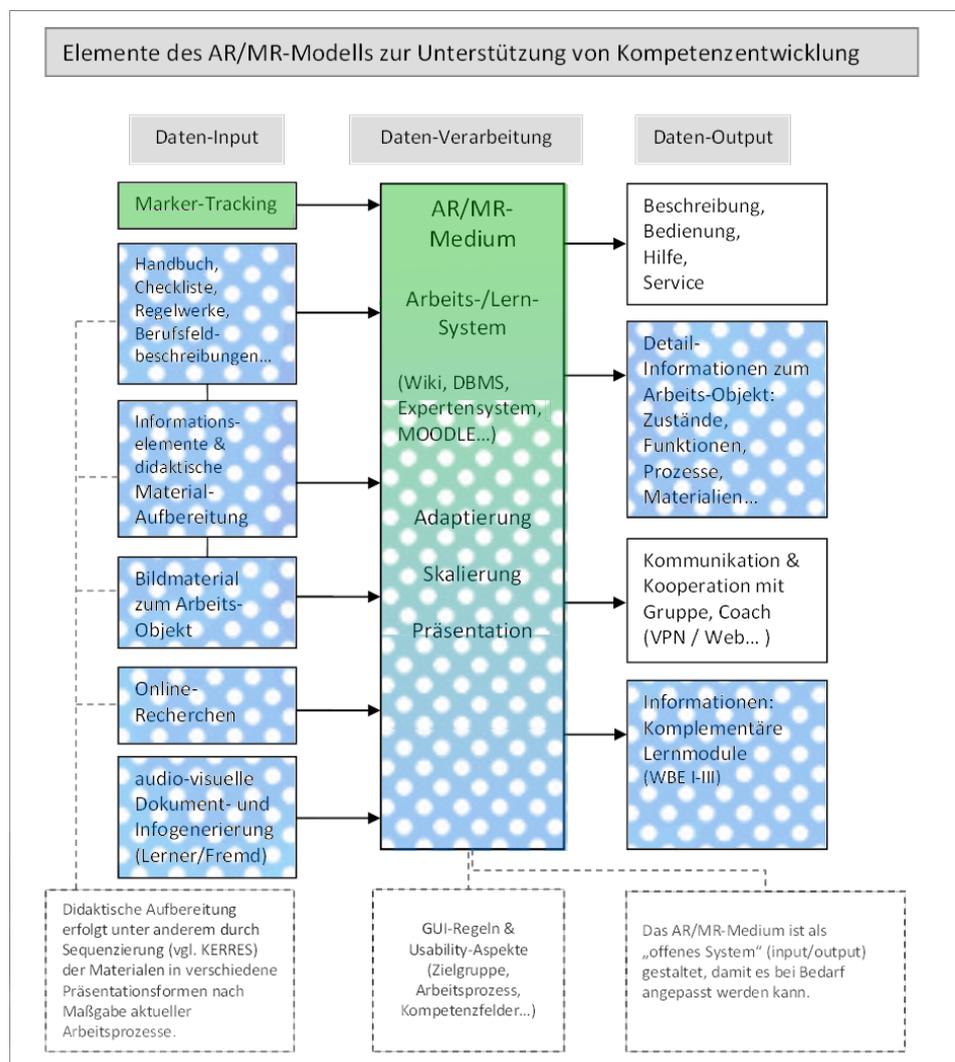


Abbildung 2: Komponenten des Lernsystems mit Datenfluss nach Martens-Parrée [10] (Bezug auf Kerres [8]); Die grün hinterlegten Komponenten sind in dieser Arbeit komplett umgesetzt, die blau hinterlegten (gepunkteten) exemplarisch

Die Tracking-Komponente stellt ein Kernstück jeder AR-Anwendung dar, da ohne Tracking keine Verknüpfung zwischen der realen Welt und den virtuellen Annotationen hergestellt werden kann. Das Konzept sieht eine direkte Verbindung zwischen Komponenten des realen Arbeitsobjekts und korrespondierenden Informationen vor. Daher muss ein Tracking, das diese Bauteile lokalisiert, auch im Prototyp umgesetzt sein. Es wird dazu ein marker-gestütztes System verwendet (siehe dazu auch Abschnitt 3.2).

Die Aufbereitung der Lerninhalte aus den domänenspezifischen Dokumenten ist exemplarisch umgesetzt. Um möglichst einfach ein Wissensmanagement aufbauen zu können, wurde für diese Komponente ein Wiki-System verwendet.

Das Programm ist abgesehen von dem exemplarisch zur Evaluation verwendeten Muster auch auf andere Kleinflugzeuge erweiterbar.

Eine allgemeine Skalierbarkeit auf beliebige technische Objekte und eine umfangreiche Adaptierbarkeit durch den Nutzer werden in diesem ersten prototypischen Ansatz jedoch noch nicht realisiert, ebenso wie Komponenten zur Kommunikation zwischen Lernpartnern oder ein Hilfesystem. Diese Funktionen können zunächst vernachlässigt werden, weil der Fokus der ersten Evaluationsstufe speziell auf den Arbeitsabläufen mit dem AR-Medium liegt und die genannten Funktionen für diesen Test nicht relevant sind. So werden die Probanden nicht durch zusätzliche Funktionalität vom eigentlich zu evaluierenden Programmteil abgelenkt. In späteren Entwicklungsphasen des Lernmediums kann die Komplexität der Software erhöht werden, wenn die Erkenntnisse aus den ersten Phasen bereits eingeflossen sind. Dieses Vorgehen reduziert den Entwicklungsaufwand, da ungeeignete Konzepte nach den Erkenntnissen der Tests verworfen werden können. Außerdem wird bei einem weitgehend ausgereiftem Prototyp die Phantasie der Probanden weniger angeregt und das Feedback ist bereits eingeschränkt [1, S. 165].

2 Didaktische Konzeption des Lernsystems

Für den Entwurf der MR-Lernsoftware müssen sowohl die technischen Aspekte als auch die lernpsychologischen Grundlagen berücksichtigt werden. Die didaktische Konzeption des in dieser Arbeit entwickelten Lernsystems basiert auf den von Martens-Parrée [10] beschriebenen Thesen und wird in diesem Kapitel erläutert.

2.1 Lerntheoretische Grundlagen

Lang [9] nennt Charakteristika der Informationsgesellschaft, aus denen sich neue Anforderungen an das Lernen allgemein und die berufliche Qualifizierung ableiten, unter anderem:

- erhöhter Konkurrenzdruck durch verstärkte Globalisierung und Mobilität (auch virtuell)
- Wissen als strategische Ressource
- rascher Wandel und zunehmende Komplexität in Gesellschaft, Wirtschaft und Technik
- hoher Zeit- und Kostendruck
- Anstieg des Qualifizierungsniveaus
- zunehmende Durchdringung von Wirtschaft, Wissenschaft und Kultur durch neue Medien

Daraus leitet Lang ab, dass zunehmend komplexere Arbeitsaufgaben eine Spezialisierung im Wissen und in den Arbeitsmethoden verlangen. Die Kurzlebigkeit der Informationen führt zu dem Zwang, Wissen ständig zu aktualisieren und kurzfristig verfügbar zu haben. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens, da „von immer mehr Menschen berufliche Qualifikationen verlangt [werden], die während ihrer Ausbildung noch gar nicht bekannt waren“ [9]. Die neuen Medien effektiv nutzen zu können, ist dabei in vielen Bereichen bereits zur Schlüsselqualifikation geworden. Der Zeit- und Kostendruck verlangt außerdem von (Weiter-)Bildungskonzepten eine gute Kosten-Nutzen-Relation und einen möglichst geringen Zeitaufwand [9]. Diese Anforderungen gilt es, in der beruflichen Weiterbildung umzusetzen.

Das von Martens-Parrée [10] entworfene System soll diesen Anforderungen gerecht werden. Ob dies grundsätzlich möglich ist, wird in dieser Arbeit in einer ersten Stufe evaluiert.

2.1.1 Kompetenzentwicklungsprozesse

Lerntheoretisch wird dieser Arbeit ein situierter, gemäßigt konstruktivistischer Ansatz zu Grunde gelegt. Im Vordergrund steht hier der Wissenserwerb in authentischen (Problem-)Umgebungen.

Aus Sichtweise des Konstruktivismus wird „Lernen zu einem individuellen Prozess der Interaktion einer Person mit [ihrer] Umwelt“ [4, S. 50]. Dichanz und Ernst definieren Lernen im Konstruktivismus wie folgt:

„Lernen ist ein Prozess der Informationsaufnahme und Erfahrungsverarbeitung, während dessen der Lerner das für ihn nützliche und geeignete Wissen selektiert, konstruiert und damit ständig seinen eigenen Lernprozess aktiv betreibt und bestimmt.“ [4, S. 50]

Laut [7] ist die Gedächtnisbildung erheblich verbessert, wenn die Informationen in einem Sinnzusammenhang eingefügt werden, der vom Lerner selbst hergestellt wurde.

Der radikale Konstruktivismus verneint dabei sogar die Existenz einer objektiv vorhandenen Wirklichkeit und damit auch die Möglichkeit gemeinsamer Lernziele [4].

Im situierten Lernen sind die Inhalte an bestimmte Situationen des Alltags gebunden, um so ein anwendungsnahes Wissen für die Praxis zu vermitteln [18]. Die zentrale Forderung ist, dabei Lern- und Anwendungssituation möglichst ähnlich zu gestalten, da Wissen als stark kontextgebunden angesehen wird [14]. Dies bezieht sich auch auf die soziale Umwelt des Lernenden. Daraus ist zu folgern, dass situiertes Lernen

- Lernen und Arbeiten in Gruppen⁴,
- die Nutzung von Hilfsmitteln,
- und die Anwendungsbedingungen von Wissen

berücksichtigen sollte [14, S. 141].

Die theoretischen Grundannahmen für den Lerntransfer unterscheiden sich jedoch erheblich zwischen den verschiedenen Vertretern der situierten Kognition (vgl. [14]).

Müller und Dürr beschreiben den Zusammenhang von Praxisbezug und prozeduralem Wissen:

„[Deklaratives] Faktenwissen allein verleiht noch keine Handlungskompetenz, weil das 'Gewusst-wie' nicht in den Fakten selbst

⁴Diese Forderung wird für die Evaluation des in dieser Arbeit entwickelten Prototyps vernachlässigt, um zunächst den Fokus auf die Nutzung des AR-Mediums durch den einzelnen Lerner zu legen. Sie wird jedoch in dem in [10] entworfenen Konzept berücksichtigt.

steckt. Das prozedurale Wissen hilft, ebendiese das Handeln beeinflussende Kompetenz aufzubauen und Problemlösefähigkeiten zu entwickeln. Man kann solche Fähigkeiten einerseits durch Beschreibung der Prozesse [...] und andererseits durch Übung [...und] Praxis, also durch Interaktion erwerben.“ [3, S. 169]

Schulmeister formuliert in Anlehnung an Alan Kay als Vorteile multimedialer Lernumgebungen: Interaktivität⁵, Reichtum an Information, multiple Perspektiven und Simulation dynamischer Modelle [15, S. 396]. Er definiert des weiteren sechs Stufen der Interaktivität, die nach dem Grad der Aktionsmöglichkeiten des Nutzers aufsteigend sortiert sind [5, mit Ergänzungen nach [10]]:

1. Objekte betrachten und rezipieren
2. Multiple Darstellungen betrachten und rezipieren
3. Repräsentationsform variieren
4. Inhalt der Komponente beeinflussen [durch Variation von Parameter- oder Datenvariablen]
5. Objekt der Repräsentation konstruieren [und Prozesse generieren]
6. Konstruktion [und manipulierende Handlungen] mit situationsabhängigen Rückmeldungen

Das AR/MR-Medium kann selbstbestimmtes, situiertes Lernen, wie oben gefordert, als interaktives Werkzeug und Lernmedium ermöglichen, da es Ausschnitte der Arbeitsprozessrealität virtuell in Echtzeit zusammen mit objektspezifischen Informationen multimedial präsentieren kann. Dadurch entstehen Möglichkeiten zu vielfältigen, individuellen Problemlösungs- und Lernstrategien. Durch Information, Exploration, Konstruktion, Kommunikation und Dokumentation⁶ entsteht eine intensive, interaktive und direkte Auseinandersetzung mit dem Arbeitsobjekt⁷ auf handlungsorientierter sowie kognitiver Ebene [10].

Das AR/MR-Medium stellt dabei ein Hilfsmittel dar, mit dem unter authentischen Anwendungsbedingungen Wissen selbstbestimmt direkt am Arbeitsobjekt eingesetzt werden kann.

⁵Schulmeister unterscheidet dabei Interaktion (zwischen Menschen) von Interaktivität (zwischen Mensch und Maschine).

⁶Kommunikation und Dokumentation werden in dieser prototypischen Umsetzung aus oben genannten Gründen vernachlässigt.

⁷Das Arbeitsobjekt ist im Kontext dieser Arbeit ein (Segel-) Flugzeug. Da die lerntheoretischen und didaktischen Grundlagen jedoch unabhängig von der konkreten Anwendungsdomäne sind, wird in diesem Abschnitt die allgemeine Bezeichnung „Arbeitsobjekt“ genutzt.

Die so genannten didaktischen Erweiterungen, durch Lernobjekte in multiplen Perspektiven präsentiert, sowie an objektspezifische Annotationen gekoppelt, erweitern das AR/MR-Medium als Werkzeug somit hin zum Lernmedium. Die Arbeitsumgebung - das AR/MR-Medium eingeschlossen - wird zur Lernumgebung [10].

Durch eine Einbettung des Systems in die Arbeitsabläufe wird selbstbestimmtes Lernen am Arbeitsplatz ermöglicht, ohne den Arbeitsfluss langfristig zu unterbrechen, wie dies etwa bei der Informationsbeschaffung mittels Handbuch⁸ oder bei stationären PC-Anwendungen der Fall ist. Dadurch soll die Bearbeitungszeit verringert und der kognitive Aufwand minimiert werden. Außerdem kann die mentale Kopplung⁹ aufrecht erhalten werden [10].

Die Annahme von Martens-Parrée [10] ist, dass über die mit dem Arbeitsobjekt direkt gekoppelten Informationselemente der konstruktive Aufbau mentaler Modelle und damit der Wissenserwerb durch Wissenskonstruktion begünstigt wird. Die Verbindung von kognitiven¹⁰ mit psychomotorischen¹¹ Elementen intensiviert die Lern- und Arbeitsprozesse und fördert den Erfahrungsaufbau. So ist das AR/MR-Medium einerseits ein Werkzeug, das insbesondere Fakten, Zusammenhänge, Prozesse, Struktur- und Prozessanalogien des Arbeitsobjekts komplexitätreduzierend darstellen kann. Andererseits ist es ein Lernmedium, welches den Erwerb und die Konstruktion von kontextuellem Wissen über lerner- und domänenspezifische Lernstrategien zu nachhaltigem Wissen (Kompetenzentwicklung) erleichtern kann. Dabei wird die Sichtbarmachung zunächst nicht-sichtbarer Eigenschaften des realen Arbeitsobjekts ermöglicht. Reale wie abstrakte Begriffe des Arbeits- und Wissensraums sowie deren Zuordnung im Fortgang des Arbeitshandelns und des vorausschauenden Denkens eröffnen über AR/MR neue Lern- und Handlungspotentiale, etwa durch [10]:

- einen gezielten direkten Informationszugang zum Arbeitsobjekt und damit eine Unterstützung der Konzentration
- die Fokussierung des Nutzers auf wesentliche arbeitsrelevante Details des Arbeitsobjekts
- eine ständige reale und informationelle Verbindung zum Arbeitsobjekt, also keine Unterbrechung der Objektrezeption
- Interaktion mit dem Objekt und damit eine Vertiefung des Verstehens des Arbeitsobjekts und der Arbeitsaufgabe

⁸Handbücher zu großen Flugzeugen und Maschinen sind häufig sehr umfangreich.

⁹Gedankliche Verbindung des Lernenden zum Arbeitsobjekt. Neues deklaratives Wissen wird sofort in den Kontext des Arbeitshandelns eingebettet.

¹⁰das Wahrnehmen, Denken, Erkennen betreffend [6]

¹¹Gesamtheit aller willkürlich gesteuerten, bewusst erlebten und von psychischen Momenten geprägten Bewegungsabläufe (z. B. Gehen, Sprechen oder Mimik) [6]

- die räumliche Identifizierung von Merkmalen der virtuellen und realen Objekte als Orientierung

Damit werden wesentliche Forderungen der Erwachsenen- beziehungsweise Weiterbildung und Persönlichkeitsentwicklung erfüllt, indem das Lernen in unmittelbaren Arbeitszusammenhängen aufgewertet wird. Darüber hinaus gewinnt der Sinn des Lernens im Prozess der Arbeit für Erwachsene an Bedeutung.

Die Nutzung des AR/MR-Mediums unterliegt keinem Zwang, wie beispielsweise durch betriebliche Anweisungen. Vielmehr ist diese abhängig von der Entscheidung (Motivation, Emotionen) jedes Einzelnen, Aufgaben und Problemlösungen selbstorganisiert, effektiv und effizient auszuführen und die damit verbundenen Lernangebote wahrnehmen zu wollen [10].

Die Kompetenzentwicklung vollzieht sich in folgenden Aspekten [10]:

- Gegenstandsbezug (Anwendungen, Anforderungen, Aufgaben, Situationen, die es zu meistern gilt)
- Entwicklungsbezug (Beschäftigungsfähigkeit, Ausschöpfung persönlicher Potentiale des Lerners)
- Sinn getragener Handlungsbezug (Erfahrungen, Vorkompetenzen an die die Weiterbildung anknüpft)

Laut Dichanz und Ernst ist „davon aus[zu]gehen, dass die Lernbiographien der einzelnen Lerner meist einflussreicher sind, als die elektronischen Lernsteuerungsmöglichkeiten und dass Lernen gerade von Erwachsenen weitgehend selbstgesteuert ist.“ [4]

Kompetenzentwicklung erfordert also [10]:

- einen durch Lernerzentrierung erweiterten Qualifikationsbegriff mit Entwicklungs- und Subjektbezug
- Berücksichtigung der Erfahrungen, Dispositionen, Motivation, Emotionen, Interessen und Vorkenntnisse des Lerners als Anknüpfungspunkte
- Lernen im Prozess der Arbeit (arbeitsintegriert),
- situiertes, selbstgesteuertes Lernen im Arbeitsprozess (handlungsorientiert)
- passende betriebliche Rahmenbedingungen
- informelle, lernfeldorientierte, bedarfsorientierte (konstruktive) Lernformen
- domänenspezifische und individuelle Lernstrategien

- Kommunikation & Kooperation im Lernprozess und damit entwicklung sozialer und personaler Kompetenzen

Da jeder Lerner demzufolge seinem eigenen Lernstil folgt, das heißt unterschiedliche Lernstrategien und Wege nutzt, müssen individuelle Ausprägungen derselben identifiziert und zur medialen Gestaltung operationalisiert¹² werden. Mögliche, daraus zu folgernde Gestaltungsaspekte sind [10]:

- Exploration
- Wahrnehmungselemente (Farben, Formen...)
- Präsentationsdramaturgie
- Strukturierungsformen
- Personalisierung
- Adaptierbarkeit¹³
- intuitive Bedienungselemente (Navigation, Interaktion)
- Informationsverarbeitungsfähigkeit der Zielgruppe
- Dokumentation
- Kommunikation
- Feedback und Reflexion
- Hilfe-/Unterstützungs-/Erklärungssysteme
- Motivation und Emotionalität unterstützende Prinzipien

Für die prototypische Umsetzung sind dabei besonders die Möglichkeit der Exploration, ausgewählte Wahrnehmungselemente und Strukturierungsformen, eine vereinfachte Präsentationsdramaturgie und intuitive Bedienelemente relevant. Hilfe und Unterstützung werden während der Evaluation durch den Versuchsleiter gewährleistet. Die anderen Gestaltungselemente kommen erst bei der Umsetzung komplexerer Funktionalität in weiteren Entwicklungsstufen zum Tragen.

¹²Durch Angabe der Operationen präzisieren, standardisieren [6]

¹³Maß der Anpassung einer Lernumgebung an individuell unterschiedliche Lernvoraussetzungen beziehungsweise Lernfortschritte. Adaptive Systeme kann der Nutzer aktiv an seine Bedürfnisse anpassen (Arbeitsgeschwindigkeit, Wiederholbarkeit, Vorkenntnisse ...) [4]

2.1.2 Wissensaufbereitung

Die Mehrzahl der Anwender der Beispieldomäne haben bereits Vorwissen (zum Beispiel über bereits bekannte Flugzeigmuster), wenn sie auf ein neues Flugzeug eingewiesen werden. Ihnen gilt es, ebenso wie der Zielgruppe des Projekts [10], aktuelles Arbeitsprozesswissen (Anpassungswissen), ausgelöst durch Auftreten neuer Informations- und Prozesszustände, technologischer Entwicklungen, neuer Arbeitshandlungen oder eben den Wechsel an ein anderes Arbeitsobjekt, auf allgemeinen wie speziellen Kompetenzebenen (siehe Abbildung 3 auf Seite 13) zu vermitteln.

Das darzustellende Wissen gliedert sich nach [10] in:

- Fakten (Begriffe)
- Prozeduren (Sequenz von Schritten, die zum Erreichen eines Ziels benötigt werden)
- Prinzipien (kausale und korrelative Zusammenhänge von Ereignissen oder Bedingungen).

Die Wissensorganisation soll durch Aufbereitung des Wissens, beim Aufbau, Verstehen und Behalten desselben helfen. Mittel dazu sind beispielsweise die Transformation in andere Darstellungsformen, Selektion, Hervorhebung, Strukturierung, Gliederung, Reduktion und Modifikation von Informationen. Der Lernprozess wird mit Hilfe spezifischer Informationspräsentationsformen geregelt und gesteuert (Wissensvermittlung). Dadurch sollen die Lerninhalte lernerorientiert und arbeitsprozessnah dem Wissensstand angepasst präsentiert werden. Der Lernprozess erfolgt dabei ganz oder teilweise selbstorganisiert [10].

Bei der Informationspräsentation müssen daher

- biologische Dispositionen¹⁴,
- Vorkenntnisse und Erfahrungen,
- personale Dispositionen der Lernfähigkeit¹⁵

der Zielgruppe beachtet werden [10].

Um den möglichen individuellen Lernstrategien der Zielgruppe gerecht werden zu können, muss — daraus ableitend — ein Pool von Informations-/Präsentationselementen und Rezeptionsmöglichkeiten zielgruppengerecht und adaptierbar bereit gestellt werden [10].

Die Eigenschaften des AR/MR-Mediums gestatten einen Wechsel der Präsentationsformen und der Perspektive, das heißt, neben der allgemeinen

¹⁴beispielsweise Alter, Geschlecht, Sehfähigkeit ...

¹⁵Barrieren können dabei sein: Qualifikationsrückstand, Lernentwöhnung, Resignation, Widerstand gegen die Lernzumutung, fehlende Sinneinsicht, Beurteilungsdefizite

Textorientierung der Inhalte können multicodale¹⁶ und multimodale¹⁷ Präsentations- sowie Interaktionsformen eingesetzt werden. Dadurch können Informations- und Verstehensprozesse personalisiert werden [10]. „Interaktive multicodale und multimodale Lernangebote eröffnen den Lernenden eine Vielfalt von Aktivitäten. Dies erweitert das Spektrum ihrer Lernstrategien und Lernerfahrungen“. [17] Außerdem können dadurch besonders gut komplexe authentische Situationen abgebildet werden und der Lerngegenstand aus verschiedenen Perspektiven, in verschiedenen Kontexten und auf unterschiedlichen Abstraktionsniveaus dargestellt werden [17].

Eine mentale Multicodierung des Lerngegenstandes beim Lerner verbessert die Verfügbarkeit des Wissens. Dies kann ebenfalls durch multicodierte und -modale Präsentationsformen stimuliert werden [17].

Arbeitsaufgaben und Arbeitshandeln (Tätigkeiten) generieren differenzierte Lernbedarfe, die sich formal durch Wissensnetzwerke darstellen lassen (siehe Abbildung 3).

Die Informationselemente (multicodal und multimodal repräsentiert) bilden ebenen- und inhaltsbezogen ein zunächst horizontales domäneorientiertes semantisches Netz (vgl. [8, S. 163]), eine sogenannte Weiterbildungsebene (WBE), das die Struktur des Arbeitsprozesswissens im AR/MR-Medium durch Knoten und Kanten (Relationen) didaktisch aufgebaut abbildet. Die Knoten repräsentieren die Daten, Begriffe, Prozesse und Zusammenhänge (Entitäten) des Sachgebiets. Weitere Wissensnetze, die verknüpftes Wissen beschreiben, können gekoppelt als neue Ebenen auftreten. Jedes Wissensnetz repräsentiert demnach auch eine eigene Schicht, die wiederum als kompetenzrelevante Weiterbildungsebene fungiert. Die Ebenen sind inhaltlich hierarchisch angeordnet und bauen relational aufeinander auf. Durch Relationen zwischen Informationselementen aus verschiedenen Ebenen entsteht auch über die Ebenen hinweg, ein transparentes dreidimensionales Wissensnetzwerk. Jedes Netz ist erweiterbar; weitere Schichten können hinzutreten. Die Ebenen werden über Methoden des Wissensmanagements generiert und verwaltet [10].

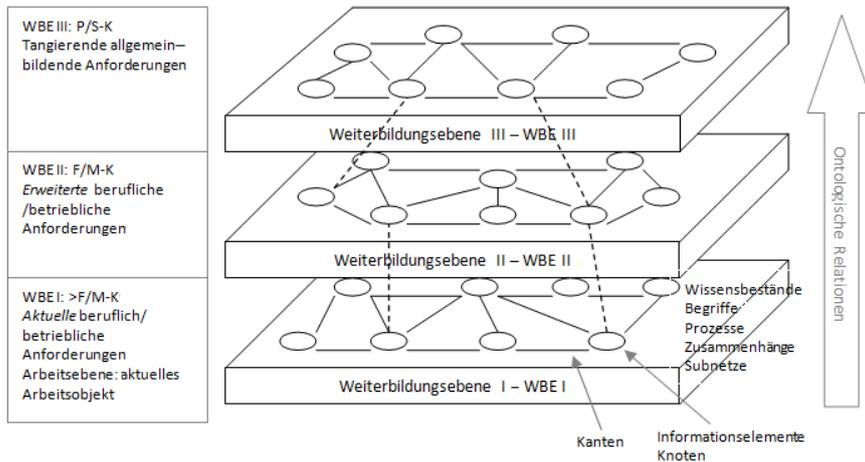
Martens-Parrée [10] geht dabei von drei Hauptebenen (I - III) aus (siehe auch Abbildung 3):

- WBE I (Werkzeug WBE): Enthält arbeitsprozessbezogene Informationselemente (sogenannte kognitive Werkzeuge) zur unmittelbaren Unterstützung und Bewältigung des aktuellen, situierten Arbeitsprozesses (Handeln am Arbeitsobjekt) auf der Grundlage prozessaktueller betrieblicher Arbeits- und Kompetenzanforderungen (Arbeitsprozesswissen, Handlungsketten), repräsentiert durch objektspezifische Anno-

¹⁶Informationsangebote mit unterschiedlichen Symbolsystemen beziehungsweise Codierungen (verbal, piktoral, Zahlen ...) [17]

¹⁷Informationsangebote, die unterschiedliche Sinnesmodalitäten (visuell, akustisch ...) ansprechen [17]

Modell semantisch verknüpfter Netzwerkebenen: Domänebasierte Anforderungsklassen (DBMS-basiert) zum Arbeitsprozess-/Handlungswissen (Expertensystem)



Die Anforderungen sind im AR/MR-Medium durch didaktische Elemente realisiert. Jede Ebene repräsentiert eine Information-, Arbeitsaufgaben- und Lernaufgabemenge, die mit Elementen (Modulen) der anschließenden Ebene semantisch verbunden ist.

BMaPa, 10.03.11

Abbildung 3: Weiterbildungsebenen: Mediales Wissensnetz der Wissensdomäne als Schichtenmodell semantischer Netze; aus [10] entnommen

tationen.

- Grundlage zur Aufbereitung der Informationselemente: ausgewählte Informationen aus Handbüchern, Arbeitsanweisungen, Handlungsberichten, ...
- Tangierende Kompetenzfelder: Fach-/Methodenkompetenzen und deren Differenzierungen (auch Medienkompetenz, Kommunikationskompetenz ...)
- **WBE II (Fachbezogene erweiterte WBE):** Den kognitiven Werkzeugen werden weitere Informationselemente zugeordnet, welche Fakten, Zusammenhänge und Lern-/Handlungsziele zum aktuellen Arbeits-/Berufsbild ergänzen
 - Grundlage zur Aufbereitung der Informationselemente: Relevante fachberufliche Dokumente (Ausbildungsordnungen, Fachpublikationen ...) werden mit Querverbindungen zur WBE I erweitert. Dazu finden Präsentationsformen zur Verdeutlichung von Zuständen und Prozessen Anwendung.
 - Tangierende Kompetenzfelder: Personale, soziale Kompetenz und Lernanforderungen außerhalb des Arbeitsplatzes (Selbstorganisationskompetenz, Lernkompetenz)

- WBE III (Allgemeinbildende (nicht-fachliche) WBE): Integration tangierender allgemeinbildender Informations- und Lernelemente, die die Einordnung in grundlegende Wissensgebiete erklären.
 - Grundlage zur Aufbereitung der Informationselemente: Ausbildungsrichtlinien mit Anforderungen an die Allgemeinbildung
 - Tangierende Kompetenzfelder: Selbstorganisationskompetenz, Lernkompetenz, Kooperationskompetenz

Die genannten Weiterbildungsebenen (WBE I-III) mit ihren Elementen bilden die Grundlage der sogenannten Sequenzierung der Inhalte, wie dort festgelegt wird, welche betrieblich notwendigen und zugleich lernfeldrelevanten Inhalte besetzt werden müssen, um Kompetenzen zu entwickeln und in welcher Reihenfolge sie gegebenenfalls erworben werden sollten (vgl. [8, S. 186]) [10].

Die Struktur der Ebenen kann auch die Messbarkeit von Kompetenzentwicklung unterstützen, da ebenenbezogene Lerneraktivitäten selektiv registriert werden können (Nutzungswegprotokollierung) [10].

2.2 Anwendung der Konzepte in der Domäne

Das Modell der semantischen Netze auf den verschiedenen Weiterbildungsebenen muss zur Strukturierung der Daten auf die Anwendungsdomäne der Umschulung auf ein neues Flugzeugmuster übertragen werden. Ein Ansatz dazu ist in Abbildung 4 gezeigt. Dazu ist zu beachten, dass die oberste, dritte Ebene nur eine Erweiterung der zweiten Ebene darstellt, während die WBE III im eigentlichen Modell nach [10] weiterführende Kompetenzen, wie beispielsweise Sozial- oder Medienkompetenzen, die über das Berufsfeld hinaus gehen, beschreibt.

Die WBE I beschreibt hier die Komponenten des aktuell betrachteten Flugzeugs und die benötigten Handlungskompetenzen, um sie zu bedienen, sowie vor allem Instruktionen zur Bewältigung der vorliegenden Arbeitsaufgabe, der Vorflugkontrolle. Die WBE II abstrahiert vom konkreten Flugzeugtyp und beschreibt allgemeine Bauformen, Funktionen und den wissenschaftlichen und rechtlichen Rahmen. Eine hier nicht dargestellte WBE III könnte sich mit sozialen Anforderungen wie Teamfähigkeit oder Medienkompetenz beschäftigen.

Als Wissensquellen für die Inhalte des Wissensnetzwerks gibt es in der gewählten Anwendungsdomäne der Überprüfung und Wartung von Kleinflugzeugen die Flug- und Betriebshandbücher der entsprechenden Baumuster, eventuelle spezielle Wartungsanweisungen, gesetzliche Bestimmungen, Ausbildungs- und Werkstatthandbücher sowie allgemeine Lehrbücher. Ergänzt werden diese Informationen durch das Wissen erfahrener Piloten. Diese Daten liegen im Original vor, sind aber auch in aufbereiteter Form (siehe

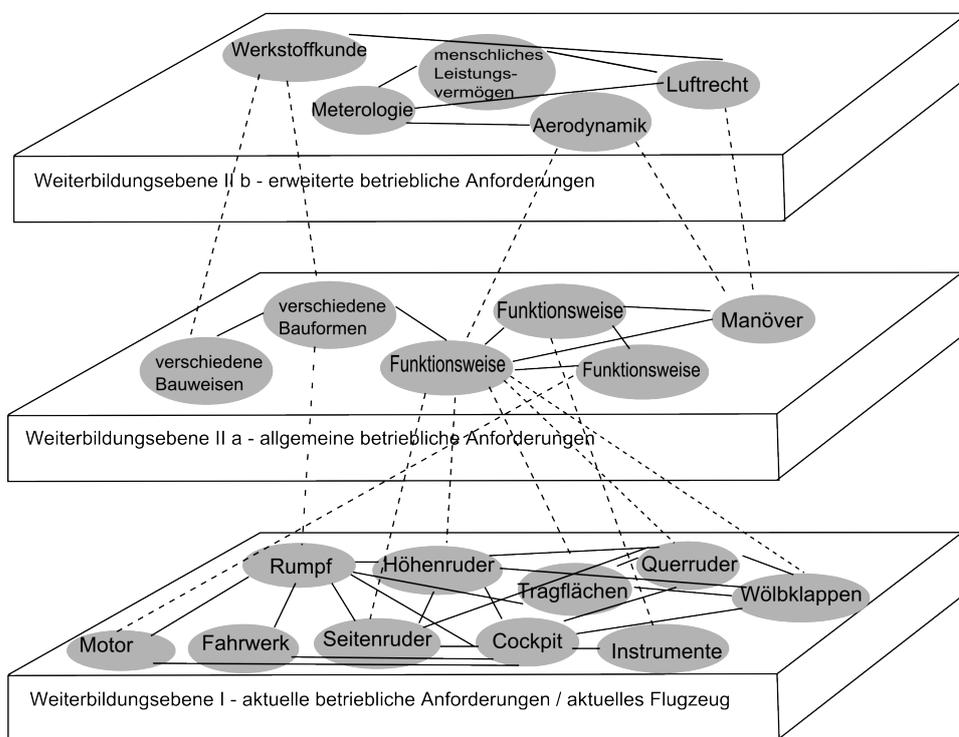


Abbildung 4: Weiterbildungsebenen in der Anwendungsdomäne Segelflugausbildung ausgehend vom Flugzeug als Lernobjekt

dazu auch Abbildung 4) in den Wissensnetzen enthalten. Diese Wissensnetze werden durch das Wissensmanagementsystem dargestellt und verwaltet.

3 Technische Umsetzung

Die Umsetzung der Konzepte aus Abschnitt 2 in einen Prototyp verlangt zunächst eine Fokussierung auf wesentliche Funktionen, die für die Evaluation des Modell essentiell sind. Die wurden bereits in Abschnitt 1.2 beschrieben. Für die ausgewählten Komponenten wird nun in den folgenden Abschnitten eine einfache Umsetzung entwickelt, deren Evaluation in Abschnitt 4 ausgewertet wird.

3.1 Betriebssystem und Hardware

Da ein direktes Arbeiten am Lernobjekt vorgesehen ist, liegt eine mobile Plattform nahe¹⁸. Das quelloffene, mobile Betriebssystem *Android* hatte als Smartphone-Betriebssystem im zweiten Quartal 2012 einen weltweiten Marktanteil von 68,1 Prozent [2] und war damit zu diesem Zeitpunkt Marktführer. Die hohe Verbreitung und der offene Standard ließen die Wahl auf diese Plattform fallen. Als Testgerät stand ein *Samsung Galaxy S II* mit der *Android* Version 4.0.3 *Ice Cream Sandwich* zur Verfügung. Damit ist eine weit verbreitete Kombination für diese prototypische Umsetzung gewählt, da laut [2] *Samsung* mit 31% Marktanteil weltweit im zweiten Quartal 2012 die meisten Smartphones verkaufte.

3.2 Entwurf

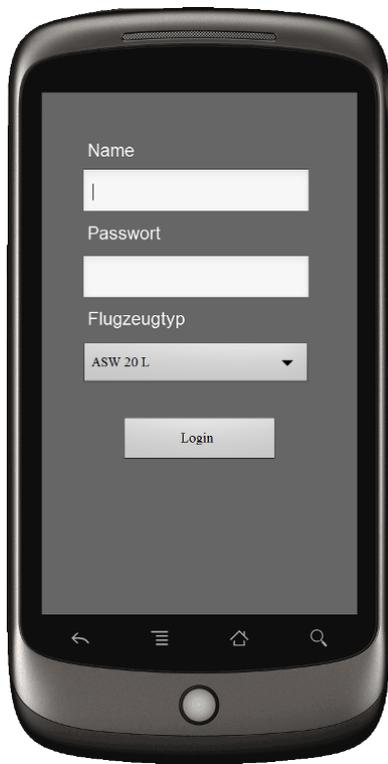
In diesem Abschnitt werden die gewählten technischen Lösungen allgemein und die aus ihnen resultierenden Aspekte der Benutzerschnittstelle des Prototypen erläutert.

3.2.1 Wissensmanagement

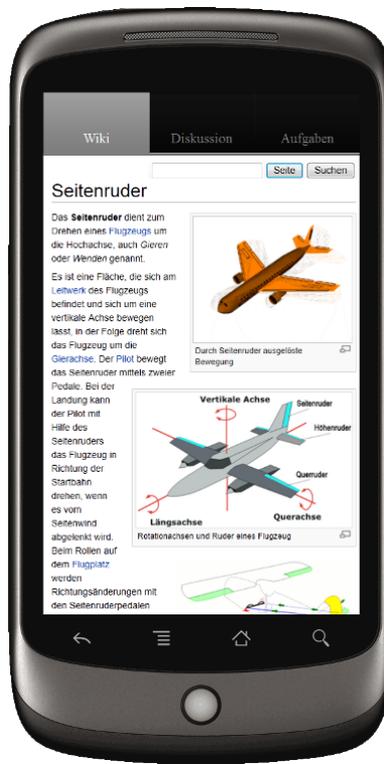
Abbildung 5a zeigt ein Mock-Up des Login-Bildschirms der MR-App. Ein Login wird benötigt, um die Probanden eindeutig den entsprechenden Logfiles zuzuordnen. Nach dem Login öffnet sich das Wissensmanagementsystem mit einer allgemeinen Informationsseite zum Arbeitsobjekt, dem beim Login ausgewählten Flugzeugtyp.

Das Wissensmanagement ist über ein Wikisystem realisiert, da es hier etablierte Software gibt, die auch gut für eine App angesprochen werden kann und in der die Aufbereitung und Verknüpfung der Daten besonders leicht

¹⁸Im folgenden wird daher für die AR/MR-Software auch der Begriff App verwendet



(a) Startbildschirm der App mit Login-Maske



(b) Wiki-Modus

Abbildung 5: Mock-Ups der Benutzeroberfläche: a) Login, b) Wiki-Modus

umzusetzen ist. Dazu wird die Software des *MediaWiki* Projekts¹⁹ verwendet. Diese ist auf einem Server installiert. Die Verwendung der App ist somit nur online möglich. Auf das Wiki wird über einen *WebView*²⁰ zugegriffen.

In das Wiki wurde nur ein exemplarischer Auszug der insgesamt wünschenswerten Daten importiert, der jedoch eine Evaluation mit Probanden erlaubt. Die semantischen Netze, wie in Abschnitt 2.2 beschrieben, sind durch miteinander verlinkte Wikiseiten realisiert. Diese enthalten sowohl Texte als auch Bilder. Video oder Audiosequenzen wären ebenfalls integrierbar und bei einem Einsatz des Systems auch für multimodale Repräsentation wünschenswert, jedoch sind sie für die grundsätzliche Betrachtung des AR-Mediums nicht notwendig. Die Elemente der WBE I, die direkten Bezug zum Arbeitsobjekt Segelflugzeug haben, enthalten im oberen Bereich ihrer Wiki-Seite

¹⁹Das bekannteste Wiki ist die *Wikipedia* Enzyklopädie. Die für dieses Projekt entwickelte Software ist unter <http://www.mediawiki.org/wiki/MediaWiki> verfügbar (unter GPL Lizenz).

²⁰Android View-Klasse zur Darstellung von HTML- beziehungsweise Web-Inhalten. Siehe [11, WebView].

Informationen zu dem entsprechenden Bauteil, im unteren Bereich befindet sich eine Sektion, welche die jeweils bei der Vorflugkontrolle zu berücksichtigende Punkte enthält. Diese zweite Sektion bildet die konkrete Tätigkeit am Arbeitsobjekt ab, die den Kompetenzentwicklungsprozess unterstützen soll.

Abbildung 5b zeigt ein Mock-Up der Oberfläche im Wiki-Modus. Hier sind die Aufgaben noch auf einen getrennten Tab ausgelagert. Dieser Entwurf wurde jedoch im Laufe der Entwicklung verworfen, da zum einen eine direkte Zugriffsmöglichkeit auf die Informationen zum Bauteil auch während der Bearbeitung der Aufgabe, also der Vorflugkontrolle sinnvoll erschien. Zum anderen, da die Tabs die ohnehin bereits kleine Oberfläche des Smartphones unnötig verkleinerten. Zusätzlich wurde damit die Komplexität der Bedienung und Implementation reduziert. Dies lässt den Probanden mehr Diskussionsfreiraum für weitere Entwicklungsideen [1].

Durch die Abwendung vom Tab-Design entfiel auch der dritte Tab mit Verweis auf die entsprechende Diskussionsseite. Die Kommunikation in Lerngruppen oder mit Personen, die Hilfestellung leisten können, könnte hierüber und über die E-mail-Funktion des Wikisystems realisiert werden. Dies wurde aber für den Prototyp, ebenfalls zur Vereinfachung, außer Acht gelassen. Eine komplexe Kommunikation der Lerner untereinander und mit erfahrenen Betreuern kann auf Basis dieses ersten Prototyps und bei einem Evaluationsverfahren mit nur einem Durchlauf nicht aussagekräftig evaluiert werden. Durch den Wegfall der E-mail- und Diskussionsfunktion wurde kein Login im Wikisystem benötigt, wodurch auf dem Startbildschirm der App kein Eingabefeld für ein Passwort, im Gegensatz zum Mock-Up in Abbildung 5a, vorhanden sein muss.

Abbildung 6 zeigt Mock-Ups für die Kontextmenüs. Der Punkt *Einstellungen* ist aufgrund der Reduzierung der Funktionalität auf das für die Evaluation des Modells Wesentliche nicht umgesetzt. Hier könnten komplexere Funktionen für die Adaptierung des Lernmediums untergebracht werden. Dafür ist das Menü im Wiki-Modus um die Punkte *Favoriten* und *+Favoriten* erweitert. Der Nutzer kann mit *+Favoriten* die Wikiseite, die er gerade betrachtet, auf der unter *Favoriten* aufrufbaren Liste abspeichern. Somit muss er nicht zwangsweise der durch die semantischen Netze vorgegebenen Struktur folgen, sondern kann sich individuelle Zugriffsmöglichkeiten und Wege schaffen.

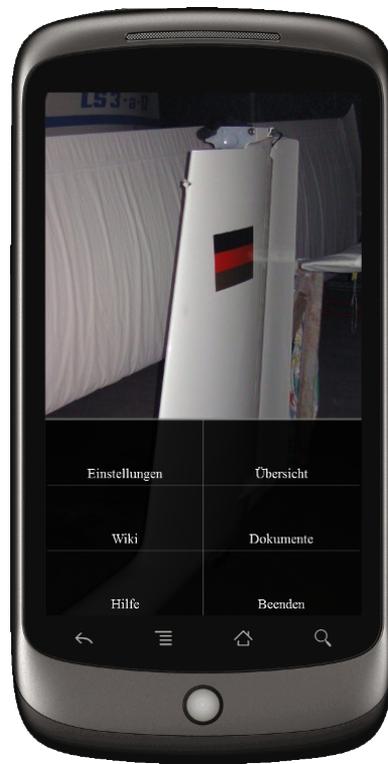
3.2.2 Augmented-Reality

Für das Tracking fiel die Entscheidung zu Gunsten eines markergestütztes Systemss. Dies hat mehrere Gründe: Es existieren bereits Frameworks²¹ mit stabiler Implementation, diese sind sehr robust. Desweiteren steuern die Mar-

²¹Beispiele sind Metaio (<http://www.metaio.com/products/sdk/>) und Vuforia (<http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>)



(a) Wiki-Modus mit geöffnetem Menü



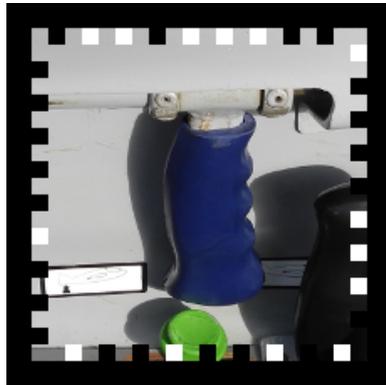
(b) Kamera-Modus mit geöffnetem Menü

Abbildung 6: Mock-Ups der Benutzeroberfläche mit geöffneten Menüs: a) Wiki-Modus, b) Kamera-Modus

ker die Aufmerksamkeit des Anwenders auch ohne Smartphone²² auf konkrete Punkte des Arbeitsobjekts, dies kann den Lerneffekt unterstützen und hilft die relevanten Stellen zu identifizieren.

Dazu wird in dieser Arbeit das AR-Framework *Vuforia* [13] der Firma *Qualcomm* verwendet. Die ID-Marker des Frameworks sind sogenannte *Frame Marker*. Sie tragen ihre Information, eine Ganzzahl zwischen Null und 511, als Binärcode auf einem quadratischen Rahmen, der die Mitte des Markers frei lässt. Dies ermöglicht es, zusätzliche graphische Information (Text, Foto oder Piktogramm) innerhalb des Quadrats unterzubringen [12]. In dieser Arbeit wurden in die Mitte der Marker Fotos der einzelnen Bauteile untergebracht, um die Zugehörigkeit der Markierung für die Probanden deutlicher zu machen. Beispielsweise könnte bei einem an der Tragfläche angebrachten Marker unklar sein, ob sich dieser auf die gesamte Fläche, nur den Randbogen, oder die Flügel-Vorderkante bezieht. Abbildung 7 zeigt zwei Beispiele.

²²oder Tablet



(a) Marker ID 7



(b) Marker ID 15

Abbildung 7: Zwei *Frame Marker* mit integriertem Foto: a) Störklappenhebel, b) Seitenruder

Im Kamera-Modus kann der Nutzer das Arbeitsobjekt, hier das Flugzeug, erkunden. Dabei soll seine Aufmerksamkeit durch die Marker gelenkt werden.

Wird ein Marker detektiert, wird eine Graphik über das Kamerabild des Arbeitsobjekts eingeblendet, die für den Nutzer anzeigt, was es dort zu erkunden gibt, und die dann als Button fungiert, um zu weiteren Informationen zu gelangen. Diese werden aus dem entsprechenden Eintrag im Wiki abgerufen.

In Abbildung 9 ist ein Marker zusammen mit der Textur gezeigt, die im AR-Modus die Annotation darstellt. Im Gegensatz zum Mock-Up in Abbildung 8b ist die Textur in auffälligem Grün, damit sie sich gut von den meist weißen, roten, orangen oder blauen Flugzeugoberflächen absetzt. Sie wird außerdem direkt oberhalb des Markers gerendert, da jeder Marker ein eigenes Koordinatensystem für die zum ihm gehörige Geometrie erzeugt. Bei der gleichzeitigen Detektion mehrerer Marker könnte eine Zuordnung der Annotation für den Nutzer erschwert werden.

3.3 Software-Architektur

Wie bei Android-Apps üblich besteht die Architektur aus einem losen Verband von *Activities*. *Activities* sind Klassen die Funktionalität zusammenfassen und meistens eine *View*, eine als XML-Datei definierte Benutzeroberfläche haben.

Die beiden zentralen *Activities* des Programms sind die *CamActivity* und die *WikiActivity*. Sie sollen die Hauptfunktionalität abdecken. Die *WikiActivity* zeigt die Wikiseiten mit den entsprechenden Inhalten aufbereitet an und wird für die Anfragen an die Wikisoftware dabei von einer Helferklasse unterstützt. Darin werden die Abläufe der Wiki API gekapselt. Dazu wurde



(a) Kamera-Modus



(b) Kamera-Modus mit detektiertem Marker

Abbildung 8: Mock-Ups der Benutzeroberfläche: a) Kamera-Modus, b) Kamera-Modus mit detektiertem Marker

das mit der *Android SDK* zusammen ausgelieferte Sample *WiktionarySimple* modifiziert. Außerdem gibt es eine Übersichtskarte, die einen Überblick über alle möglicherweise am Flugzeug angebrachten Marker gibt, und eine Liste für den Zugriff auf die digitalisierten Originaldokumente, beispielsweise das Flug- und Betriebshandbuch. Dies soll zum einen eine bessere Möglichkeit der Orientierung am Objekt erlauben, zum anderen eine Exploration auch abseits des Objekts ermöglichen. Diese beiden Funktionen werden ebenfalls von der *WikiActivity* realisiert, da die entsprechenden Informationen als Wikiseiten angelegt sind.

Für den AR-Teil ist die *CamActivity* zuständig. Sie wird durch eine native (C++) Klasse *FrameMarker* unterstützt, die sich um die Steuerung der Kamera kümmert und auch ansonsten den größeren Teil der AR-Funktionalität abdeckt. Sie nutzt die *QCAR*-Bibliothek des *Vuforia* Frameworks. Außerdem wird noch eine, hier zur Vereinfachung nicht dargestellte, Render-Klasse in Java benötigt. Dieser Aufbau basiert auf der Beispielanwendung²³ des Fra-

²³https://ar.qualcomm.at/qdevnet/developer_guide/FrameMarkers



(a) Marker



(b) Textur

Abbildung 9: Zwei Annotationen für die Ruderanschlüsse: a) der Marker, der als Markierung am realen Objekt angebracht ist; b) die Textur, die als virtuelle Annotation im AR-Modus darüber gelegt wird.

meworks zur Verwendung der *Frame Marker*. Die Picking-Funktion, um das angeklickte virtuelle Objekt zu identifizieren, wurde an das Vorgehen im *Dominoes*-Beispiel²⁴ angelehnt.

Die anderen beiden *Activities* decken zusätzliche Funktionsbausteine ab; das Login und das Anzeigen von Favoritenlisten.

Alle *Activities* speichern die Login-Daten des Nutzers. Der hier angegebene Flugzeugtyp bestimmt, welche Informationen aus dem Wiki geladen werden. Alle *Activities* haben zudem Zugriff auf die Logdateien, die das Nutzerverhalten für die Evaluation aufzeichnen und auf die abgelegten persönlichen Favoriten des Nutzers.

Es ist immer nur eine *Activity* aktiv. Bei jedem Aufruf einer *Activity* werden dieser die Variablen mit den Login-Informationen übergeben.

²⁴https://ar.qualcomm.at/qdevnet/developer_guide/Dominoes



Abbildung 10: Nutzer mit dem Smartphone an einem Marker am Rumpf des Segelflugzeugs

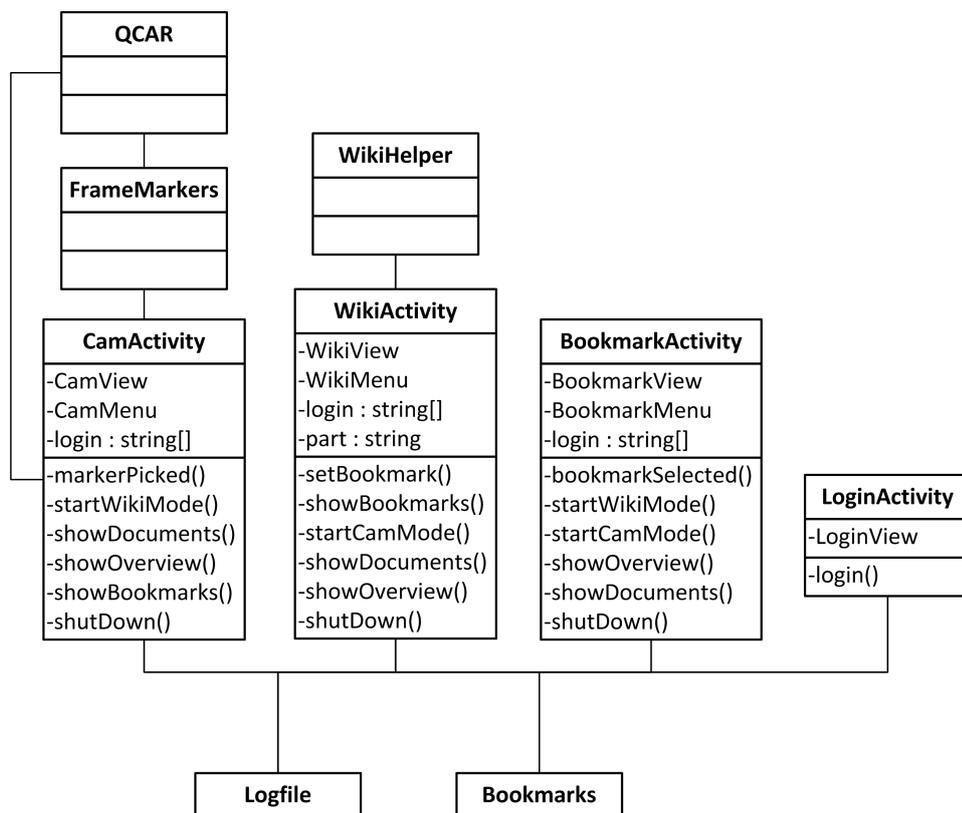


Abbildung 11: Vereinfachtes Klassendiagramm mit Fokus auf die wichtigsten Klassen und Member

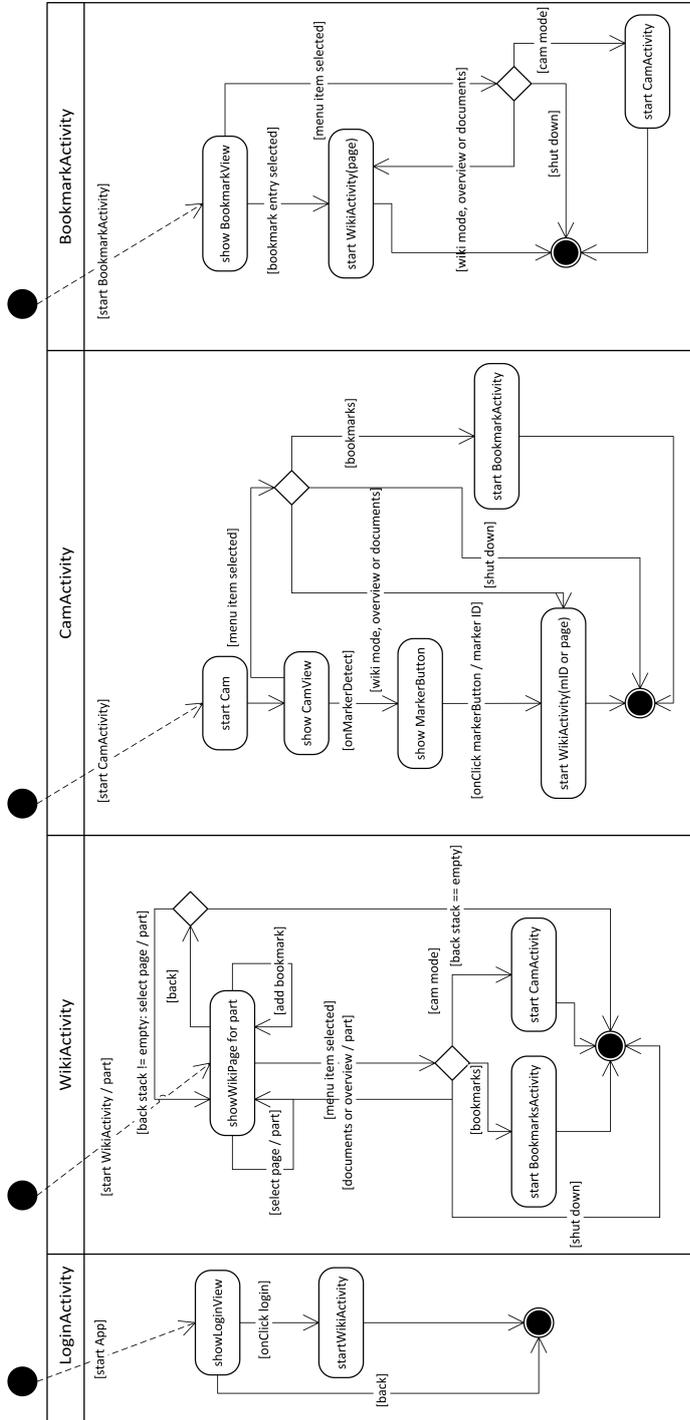


Abbildung 12: Aktivitätsdiagramm

4 Evaluation

Es wird ein Test mit Probanden in einer realistischen Umgebung durchgeführt. Geprüft wird zum einen, ob Wissen durch das System vermittelt werden kann und, ob es bei der vorgegebenen Aufgabe eine Arbeitserleichterung bietet. Da es ein prototypischer Entwurf ist, handelt es sich bei der Evaluation um die erste Stufe eines induktiven Usability Tests²⁵. Die Ergebnisse sollten gegebenenfalls in weitere Entwicklungsstufen der Software einfließen.

4.1 Vorgehen

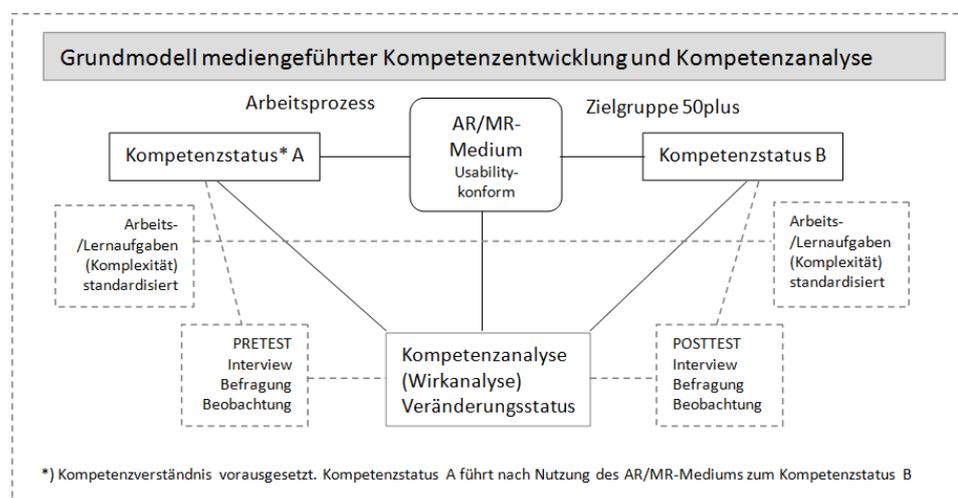


Abbildung 13: Evaluationsvorgehen für das Projekt nach Martens-Parrée; entnommen aus [10]

Als Testszenario in der Beispieldomäne dient die Vorflugkontrolle eines Segelflugzeugs in realistischer Umgebung auf dem Flugplatz. Die Probanden prüfen zuerst ein Flugzeug auf Flugfähigkeit nur mit Hilfe des Flug- und Betriebshandbuches und einer generischen Checkliste für Segelflugzeuge. In einem zweiten Schritt überprüfen sie ein weiteres Flugzeug des gleichen Baumusters, diesmal mit Hilfe der MR-Software auf einem mobile Gerät. Um eine Verfälschung der Ergebnisse durch die für das MR-System benötigten Marker zu vermeiden, die auch ohne Nutzung des Systems bereits die Aufmerksamkeit der Probanden lenken könnten, werden zwei verschiedene Flugzeuge genutzt. Dies ermöglicht zudem eine parallele Durchführung der beiden Testschritte.

²⁵Induktive Usability Tests werden während der Entwicklung in verschiedenen Phasen durchgeführt, um die Ergebnisse in die nächste Phase einfließen lassen zu können. Siehe dazu [1].

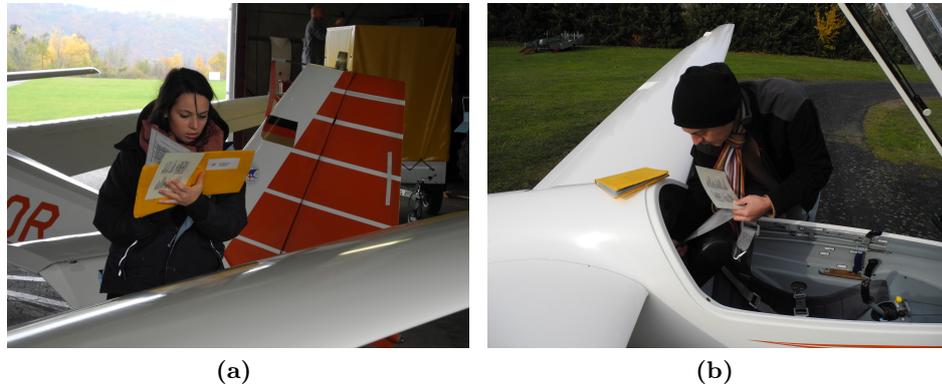


Abbildung 14: Zwei Probanden bei der Kontrolle mit Handbuch und Checkliste



Abbildung 15: Zwei Probanden bei der Kontrolle mit dem Smartphone

Die Flugzeuge werden mit „Fehlern“ präpariert, durch die sie fluguntüchtig wären. Bei einer Hälfte der Probanden sind die Fehler während des ersten Tests eingebaut, bei der anderen beim zweiten. Konkret wurden zwei Flugzeuge des Baumusters ASW 20 L eingesetzt. Das präparierte Flugzeug hat jeweils nur an einer Tragfläche eine Flächenverlängerung für die Erweiterung der Spannweite auf 16,6 m angebracht. Ein Wölbklappenanschluss (rechts) ist gelöst. Bei beiden Flugzeugen war der Reifendruck am Hauptrad zu gering.

Für die Auswertung wurde die Zeit gestoppt, die jeweils für die Kontrolle benötigt wurde. Zudem wurde durch den Versuchsleiter beobachtet, ob die Probanden alle relevanten Stellen überprüft hatten und ob die Fehler richtig erkannt worden waren. Abgesehen vom Versuchsleiter stand während des Tests noch ein weiterer Assistent zur Verfügung, der auf Anweisung des Probanden die Ruder bediente²⁶. Im Anschluss an beide Tests füllten die

²⁶Dieser Helfer wird auch bei einer normalen Vorflugkontrolle benötigt.



Abbildung 16: Zwei Probanden bei der Kontrolle mit dem Smartphone



Abbildung 17: Ein Proband beim Ausfüllen des Fragebogens

Probanden jeweils einen Fragebogen (siehe Anhang C) aus, der die allgemeine Einstellung zur Software sowie Wissensfragen zu der gerade durchgeführten Vorflugkontrolle abfragte. Zusätzlich wurden die durch die Software erzeugten Logfiles ausgewertet, um typische Wege durch das System zu identifizieren.

Es wurden sowohl erfahrene Piloten, als auch Anfänger in den Test einbezogen. Es haben 15 Probanden teilgenommen²⁷. Davon hatten vier kein nennenswertes Vorwissen über die Domäne Segelfliegen; die anderen elf befanden sich in verschiedenen Phasen der Pilotenausbildung im Verein. Das Vorwissen ist dabei in einer Kombination aus dem Ausbildungsstand und den bisher geflogenen Flugzeugtypen aufgeschlüsselt (siehe Anhang B). Die Verteilung kann Abbildung 18 entnommen werden. Keiner der Probanden hatte das als Arbeitsobjekt verwendete Segelflugzeug ASW 20 L bisher geflogen oder eine Einweisung darauf erhalten. Somit waren die Probanden geeignet, einen eventuellen Wissenserwerb über dieses Baumuster zu unter-

²⁷Laut [1] werden bei 15 Probanden bereits mindestens 90% der Usability Probleme gefunden und im Durchschnitt 97,05% bei einer Standardabweichung von 2,12.

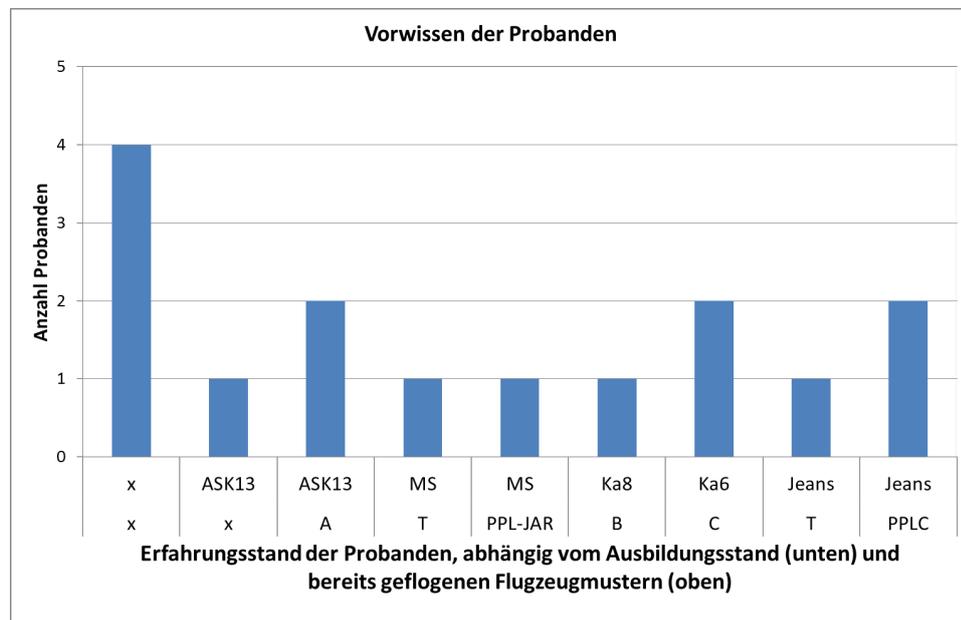


Abbildung 18: Vorwissen der Probanden bezüglich der Domäne Segelfliegen. Der Wissensstand nimmt von links nach rechts zu. Zur Bedeutung der Lizenzen und Muster siehe Anhang B

suchen. Das Testszenario entspricht damit nicht nur einer Vorflugkontrolle, sondern auch der zunächst weitgehend gleich verlaufenden Einweisung auf ein neues Muster (siehe Anhang A).

Der Test fand an zwei verschiedenen Tagen statt, am ersten wurden acht Probanden getestet, bei ihnen waren die Fehler am ersten Flugzeug (Checkliste/Handbuch) präpariert, am zweiten Tag waren es sieben Probanden, bei denen die Fehler in der zweiten Testphase (App) gefunden werden sollten.

Die Altersverteilung der Probanden kann Abbildung 19 entnommen werden. Die meisten Testpersonen (73%) kommen aus der Altersgruppe 14-29 Jahre, da dies das typische Alter für Flugschüler ist. Personen, die älter als 30 Jahre sind und keine Erfahrung mit dem Flugzeugmuster ASW 20 L haben, sind im Verein (siehe Anhang B) deutlich seltener. Daher war es nicht möglich, eine größere Zahl von älteren Probanden zu gewinnen.

Vier der fünfzehn Probanden sind weiblich. Dieser Anteil von 27% ist innerhalb der Domäne bereits sehr hoch, da Frauen mit nur 9%²⁸ nur einen kleinen Teil der Segelflieger in Deutschland stellen.

²⁸Nach Auskunft des Deutschen Aero Clubs, des deutschen Dachverbandes für die meisten Luftsportarten, vom 29. November 2012 sind 27744 der Mitglieder männlich und 2526 weiblich.

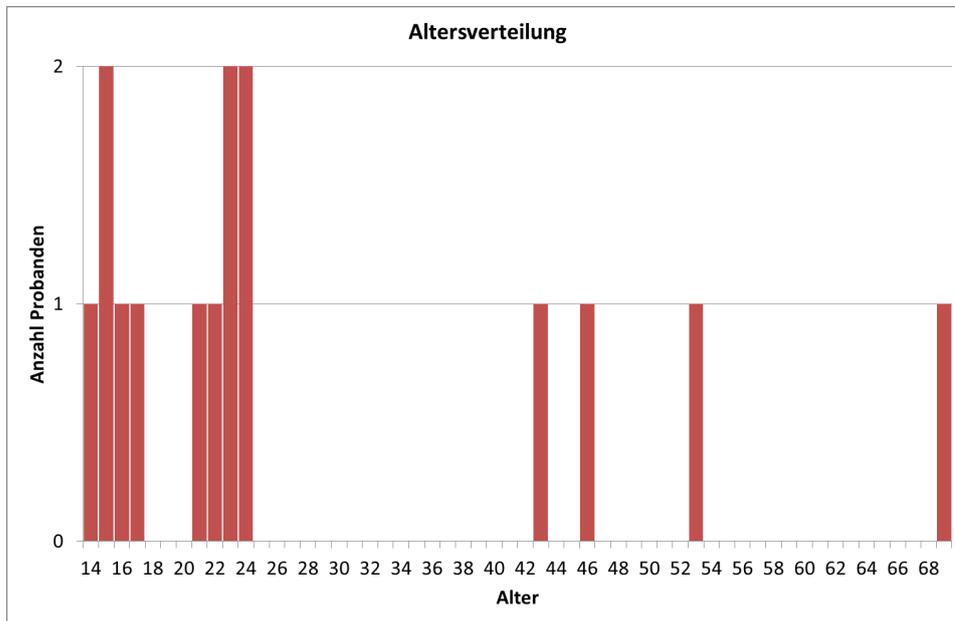


Abbildung 19: Altersverteilung der Probanden

4.2 Ergebnisse

Die Auswertung der Fragebögen, Logfiles und Beobachtungen des Usability-Tests zeigt verschiedene Zusammenhänge auf:

4.2.1 Zeitaufwand

Die Abbildungen 20 und 22 zeigen die Zeit, die die Probanden durchschnittlich für die Bearbeitung der gestellten Aufgabe benötigten. Gemittelt über alle Probanden wurden für die erste Testphase mit Handbuch und Checkliste 19,5 min und für die zweite Testphase 23,5 min benötigt. Die Mehrzahl der Probanden (74%) brauchte für die Vorflugkontrolle etwas mehr Zeit als bei der konventionellen Methode. Den Abbildungen kann entnommen werden, dass diese Unterschiede jedoch unter den Probanden ungleichmäßig verteilt sind.

Auffällig ist hier vor allem der Zusammenhang zwischen der benötigten Zeit und der Erfahrung der Probanden (Abbildung 20). Die einzige Gruppe, die im Durchschnitt mit Unterstützung des Lernsystems schneller war, ist die ohne Vorwissen in der Domäne. Die größte Zeitdifferenz tritt bei den Probanden mit mittlerem Erfahrungsstand auf. Um eine eindeutige Aussage dazu abzugeben, ist die Stichprobe der Probanden zu klein, jedoch korrespondiert diese Einschätzung mit der Beobachtung der Versuchsleiter, dass die Probanden mit mittleren Vorwissen mehr Zeit mit dem Lesen in der App verbracht haben. Für die Probanden ohne Domänenwissen war es an-

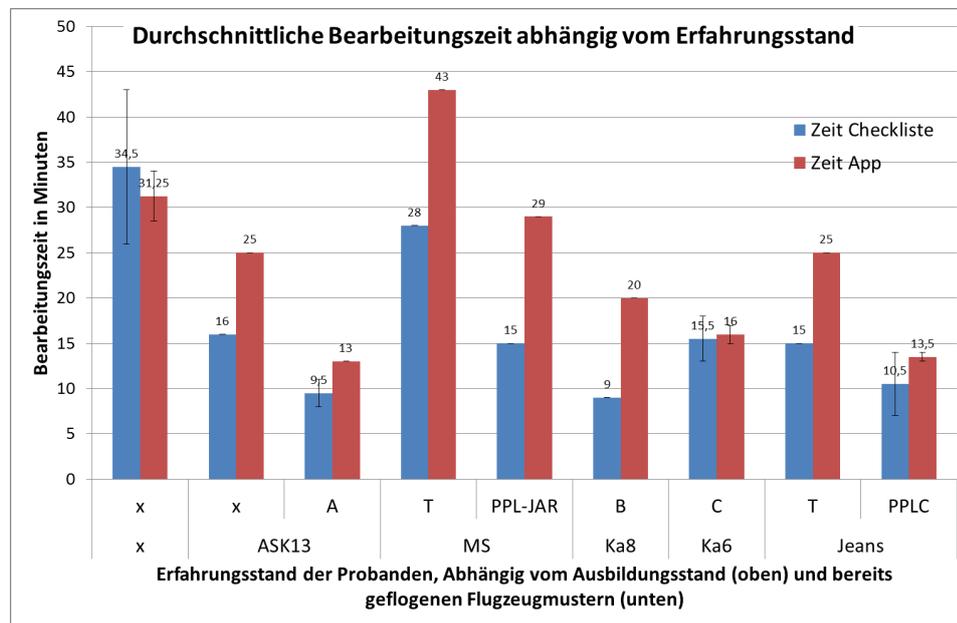


Abbildung 20: Durchschnittlich benötigte Zeit in den beiden Testphasen in Abhängigkeit vom Erfahrungsstand

scheinend leichter, die Informationen aus der App zu beziehen, während die Handhabung des Handbuchs für sie ungewohnt war und auch die gesamte Aufgabe erst einmal überblickt werden musste. Die erfahreneren Probanden konnten auf ihr Vorwissen zurückgreifen, sodass die Aufgabe an sich für sie mehr oder minder in gleicher Zeit zu bewältigen war, da sie nur Detailwissen nachschlagen mussten. Die Probanden mit mittleren Vorwissen hatten somit das größte Potential für einen Kompetenzzuwachs über die Nutzung der herkömmlichen Hilfsmittel (Handbuch, Checkliste) hinaus. Durch die App sind sie auf Informationen gestoßen, die sie im Handbuch nicht nachgeschlagen haben und dort auch nicht vermutet hätten. Das führte zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit den Inhalten. Die Zuordnung zum Ausbildungsstand ist bei dieser kleinen Stichprobe jedoch nur ein Trend. Im Vergleich der drei Gruppen mit dem höchsten Vorwissen kann anhand des „Ausreißers“, des Probanden mit T/Jeans mit einer höheren Zeitdifferenz, die These aufgestellt werden, dass die persönliche Disposition des Lerners, beispielsweise bezüglich Neugierde, ebenfalls eine große Rolle spielt.

Am geringsten ist die Zeitdifferenz in der Gruppe C/Ka6. Hier war einer der Probanden mit der App ebenfalls schneller als mit der Checkliste. Formal hat diese Gruppe zwar einen mittleren Erfahrungsstand, es ist jedoch erfahrungsgemäß davon auszugehen, dass in dieser Phase der Ausbildung der Übungsstand bezüglich der Vorflugkontrolle am höchsten ist.

Die Probanden mit Domänenwissen, die aus der Motorflugausbildung

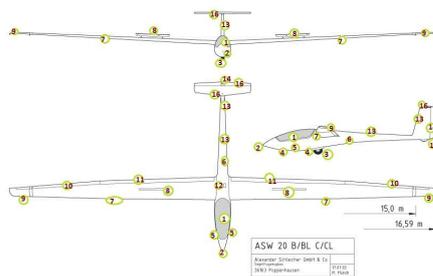
auf Motorseglern (MS) kommen, hatten jedoch aus anderen Gründen eine deutlich höhere Bearbeitungszeit für die Vorflugkontrolle mit App. Bei ihnen konnte beobachtet werden, dass sie mit den von der App angebotenen Informationen weniger gut an ihr bereits bestehendes Arbeitsprozesswissen anknüpften. Sie arbeiteten beide stark Checklistenorientiert (siehe auch unten bei Lernstrategien) und weniger explorativ mit den Markern. Sie nutzten dazu die Auflistung der Bauteile in der Übersichtsansicht des Wikis. Obwohl die Reihenfolge der Punkte in dieser Ansicht im Wesentlichen der der Checkliste gleicht (vgl. Abbildung 21), sahen sie die Auflistung als vollkommen neue Arbeitsanweisung an. Anstatt wie üblich gegen den Uhrzeigersinn um das Flugzeug zu gehen, die Punkte der Checkliste nur auf dieser Seite abzarbeiten und dann die Liste von unten auf der linken Flugzeugseite noch einmal durchzugehen, richteten sie sich nur nach den Listenpunkten. So wurden am Punkt „Tragflächen“ sowohl die rechte als auch die linke überprüft. Sie arbeiteten wenig vorausschauend. Das führte zu einem unstrukturierten, nicht linearen Umlauf um das Flugzeug. Bei dieser Herangehensweise ist die Gefahr, etwas zu übersehen, sehr hoch.

Beide Probanden waren davon überzeugt, dass ihnen die App diesen Arbeitsablauf vorgeben würde, obwohl ihnen zu Beginn des Tests, wie auch allen anderen Probanden, gesagt wurde, sie sollten bei der Vorflugkontrolle wie gewohnt vorgehen und die App dabei als unterstützendes Hilfsmittel nutzen.

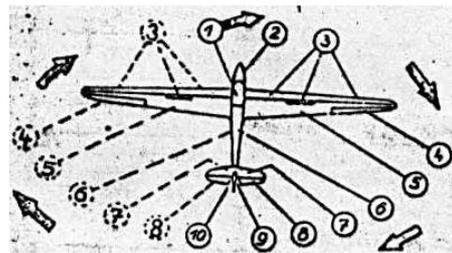
Im Motorflug ist die Nutzung detaillierter, fest vorgegebener Checklisten üblich. Dies wird auch in der Ausbildung eingeübt. Damit erklärt sich die stärker listenorientierte Strategie. Es ist jedoch unklar, ob das chaotische Vorgehen der Probanden mit der Einordnung in die Erfahrungsgruppe „Motorflieger“, oder mit dem Alter der Probanden zusammenhängt. Beide sind in der Altersgruppe 40-49 Jahre. Einer der Probanden hatte zudem Probleme bei der Bedienung des Endgeräts.

In der Altersgruppe 50+ traten zwar auch Probleme bei der Bedienung des Smartphones auf, jedoch wurden diese durch das große Vorwissen in der Domäne und eine höhere Bereitschaft, um Hilfe zu fragen, kompensiert. Es fiel diesen Testpersonen leichter, das Angebot als zusätzlich wahrzunehmen und gezielt Informationen nachzuschlagen.

Betrachtet man die Zeitverteilung über alle Altersgruppen in Abbildung 22, fällt ergänzend zur Abhängigkeit von der Erfahrung auf, dass die Altersgruppe 20-29 als einzige im Durchschnitt kaum einen Zeitunterschied aufweist. Die Vermutung liegt nahe, dass dies die Gruppe mit den meisten Smartphone-Nutzern ist. Trennt man die Verteilung aus Abbildung 22 jedoch nach Nutzern mit und ohne Smartphone-Erfahrung auf, bleibt die Verteilung der Zeitdifferenzen so gut wie gleich (siehe Abbildung 23): In der Altersgruppe 20-29 Jahre liegen auch alle Probanden ohne Vorwissen. Dadurch, dass diese Erfahrungsgruppe durchschnittlich mit der App schneller war, gleicht sie die Zeitdifferenz der anderen Probanden in dieser Altersstufe



1. [ASW 20 Cockpit-Innenraum](#)
2. [ASW 20 Staudruckabnahme](#)
3. [ASW 20 Hauptfahrwerk](#)
4. [ASW 20 Kupplung](#)
5. [ASW 20 Statikdruckabnahme](#)
6. [ASW 20 Rumpf](#)
7. [ASW 20 Fläche](#)
8. [ASW 20 Störklappen](#)
9. [ASW 20 Randbogen](#)
10. [ASW 20 Querruder](#)
11. [ASW 20 Wölbklappen](#)
12. [ASW 20 Ruderanschlüsse](#)
13. [ASW 20 TEK-Düse](#)
14. [ASW 20 Seitenruder](#)
15. [ASW 20 Sporn](#)
16. [ASW 20 Höhenruder](#)



Kontrollgang um das Flugzeug rechts herum:

1. Vom Führersitz aus
2. Am Rumpfvorderteil
3. Tragflügel (vorne)
4. Querruder
5. Tragflügel (hinten)
6. Rumpfsseite
7. Höhenflosse
8. Höhenruder
9. Seitenruder
10. Sporn

(a) Übersichts-Modus der App (die Graphik ist hier verkleinert dargestellt)

(b) Auszug aus der Checkliste, die Unterpunkte wurden zur Vereinfachung weggelassen

Abbildung 21: Vergleich der a) Darstellung der Übersichtsansicht der App mit der b) generischen Segelflugzeugcheckliste

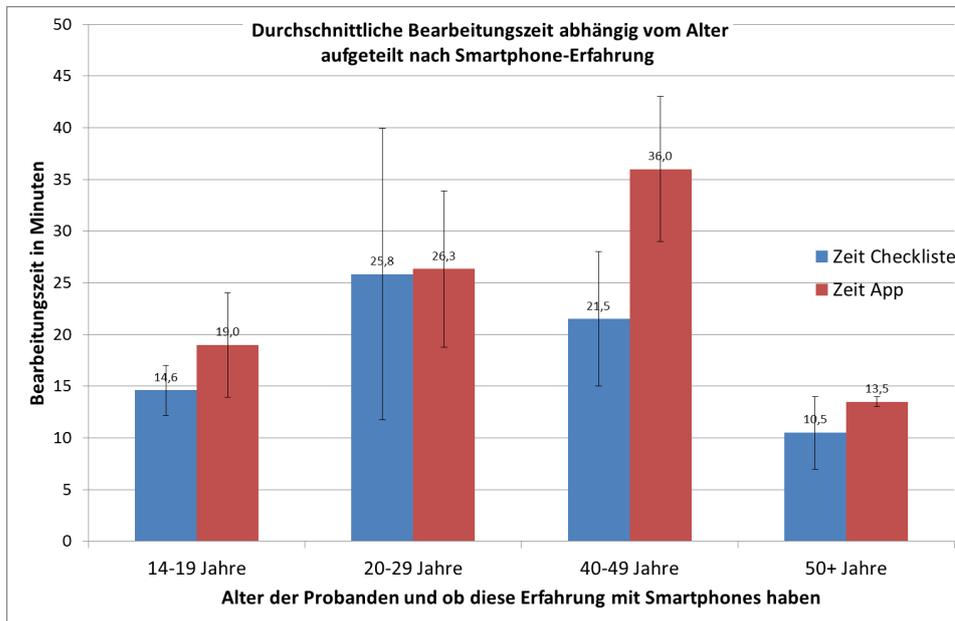


Abbildung 22: Durchschnittlich benötigte Zeit in den beiden Testphasen in Abhängigkeit vom Alter

aus. Eine eindeutige Aussage über eine Abhängigkeit vom Alter der Probanden ist daher durch den unterschiedlichen Erfahrungsstand innerhalb dieser kleinen Stichprobe nicht bestimmbar.

Obwohl 74% der Probanden beim Test mit der App mehr Zeit benötigten, gaben 80% an, dass das Arbeiten mit der App angenehmer war. Dabei wurde bei den positiven Eigenschaften der App am häufigsten (73%) genannt, dass sie besser strukturiert sei und somit ein schnellerer Zugriff mit weniger Suchaufwand auf die gewünschte Information möglich sei (auch durch direkten Zugriff über die Marker). Subjektiv haben die Probanden die zweite Testphase nicht als länger empfunden. Die Checkliste wurde von 60% der Probanden als nicht hilfreich eingestuft, da sie zu allgemein und schlecht strukturiert sei. Schlecht strukturiert nannten insgesamt 67%.

Entgegen der intendierten Zeitersparnis ergab sich ein zeitlicher Mehraufwand von durchschnittlich vier Minuten bei Verwendung der App. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass durch die Kombination der Informationen aus verschiedenen Bezugsdokumenten gründlicher gecheckt wurde. Eine Überprüfung, die tatsächlich alle diese Quellen in gedruckter Fassung berücksichtigt, hätte eine viel höhere Bearbeitungszeit in Anspruch genommen. Zudem ist durch den subjektiv durch die Probanden als schneller eingestuften Informationszugriff zu erwarten, dass sich die benötigte Zeit bei regelmäßiger Anwendung des Systems reduziert. Dies müsste jedoch in weiteren Tests untersucht werden.

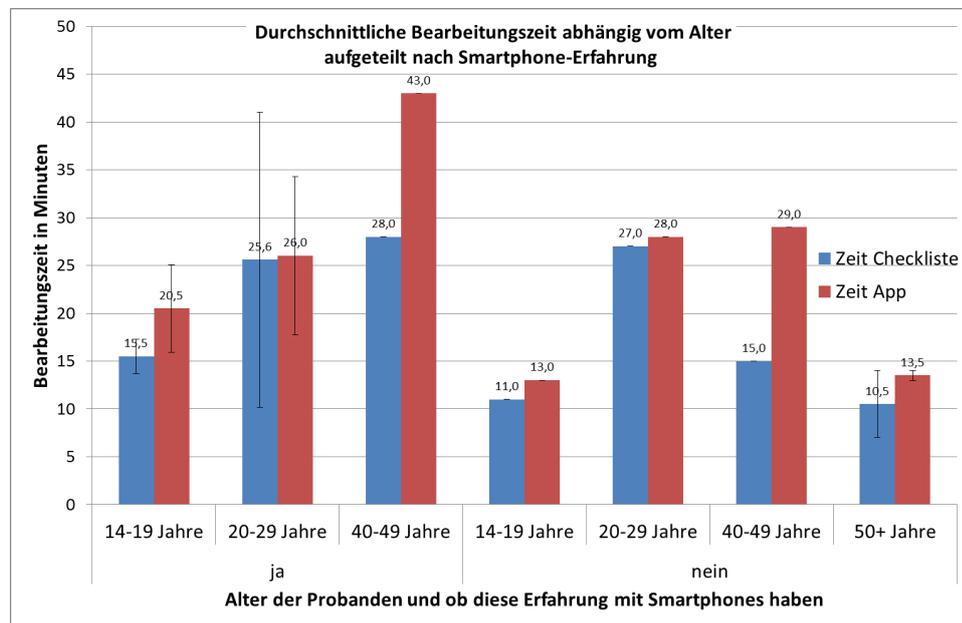


Abbildung 23: Durchschnittlich benötigte Zeit in den beiden Testphasen in Abhängigkeit vom Alter und Smartphone-Erfahrung

4.2.2 Wissenserwerb

Ein zweiter interessanter Aspekt ist der tatsächliche Wissenserwerb. Dazu wurden den Probanden im Fragebogen drei Fragen zum Flugzeug gestellt, die sie sowohl nach der ersten als auch nach der zweiten Teststufe beantworten sollten (siehe Anhang C):

Neun Probanden (60%) beantworteten die Frage, wo sich bei der ASW 20 die Einlässe für die Lüftung befänden, beim ersten mal falsch, einer von ihnen konnte sie nach der Verwendung der App richtig beantworten. Damit war dies die Frage mit den meisten falschen Antworten. Vier Probanden beantworteten die Frage mit der Position der Lüftungsauslässe. Hier liegt die Vermutung nahe, dass die Frage nicht verstanden worden war.

Bei der Frage, was beim Start an der Schwerpunktkupplung bei der ASW 20 zu beachten sei, haben ohne App sieben Probanden falsch geantwortet (47%); von ihnen konnten zwei diese Frage nach der zweiten Teststufe richtig beantworten.

Bei der Frage nach dem zulässigen Ruderspiel war der Zuwachs am größten: Vier der sechs Probanden mit falschen Antworten (40%) wussten es beim zweiten mal besser, ebenso wie zwei von den fünf (33%), die zuvor ausweichend geantwortet hatten. Also verbesserten sich insgesamt mehr als die Hälfte von allen, die bei dieser Frage falsch oder ausweichend geantwortet hatten.

Zusammenfassend kann man sagen, dass es tatsächlich einen zusätzlichen

Lerneffekt beim Arbeiten mit der App gegeben hat.

Bei den Ergebnissen der Vorflugkontrolle konnte nur beim Reifendruck, der in beiden Teststufen zu gering war, eine Verbesserung von 9 auf 11 Probanden, die den Fehler meldeten, beobachtet werden. Der Anteil derer, die die absichtlich eingebauten Fehler (gelöste Wölbklappe und falsches Flächenende) gefunden haben, war in beiden Gruppen ungefähr gleich²⁹.

4.2.3 Wiki-Nutzung

Vorflugkontrolle Die zur Fehlersuche und für die Beantwortung der Wissensfragen benötigten Informationen waren an unterschiedlicher Stelle in den Wikiseiten untergebracht. Die genauen Angaben zum Ruderspiel, welche die meisten Probanden bewusst wahrgenommen haben, waren innerhalb der Checklistenbereiche der Seiten zu finden, welche die Ruder beschreiben, während die benötigten Hinweise zur Lüftung und dem Start an der Schwerepunktakupplung innerhalb des Informationsbereichs der jeweiligen Wiki-Artikel untergebracht waren. Bei den zu identifizierenden Fehlern konnten alle Informationen den Checklistenbereichen entnommen werden.

Anhand der Logfiles kann ermittelt werden, ob die Probanden die dafür relevanten Informationselemente aufgerufen haben.

Insgesamt sieben Probanden haben alle Seiten, welche die für die Identifikation der eingebauten Fehler erforderlichen Informationen enthalten, aufgerufen, aber nur vier von ihnen haben auch alle für sie relevanten Fehler entdeckt. Dabei kamen drei der vier aus dem Durchgang, bei dem bei Verwendung der App keine zusätzlichen Fehler eingebaut waren. Zwei Probanden riefen keine der relevanten Seiten auf. Einer der beiden entdeckte trotzdem alle Fehler, der andere keinen. Zehn Probanden (67%) haben zu jeder Störung mindestens eine relevante Seite aufgerufen, von diesen wurden vier die zusätzlichen Störungen im Test mit der App präsentiert. Von ihnen entdeckte einer alle Störungen, einer zwei und zwei entdeckten jeweils nur eine Störung.

Wissensfragen Zwölf (80%) der Probanden haben zu jeder Frage mindestens eine relevante Seite angesehen; darunter waren auch alle vier Probanden, die erst beim zweiten Mal alle Wissensfragen richtig beantworteten.

Je Wissensfrage einzeln betrachtet bedeutet dies auch: Acht von neun derer, die die Frage nach der Lüftung beim ersten Mal falsch beantwortet haben, riefen mindestens eine der dazu Auskunft gebenden Seiten auf, aber nur einer von ihnen beantworteten die Frage danach richtig. Sechs von sieben derer, die bei der Frage zur Schwerepunktakupplung irrten, sahen sich mindestens eine dazu hilfreiche Seite an. Lediglich zwei antworteten daraufhin richtig. Bezüglich der Frage nach dem zulässigen Ruderspiel besuchten neun

²⁹jeweils: 5 von 8 (Checkliste) zu 4 von 7 (App)

von elf der falsch Antwortenden mindestens eine relevante Seite, immerhin sechs von ihnen beantworteten danach die Frage richtig.

Dies bedeutet, dass die Anwender nicht zwangsläufig alle Informationen wahrgenommen haben, die über die Annotation angegeben wurden und dass die Art der Präsentation für die Wahrnehmung eine sehr große Rolle spielt. Informationen, die innerhalb eines — kurzen — Informationstextes eingebettet sind, nimmt der Nutzer offenbar deutlich schlechter wahr als solche, die direkt an die Arbeitsaufgabe (Checkliste) gebunden sind. Für eine effektive Wissensvermittlung ist es demnach unerlässlich, dass die Informationen professionell didaktisch aufbereitet werden.

Zehn von fünfzehn Probanden (67%) antworteten auf die Frage, ob sie etwas gelernt hätten, positiv. Explizit verneint hat dies keiner der Probanden.

4.2.4 Lernstrategien

Bei der Betrachtung der Logfiles fällt auf, dass die Probanden auf unterschiedliche Art mit dem System gearbeitet haben. Mit insgesamt neun Probanden hat die Mehrzahl (60%) das AR-Medium benutzt, um das Flugzeug zu erkunden. Drei Probanden (20%) haben jedoch den Kamera-Modus so gut wie nicht benutzt und das Wissensmanagementsystem als reines Nachschlagewerk eingesetzt. Drei weitere Probanden wählten eine Mischform. Ein Proband benutzte dabei nur den Kameramodus, um die Kurzinfo, um welches Bauteil es sich handelt, abzurufen, und nutzte das Wissensmanagementsystem erst am Ende, um gezielt Informationen nachzuschlagen. Ein anderer blieb lange im Übersichtsmodus und arbeitete die dortige Liste als Checkliste ab, um später ihm unbekannte Komponenten mit dem Kameramodus zu erkunden. Ein Zusammenhang mit einer Alters- oder Erfahrungsgruppe war bei dieser kleinen Stichprobe nicht zu ermitteln.

Diese Ergebnisse zeigen eindeutig, dass das AR-Medium geeignet ist, um individuelle Lern- und Arbeitsstrategien zu ermöglichen und unterstützen.

Neun Probanden (60%) gaben später an, hätten bei den Wiki-Seiten die Kombination aus Infotext und Checkliste auf einer Seite so beibehalten, da sie die direkte Zugriffsmöglichkeit auf die Informationen während des Arbeitens der Checkliste für wichtig halten. Dies bestätigt die Entscheidung gegen das Tab-Design (vgl. Seite 18).

Von den anderen sechs Probanden wurden folgende Vorschläge gemacht:

- die Bereiche im Design deutlicher voneinander abzuheben,
- einen Link zu den Informationen auf der Checkliste zu machen,
- die Informationen ausblendbar zu gestalten.

Auch dies zeigt, dass die Probanden verschiedene Anwendungsstrategien verfolgen. Der letzte Vorschlag, die Informationen auf Wunsch auf der gleichen Seite einblendbar zu machen, deckt im Wesentlichen auch die anderen

zwei Vorschläge ab. Daher würde diese Umsetzung mit hoher Wahrscheinlichkeit von den meisten Nutzern favorisiert.

4.2.5 Einbettung in den Arbeitsprozess

Wie bereits oben erwähnt, fanden 80% der Probanden das Arbeiten mit der App angenehmer als mit Handbuch und Checkliste. Zusätzlich gaben dreizehn der fünfzehn Probanden (87%) an, dass das Arbeiten mit der App Spaß gemacht habe. Die anderen zwei gaben ausweichende Antworten, da sie eine solche Aufgabe nicht direkt mit Spaß verbinden würden³⁰, stimmten jedoch zu, dass das Arbeiten angenehm war. Lang hebt dazu in [9] hervor, dass Lernsoftware, die den Nutzern Spaß macht, einem gleichgültigen Lernen überlegen ist, da der Lernvorgang interessengetrieben ist und somit die Motivation erhöht. Dies ist besonders im Kontext des beruflichen Lernens wichtig.

Die Frage, ob das System als alleinstehendes Medium eingesetzt werden sollte, bejahten sechs Probanden, sieben würden es mit der persönlichen Betreuung durch einen erfahrenen Piloten kombinieren. Nur ein einzelner Proband würde auch die Checkliste kombiniert einsetzen.

Die Kommunikation in einer Lerngruppe zwischen den Lernenden und mit erfahrenen Kollegen (Tutoren) ist durch den situierten Ansatz in [10] bereits vorgesehen. Eine wichtige Erkenntnis ist an dieser Stelle, dass auch die Hälfte der Probanden diese Kommunikation fordert. Hier stehen sich die Lernkonzepte des Selbstbriefings und einer Unterweisung durch erfahrenere Kollegen gegenüber.

Eine Mehrheit der Probanden (60%) kann sich ein vergleichbares System im beruflichen Alltag vorstellen. Dabei wurden verschiedene Vorschläge für Einsatzbereiche gemacht:

- Einarbeitung in neue Maschinen
- Digitalisierung von Bedienungsanleitungen
- Checklisten für Maschinen (gegebenenfalls nach Reparaturen)
- Reparatur/Modifikation von Elektrogeräten
- QM-System in der Medizin(-technik)
- Auffrischung von Wissen
- Info-Tool in Museen (Freizeitbereich)

³⁰Beide Probanden waren solche ohne Vorwissen. Für sie war dies eine abstrakte Arbeitsaufgabe, während die Beschäftigung mit dem Flugzeug für die Probanden mit Vorwissen in den Bereich ihres Hobbys fällt.

Zwei Probanden lehnten einen Einsatz im beruflichen Umfeld ab, vier machten keine Angabe.

Zwölf von fünfzehn Probanden war ein vergleichbares System unbekannt. Nur zwei Probanden nannten QR-Codes, wie sie von Werbeanzeigen bekannt sind.

4.2.6 Kritik und Verbesserungsvorschläge

Die Probanden waren im Rahmen der Evaluation auch dazu angehalten, auf dem Fragebogen Kritik zu äußern und anzugeben, was ihnen an diesem System gegebenenfalls noch fehlt.

Dabei wurde von fünf Probanden die vereinfachte exemplarische Aufbereitung des Wissens als noch unzureichend bemängelt. Es wurden

- eine bessere Strukturierung der Texte,
- detailliertere Bilder,
- Videotutorials und
- mehr Informationen gefordert.

Dies bestätigt die oben genannten Ergebnisse zur Nutzung des Wikis.

Sieben Probanden fehlte die Möglichkeit, etwas zu dokumentieren beziehungsweise eine automatische Dokumentation durch das System, um

- sich selbst Notizen machen zu können,
- zur Dokumentation des Ergebnisses die Checkliste abhaken zu können,
- eine Kontrolle zu haben, welche Punkte man abgearbeitet hat und ob dies alle waren (Vollständigkeitskontrolle) und
- die Erledigung der Aufgabe dokumentieren und auch digital an Vorgesetzte weiterleiten zu können.

Auch die Dokumentation gehört zur Konzeption nach [10]. Damit ist an dieser Stelle gezeigt, dass sie eine wichtige, in einem ausgereiften System unerlässliche Komponente darstellt.

Folgende Punkte wurde jeweils nur von einem Probanden genannt:

- Verwendung eines markerlosen Trackings, damit auch Flugzeuge ohne Aufkleber genutzt werden können
- Verbesserung des Trackings bei schlechten Lichtverhältnissen³¹
- Verwendung eines Endgeräts mit größerem Bildschirm

³¹Die letzten Probanden beider Testtage führten den Test bei Sonnenuntergang im Freien durch.

- eine Anleitung der App in Papierform zum parallelen Nachschlagen
- eine gründliche Einweisung in die Bedienung des Smartphones
- einen Offline-Modus
- die Checkliste direkt im Kameramodus einzublenden

Die Verbesserung des Trackings bei schlechten Lichtverhältnissen ließe sich sehr leicht umsetzen, indem man dem Nutzer im Menü die Möglichkeit gibt, das Kameralicht einzuschalten. Die Anzeige der Checkliste direkt als „Overlay“ im Kameramodus erfordert eine im Hintergrund aktive Activity, die auf die Datenbasis zugreift. Auch dies wäre einfach umzusetzen. Für die Darstellung des Textes würde sich jedoch eine andere Repräsentationsform als ein Wiki-Eintrag besser eignen, zum Beispiel eine eigene Datenbank. Diese ist auch eine Voraussetzung, wenn die Funktion der App offline zur Verfügung stehen soll. Dies wäre in der evaluierten Domäne sinnvoll, da auf Flugplätzen häufig schlechte Internetverbindungen und eine unzureichende WLAN-Abdeckung des Geländes zu finden sind³². Der größere Bildschirm wirkt auf den ersten Blick sinnvoll, ist aber aufgrund der Beobachtungen bei den Probanden auch eher als persönlicher Stil einzustufen. Das kleinere Format des Smartphones wurde nämlich von mehreren Probanden genutzt, um dieses während Tätigkeiten am Flugzeug, bei denen sie beide Hände benötigten, in die Jackentasche zu stecken. In Arbeitsumgebungen am Flugzeug oder auch an größeren Maschinen fehlen oft Möglichkeiten, das Gerät sinnvoll zur Seite zu legen. Das Endgerät sollte somit sowohl nach den Vorlieben der Nutzer als auch nach der Arbeitsumgebung ausgewählt werden³³.

Von den Probanden nicht angesprochen wurden einige technische Probleme. Zum einen stürzte die App im Verlauf der Evaluation dreimal im Kameramodus ab und musste neu installiert werden. Der Fehler konnte nicht reproduziert werden. Die beiden betroffenen Probanden nahmen nach der kurzen Unterbrechung (etwa fünf Minuten) ihre Aufgabe wieder auf.

Zwei weitere Probleme traten erst bei der Analyse der Logfiles zu Tage: Zum einen ist der Stack für die „Zurück“-Operation noch nicht ausgereift, wodurch einige Probanden mehrfach hintereinander ungewollt auf der gleichen Seite landeten und nicht zurück in den Kameramodus oder zur Startseite kamen, zum anderen ließ sich bei vier Probanden der Übersichts-Modus mehrere Male nicht aus dem Wiki-Modus heraus öffnen. Der Logfile offenbarte, dass bei der Anfrage der Wiki-Seite der Flugzeugtyp nicht mit übermittelt wurde. Auch dieser Fehler trat nicht immer auf und ist noch nicht nachvollzogen. Er behinderte allerdings im Gegensatz zu den anderen beiden Fehlern die Probanden in ihrem Arbeitsablauf. In den Logfiles finden sich bei Probanden die

³²Die meisten Fluggelände liegen außerhalb geschlossener Ortschaften.

³³Denkbar sind hier auch Maschinen, bei denen aufgrund enger Winkel und kleiner Öffnungen nicht alle Marker mit einem großen Tablet betrachtet werden können.

den Übersichts-Modus verstärkt nutzten, mehrere Versuche hintereinander, diesen aufzurufen. Gelang dies nicht, wurde entweder ein umständlicherer Weg durch das Netz des Wikis über die Startseite gewählt, oder aufgegeben und doch über den Kamera-Modus fortgefahren.

5 Fazit und Ausblick

Ziel dieser Arbeit war es, eine erste prototypische Umsetzung des von Martens-Parrée [10] beschriebenen mobilen *Mixed-Reality*-Systems zur Unterstützung von Kompetenzentwicklung und zur Arbeitserleichterung in der technischen Weiterbildung zu entwickeln und die grundsätzliche Anwendbarkeit des Konzepts zu evaluieren.

Didaktisch wird dabei ein situierter, gemäßigt konstruktivistischer Kompetenzbegriff, im Sinne von Handlungskompetenz, verfolgt, das heißt, dass das System selbstbestimmtes Lernen integriert in den Arbeitsprozess und in Interaktion mit dem Arbeitsgegenstand ermöglichen soll.

Es wurde ein Prototyp für das mobile Betriebssystem *Android* entwickelt, der wesentliche Komponenten dieses Konzepts umsetzt. Diese sind eine direkte Verbindung zum realen Arbeitsobjekt durch den Einsatz von *augmented reality* (AR), eine Einbettung in den Arbeitsprozess durch die Bindung an eine konkrete Aufgabe und die exemplarische Aufbereitung und Strukturierung von Domänenwissen in einem dreidimensionalen semantischen Netz.

Als Beispieldomäne wurde die Ausbildung von Piloten auf Segelflugzeugen gewählt. Der betrachtete Arbeitsprozess ist die Umschulung auf ein neues bisher unbekanntes Muster. Zur technischen Vertrautmachung mit dem Muster soll als Arbeitsaufgabe eine Vorflugkontrolle durchgeführt werden. Es wurde in einem Probandentest untersucht, ob durch das prototypische System eine Wissensvermittlung stattfindet, ob es gut in die Arbeitsumgebung integrierbar ist und ob es eine Arbeitserleichterung darstellt.

Es konnte gezeigt werden, dass das Medium von den Probanden grundsätzlich angenommen wurde. Ferner konnte belegt werden, dass mit Hilfe des Systems den Probanden mehr Wissen vermittelt werden konnte als nur unter Einsatz des Flug- und Betriebshandbuchs des Flugzeugs und einer allgemeingültigen Checkliste. Es konnte noch nicht nachgewiesen werden, dass dieses Wissen auch einen Zuwachs an Handlungskompetenz impliziert. Subjektiv wurde die Software von den Probanden als arbeitserleichternd angesehen, die intendierte Zeitersparnis konnte jedoch nicht belegt werden. Die Mehrzahl der Probanden benötigte bei Einsatz der Software sogar mehr Zeit. Hier wird vermutet, dass dies durch die ebenfalls bezweckte intensivere Auseinandersetzung und den stärkeren Lerneffekt bedingt ist.

Das Arbeiten mit der App wird von den Probanden überwiegend als angenehmer empfunden als die klassischen Arbeitsmethoden, und das Arbeiten mit ihr mache Spaß. Dies lässt auf eine höhere Motivation der Zielgruppe, das Lernangebot wahrzunehmen, schließen.

Die These, dass der explorative Charakter des AR-Mediums und das netzartig angelegte Wissen ein selbstbestimmtes Lernen mit der Möglichkeit zu individuellen Lernstrategien fördern, konnte durch die beobachteten unterschiedlichen Nutzungsstrategien der Probanden gestützt werden.

Aspekte des Konzepts, die in diesem Prototyp bewusst ausgelassen wur-

den, wie etwa die Kommunikation mit Lernpartnern und erfahrenen Experten, sowie Möglichkeiten zur Dokumentation konnten indirekt bestätigt werden, da sie von einer Mehrheit der Probanden als fehlend eingefordert wurden. Eine Dokumentation eigener Anmerkungen spielt dabei für die Personalisierung des Lernprozesses ebenso eine Rolle, wie die automatisierte Dokumentation des Lern- und Arbeitsfortschritts. Gut die Hälfte der Probanden wünschte sich eine Kombination des selbstbestimmten Lernens mit Hilfe des Systems mit der Anleitung und Unterstützung durch einen erfahrenen Piloten. auch hier zeigen sich individuelle Lernstile in der Gegenüberstellung eines Selbstbriefings am neuen Muster und einer Einweisung durch erfahrene Kollegen. Wenn der Lerner jedoch selbst entscheiden kann, wann und in welchem Maße er in Kommunikation mit einem Kollegen tritt, ist dies kein Konflikt, sondern eröffnet neue individuelle Lernwege, ganz im Sinne des didaktischen Konzepts.

Das Projekt nach Martens-Parrée [10] stellt die Zielgruppe älterer Facharbeiter (50+) in den Vordergrund. In dieser Altersgruppe konnten, wenn auch bei sehr kleiner Stichprobe, Probleme bei der Bedienung des mobilen Endgeräts beobachtet werden. Diese wurden im Test durch hohes Domänenwissen weitestgehend ausgeglichen, könnten aber bei einem langfristigen Einsatz im beruflichen Umfeld die Ergebnisse in der Zielgruppe mindern oder die Motivation, mit dem System zu arbeiten, zum Erliegen bringen. Es muss somit eine Motivation durch persönliches Interesse bei den Beschäftigten erzeugt werden, dass System nutzen zu wollen. Darauf müsste gezielt durch den Erwerb von Medienkompetenz bezüglich des mobilen Gerätes hingearbeitet werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das MR-Medium in der angestrebten Form im Wesentlichen die angenommenen Anforderungen an berufliche Weiterbildung erfüllt.

Als nächste Schritte stünden nun an, das System um weitere Funktionalitäten wie Kommunikation und Dokumentation zu erweitern und dabei die gewonnenen Einsichten zur Gestaltung zu berücksichtigen. Dieses erweiterte System könnte dann gegebenenfalls in einer anderen Anwendungsdomäne auf weiterführende Aspekte zur Personalisierung, Adaption und zur didaktischen Aufbereitung der Wissensdomäne untersucht werden.

Um die komplexen Strukturen besser abbilden zu können, wird empfohlen, sich von der Repräsentation des Wissens in Form eines Wikis zu trennen und die Wissensnetze in einer eigenen Struktur abzubilden. Jedoch bietet das Wiki durch den dahinterstehenden Community-Gedanken den Vorteil der Partizipation an der Erstellung des Wissensnetzwerks. Dieser Community-Ansatz ist es wert, auch in der weiteren Konzeption noch einmal bedacht zu werden, zumindest für die Erstellung ergänzender Informationen.

A Glossar

A

- **Adaptierbarkeit** Maß der Anpassung einer Lernumgebung an individuell unterschiedliche Lernvoraussetzungen beziehungsweise Lernfortschritte. Adaptive Systeme kann der Nutzer aktiv an seine Bedürfnisse anpassen (Arbeitsgeschwindigkeit, Wiederholbarkeit, Vorkenntnisse ...) [4].
- **Annotation** Information(sdarstellung), die mit einem Bezugspunkt in der Realität verknüpft ist
- **AR** *augmented reality* (erweiterte Realität)
- **Arbeitsobjekt** siehe Objekt

B

- **Baumuster** hier: Flugzeugtyp, etwa ÄSW 20L: In der Luftfahrt können sich die einzelnen Stücke eines Musters (etwa die beiden im Probandentest verwendeten ASW 20L) noch in Details (etwa den Bordinstrumenten) unterscheiden, sofern das im Rahmen der Zulassung des Musters genehmigt wurde. Für verschiedene Beispiele siehe Anhang B.

C

D

- **DBMS** Datenbankmanagementsystem
- **Deutscher Aero Club, DAeC** Dachverband, unter dem die meisten Luftsportarten, darunter Segelflug, deutschlandweit organisiert sind
- **didaktische Erweiterung** Erweiterung der Arbeitsumgebung zu einer Lernumgebung mit Hilfe des AR/MR-Mediums, zum Beispiel, indem das Arbeitsobjekt durch virtuelle Elemente ergänzt wird.
- **Disposition** hier: Vorprägung eines Lernenden oder Beschäftigten, die auch seine Lernstrategien beeinflusst, zum Beispiel durch biologische (Alter, Geschlecht), biographische (familiärer Hintergrund, Erwerbsbiographie) oder persönliche Faktoren
- **Domäne** abgegrenztes Wissens- und Fertigkeitengebiet

- **deklarativ** in Bezug auf Wissenserwerb: faktenbezogenes Wissen, im Gegensatz zu prozeduralem Wissen. In dieses kann es jedoch umgewandelt werden: Deklaratives Wissen ist das theoretische Wissen, in dem der Mensch Fakten im Gedächtnis abspeichert. Dies können auch Handlungsanweisungen sein. Ruft er diese ab, führt er die Handlung bewusst und kontrolliert aus. Erst nach mehrfacher Wiederholung wird die Ausführung automatisiert und das Wissen wird als prozedurales Wissen (Regeln) abgespeichert, auf das leichter und schneller zugegriffen werden kann [16, S. 218] und [14, S. 139f].

E

- **Einweisung auf neues Muster** siehe Mustereinweisung.
- **explorativ** in Bezug auf Wissenserwerb: erkundendes Lernen, bei dem der Lernende Schwerpunkte und Vertiefungen selbst bestimmt

F

- **Flächenverlängerung** Beim Muster ASW 20 L kann durch Demontage der Randbögen und Anstecken von ca. 80 cm Flächenverlängerungen die Spannweite von 15 m auf 16,6 m vergrößert werden. Diese Option kommt bei keinem anderen im Verein³⁴ geflogenen Muster vor und kann bei Inaugenscheinnahme des aufgerüsteten Flugzeuges leicht übersehen werden.
- **Flugschüler** Pilot, der noch keine Pilotenlizenz besitzt und daher mit Fluglehrer oder unter Aufsicht eines Fluglehrers fliegt.
- **Flug- und Betriebshandbuch** auch Flughandbuch. Verbindliches Bedienerhandbuch des Herstellers für ein Flugzeug
- **Flugzeugmuster** siehe Baumuster

G

H

- **Handbuch** siehe Flughandbuch, Wartungshandbuch

I

J

³⁴Bezogen auf den Aero-Club Koblenz e.V.

K

- **kognitiv** Das Wahrnehmen, Denken, Erkennen betreffend [6]
- **kontextuell** in Bezug auf Wissenserwerb: Lernen im Sinnzusammenhang
- **konstruktivistisch** hier: pädagogischer Ansatz. Aus Sicht des Konstruktivismus ist Lernen ein individueller Prozess der Interaktion einer Person mit ihrer Umwelt in dem der Lerner ständig seinen eigenen Lernprozess aktiv betreibt und bestimmt. Siehe dazu Abschnitt 2 auf Seite 6
- **Kopplung, mentale** Gedankliche Verbindung des Lernenden zum Arbeitsobjekt. Neues deklaratives Wissen wird sofort in den Kontext des Arbeitshandelns eingebettet.

L

- **Lufteinlässe** Zur Belüftung des Cockpits verfügt die ASW 20 L über Lufteinlässe an der Rumpfseite unterhalb der Tragflächen. Von dort wird die Luft über Schächte zur Flugzeugnase geleitet und über die Haubeninnenseite (um Vereisung des Plexigalshaube vorzubeugen) in Richtung Pilot geleitet. Von vielen Probanden wurden die Lufteinlässe mit der Klappe im Cockpit verwechselt, mit der man die Luftzufuhr regeln kann.
- **Lüftung** Belüftungssystem des Flugzeugcockpits; wird durch die Lufteinlässe versorgt.

M

- **mentale Kopplung** siehe Kopplung, mentale
- **MR** *mixed reality* (vermischte Realität) Verallgemeinerung des AR-Begriffs zu einem System, dass sowohl virtuelle als auch physische Anteile enthält beziehungsweise darstellt.
- **multicodal** Informationsangebote mit unterschiedlichen Symbolsystemen beziehungsweise Codierungen (verbal, piktoral, Zahlen ...) [17]
- **multimedial** Informationsangebote, die auf verschiedene Speicher- und Präsentationstechniken verteilt sind, aber integriert präsentiert werden [17]
- **multimodal** Informationsangebote, die unterschiedliche Sinnesmodalitäten (visuell, akustisch ...) ansprechen [17]

- **Muster** siehe Baumuster
- **Mustereinweisung** auch Umschulung auf neues Muster. Formale Einweisung eines Flugschülers oder Piloten auf ein neues Segelflugzeugmuster. Im Verein in der Regel mit dem Studium des Flughandbuchs, einer ausführlichen Vorflugkontrolle, einer Sitzprobe, einem kurzen schriftlichen Test über Inhalte des Handbuchs und Flügen unter Beobachtung verbunden.

N

- **NDK** *Native Development Kit* ist eine Werkzeugsammlung, die es erlaubt, Teile einer Android App mit Hilfe nativer Programmiersprachen wie C und C++ zu implementieren, zum Beispiel, um bestehende Bibliotheken in diesen Sprachen nutzen zu können. [11]

O

- **Objekt** hier: Gegenstand/Sachverhalt, bei dessen Bedienung oder Bearbeitung der Lernende unterstützt werden soll
- **Operationalisierung** hier: Formalisierung und Übersetzung von Weiterbildungsinhalten und -prozessen in eine für das AR/MR-unterstützte Lernen geeignete Struktur; Durch Angabe der Operationen präzisieren, standardisieren [6]

P

- **prozedural** in Bezug auf Wissenserwerb: ablauf-, prozessbezogenes Wissen/Fertigkeit, im Gegensatz zu deklarativem „Fakten“-Wissen. Siehe auch dort.
- **psychomotorisch** Gesamtheit aller willkürlich gesteuerten, bewusst erlebten und von psychischen Momenten geprägten Bewegungsabläufe (z. B. Gehen, Sprechen oder Mimik) [6]

Q

- **QCAR** Bibliothek des Vuforia AR Frameworks der Firma Qualcomm [13]

R

- **Randbogen** aus aerodynamischen und Festigkeitsgründen bogenförmiges Tragflächenende. Läuft die Tragfläche stattdessen in eine nahezu senkrecht stehende Flosse aus, spricht man von einem Winglet. Der Randbogen kann Variabel sein. Siehe dazu auch unter Flächenverlängerung.

- **Rezeption, -sfähigkeit** Aufnahme von Information in Kommunikationsprozessen.
- **Ruder** Steuerelemente, um das Flugzeug um alle drei Achsen bewegen zu können (Querruder, Höhenruder, Seitenruder)
- **Ruderanschluss** Trennbare Verbindung zwischen der direkten Ansteuerung eines Ruders und den dazu gehörigen, im Rumpf befindlichen Steuerstangen.
- **Ruderspiel** Spiel der Ruderflächen bei festgehaltenem Steuer, gemessen an der Hinterkante. Das zulässige Spiel ist je nach Ruder und Baumuster verschieden und ist in der Regel nur im Wartungshandbuch zu finden.

S

- **Schwerpunktkupplung** Anschluss für das Startwindenseil. Dieser befindet sich stets nahe des Schwerpunktes auf der Unterseite des Segelflugzeugrumpfes, bei der ASW 20 L im Fahrwerksschacht. Daher darf das Fahrwerk im Windenschlepp keinesfalls eingefahren werden, da sich sonst das Seil nicht vom Flugzeug lösen würde.
- **situert, -es Lernen** Im situierten Lernen sind die Inhalte an bestimmte Situationen des Alltags gebunden, um so ein anwendungsnahes Wissen für die Praxis zu vermitteln. Siehe dazu Abschnitt 2 auf Seite 6

T

- **Tragfläche** ein Teil des Flügels. Abgesehen von exotischen Bauformen gibt es bei Segelflugzeugen in der Regel eine linke und eine rechte Tragfläche.

U

V

- **Vorflugkontrolle** Überprüfung des Flugzeuges auf Flugtüchtigkeit. Im Segelflugbetrieb findet eine umfassende Vorflugkontrolle zu Beginn des Flugbetriebs und zusätzlich vor jedem Flug durch den jeweiligen Piloten statt. Die tägliche Kontrolle ist Gegenstand des Probandentests.

W

- **Wartungshandbuch** verbindliches Wartungs- und Instandsetzungshandbuch des Herstellers für ein Flugzeug
- **WBE** siehe Weiterbildungsebene
- **Weiterbildungsebene** ein Netzwerk mit semantischer Struktur, das eine Wissensdomäne beschreibt.
- **Wölbklappe** Beim Muster ASW 20 L können die Langsam- und Schnellflugeigenschaften durch eine abklappbare Tragflächenhinterkante vom Piloten geregelt werden. Dieses Steuerelement kommt bei keinem anderen im Verein geflogenen Segelflugmuster vor. Der in der Vorflugkontrolle ausschlaggebende Anschluss ans Rudergestänge gleicht den Anschlüssen der anderen Steuerelement im Tragflügel und sollte von fortgeschrittenen Flugschülern (ungeschult auf Jeans) problemlos überprüft werden können.

X,Y,Z

B Die Flugausbildung

Das Vorwissen der Probanden in Bezug auf das Baumuster ASW 20 L richtet sich nach der allgemeinen fliegerischen Qualifikation und den bereits geflogenen Segelflugzeugmustern. Die allgemeine fliegerische Qualifikation ist dabei deutschlandweit nach den Richtlinien für die Ausbildung standardisiert. Die bereits geflogenen Muster hängen von den im Verein zur Verfügung stehenden ab. Hierbei richtet sich die Einordnung nach dem Flugzeugpark des Aero-Club Koblenz, bei dem die Evaluation durchgeführt wurde, und dessen vereinsinterne Regelungen für die Umschulung auf andere Muster.

Kürzel	Qualifikation	Erläuterung
x	keine	Teilnehmer ohne fliegerische Vorkenntnisse und Flugschüler, die noch mit Lehrer fliegen müssen; fliegen ASK 13
A	A-Abzeichen	Flugschüler nach dem ersten Alleinflug (A-Prüfung); fliegen ASK 13 und Ka 8b
B	B-Abzeichen	Flugschüler nach der B-Prüfung (Demonstration von Grundfertigkeiten im Alleinflug); können auf Ka 6 CR umgeschult werden
C	C-Abzeichen	Flugschüler nach der C-Prüfung (Demonstration von fortgeschrittener Manövern im Alleinflug)
T	bestandene Theorieprüfung	Flugschüler nach bestandener theoretischer Prüfung für die Pilotenlizenz; Segelflugschüler können auf den Jeans Astir umgeschult werden
PPLC	Privatpilotenlizenz Segelflug	berechtigt zu nichtgewerblichen Flügen in Segelflugzeugen; Inhaber können auf alle Segelflugzeugmuster des Vereins eingewiesen werden (einschließlich der ASW 20 L)
PPL-JAR	Privatpilotenlizenz Motorflug	berechtigt zu nichtgewerblichen Flügen auf denjenigen Klassen motorgetriebener Flugzeuge, die in der Lizenz eingetragen sind

Tabelle 1: Einteilung der Probanden nach Ausbildungsstand

Kürzel	umgeschult auf	Beschreibung des Musters
x	keine	(Teilnehmer ohne fliegerische Kenntnisse)
ASK13	ASK 13	doppelsitziges Schulflugzeug in traditioneller Gemischtbauweise (bespannter Stahlrohrumpf, bespanntes Trag- und Leitwerk in Holzbauweise)
Ka8	Ka 8 b	einsitziges Schulflugzeug in Gemischtbauweise
Ka6	Ka 6 CR	einsitziges fortgeschrittenes Schulflugzeug in Holzbauweise
Jeans	Astir CS Jeans	einsitziges Schul- und Leistungsflugzeug in Faserverbund-Bauweise
ASW 20 L	ASW 20 L	einsitziges Leistungsflugzeug in Faserverbund-Bauweise; Arbeitsobjekt des Probandentests
MS	Motorsegler	leichte, zweisitzige Motorflugzeugklasse mit schlankem Flügel großer Spannweite, kann bei abgestelltem Motor wie ein Segelflugzeug geflogen werden

Tabelle 2: Einteilung der Probanden nach geflogenen Mustern

C Evaluationsdaten

Der auf den folgenden beiden Seiten abgebildete Fragebogen wurde den Probanden jeweils nach den beiden Teststufen zur Beantwortung gegeben. Der Fragebogen war zu Beginn gefaltet, sodass die Probanden nach der ersten Testphase nur die Fragen des „Teil 1“ sehen konnten. Die Probanden konnten den Fragebogen jeweils selbständig und ungestört ausfüllen.

Die Fragen sind alle so angelegt, dass der Proband dazu angeregt wird im Freitext zu antworten. Ziel war es, den subjektiven Eindruck der Probanden möglichst vollständig einzufangen, um trotz kleiner Stichprobe ein reichhaltiges Bild zu bekommen. Er entspricht dabei keiner offiziellen Norm.

Fragebogen zur Evaluation von moFly

Datum:

Name:

Alter:

Vorwissen:

Smartphone-Erfahrung?:

Teil 1

Benötigte Zeit:

Hast Du Störungen am Flugzeug entdeckt? Wenn ja, welche?

Wie findest Du die Checkliste? War sie hilfreich?

Wo befinden sich bei der ASW 20 die Einlässe für die Lüftung?

Was muss man Besonderes beim Start an der Schwerpunktkupplung bei der ASW 20 berücksichtigen?

Dürfen die Ruder der ASW 20 Spiel haben?

Teil 2

Benötigte Zeit:

Hast Du Störungen am Flugzeug entdeckt? Wenn ja, welche?

Wo befinden sich bei der ASW 20 die Einlässe für die Lüftung?

Was muss man Besonderes beim Start an der Schwerpunktkupplung bei der ASW 20 berücksichtigen?

Dürfen die Ruder der ASW 20 Spiel haben?

Fragen zum Lernmedium

War es angenehmer mit der App oder mit dem Handbuch und der Checkliste zu arbeiten?

Hat es Spaß gemacht mit der App zu arbeiten?

Was findest Du positiv?

Was findest Du negativ? Was fehlt?

Siehst Du einen Vorteil in den aufbereiteten und Segmentierten Informationen der App? Wenn ja welche, wenn nein, warum?

Würdest Du das System alleinstehend zur Einarbeitung und Arbeitserleichterung einsetzen oder unterstützend kombiniert mit anderen Medien? Wenn ja welche?

Wie findest Du die Kombination aus allgemeinem Informationstext und unterstützender Checkliste auf einer Seite? Sollten diese zwei Elemente lieber getrennt werden?

Sind Dir vergleichbare Systeme bekannt? Wenn ja welche und in welchem Kontext?

Könntest Du Dir ein vergleichbares Konzept im beruflichen Alltag vorstellen? Wenn ja auf welchem Gebiet?

Möchtest Du mir noch etwas sagen?

Hast Du heute etwas gelernt? Wenn ja, was?

Literatur

- [1] Florian Sarodnick; Henning Brau. *Methoden der Usability Evaluation*. Verlag Hans Huber, 2. edition, 2011.
- [2] Volker Briegleb. Marktforscher: Über 100 Millionen Androiden ausgeliefert, 3. August 2012. abgerufen am 1.09.2012 11:22 unter <http://www.heise.de/newsticker/meldung/Marktforscher-Ueber-100-Millionen-Androiden-ausgeliefert-1659638.html>.
- [3] Roman Müller; Johannes Dürr. Plattformen und Programme - Grundlegende Verfahren und Tools des E-Learning. In Ute Scheffer; Friedrich W. Hesse, editor, *E-Learning - Die Revolution des Lernens gewinnbringend einsetzen*. Klett-Cotta, 2002.
- [4] Horst Dichanz; Annette Ernst. E-Learning - begriffliche, psychologische und didaktische Überlegungen. In Ute Scheffer; Friedrich W. Hesse, editor, *E-Learning - Die Revolution des Lernens gewinnbringend einsetzen*. Klett-Cotta, 2002.
- [5] eTeaching.org. Didaktisches Design: Mediengestaltung: Interaktivität, 14. Dezember 2007. abgerufen am 07.12.2012 13:50 h unter <http://www.e-teaching.org/didaktik/gestaltung/interaktiv>.
- [6] Bibliographisches Institut GmbH. Duden online, 2012. abgerufen von <http://www.duden.de/> am 07.12.1012 12:23 h.
- [7] Herbert Gudjons. *Pädagogisches Grundwissen*. Verlag Julius Klinkhardt, 5. edition, 1997.
- [8] Michael Kerres. *Multimediale und telemediale Lernumgebungen*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2. edition, 2001.
- [9] Norbert Lang. Lernen in der Informationsgesellschaft - Mediengestütztes Lernen im Zentrum einer neuen Lernkultur. In Ute Scheffer; Friedrich W. Hesse, editor, *E-Learning - Die Revolution des Lernens gewinnbringend einsetzen*. Klett-Cotta, 2002.
- [10] Bernd Martens-Parrée. Kompetenzentwicklung älterer Erwerbstätiger im Prozess der Arbeit durch kontextuelles, exploratives Lernen mittels computergestützter Arbeits-/Lernmedien mit AR/MR-Funktionalität. Exposé zu einem noch nicht veröffentlichten Forschungsprojekt, November 2012.
- [11] Android Open Source Project. Android Reference, 2012. abgerufen unter <http://developer.android.com/reference/>.

- [12] Qualcomm. Vuforia Developer Guide. abgerufen unter https://ar.qualcomm.at/developer_guide.
- [13] Qualcomm. Vuforia SDK, November 2012. abgerufen am 05.12.2012 11:05 unter <http://www.qualcomm.com/solutions/augmented-reality>.
- [14] Heinz Mandl; Hans Gruber; Alexander Renkl. Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In Ludwig J. Issing; Paul Klimsa, editor, *Information und Lernen mit Multimedia und Internet*. Beltz PVU, Weinheim, 3. edition, 2002.
- [15] Rolf Schulmeister. *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme: Theorie - Didaktik - Design*. Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2007.
- [16] Norbert M. Seel. *Psychologie des Lernens: Lehrbuch für Pädagogen und Psychologen*. UTB, 2003.
- [17] Bernd Weidemann. Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In Ludwig J. Issing; Paul Klimsa, editor, *Information und Lernen mit Multimedia und Internet - Lehrbuch für Studium und Praxis*. Beltz PVU, Weinheim, 3. edition, 2002.
- [18] Jörg Zumbach. Goal-Based Scenarios - Realitätsnahe Vorgaben sichern den Lernerfolg. In Ute Scheffer; Friedrich W. Hesse, editor, *E-Learning - Die Revolution des Lernens gewinnbringend einsetzen*. Klett-Cotta, 2002.