

**Die Bedeutung von Usability und cognitive load
auf die Informationssuche
beim multimedialen Lernen**

Dissertation

**zur Erlangung des akademischen Grades
einer Doktorin der Philosophie (Dr. phil.)**

**der
Erziehungswissenschaftlichen Fakultät
der Universität Erfurt**

vorgelegt von

Silvia Hessel, M.A.

Gutachter: 1. Prof. Dr. Helmut M. Niegemann (Universität Erfurt)
2. Prof. Dr. Roland Brünken (Universität des Saarlandes)
3. Prof. Dr. Bärbel Kracke (Universität Erfurt)

eingereicht: 22.12.2008

Datum der Promotion: 20.01.2009

urn:nbn:de:gbv:547-200900285

KURZBESCHREIBUNG

Lernen mit dem Computer bedeutet für Lernende nicht nur neue und flexible Möglichkeiten des Wissenserwerbs nutzen zu können, sondern erfordert auch spezielle Fähigkeiten und Fertigkeiten. Die neue Herausforderung multimedialen Lernens besteht darin, die Aufgabe des Wissenserwerbs und die der Informationssuche sowie des Informationszugriffs parallel durchzuführen. Jedoch nicht jedes multimediale Lernangebot ist so gestaltet, dass Lernenden dies mit ihren vorhanden kognitiven, motivationalen und metakognitiven Strategien problemlos gelingt. Eine Ursache kann in der Gestaltung der Navigationstools liegen. Sie sollten möglichst intuitiv, leicht und einfach zu bedienen sein, um effektives, effizientes und zufriedenstellendes Lernen zu ermöglichen. Eine lernunterstützende Usability, so wurde angenommen, minimiert den navigationsbedingten cognitive load im Arbeitsgedächtnis der Lernenden, so dass der Lernende den Hauptteil seiner kognitiven Ressourcen auf den Wissenserwerb richten kann.

Es wurden diesbezüglich zwei empirische Studien durchgeführt, in denen die Art der Navigationstools und deren Usability manipuliert wurde. Es zeigten sich praktisch bedeutsame Effekte durch die Manipulation der Usability, die die Annahme bestätigten.

Schlagworte

Informationssuche,
Multimediales Lernen,
E-Learning,
Computerunterstütztes Lernen,
Navigationsdesign,
Navigation,
Navigationsstools,
Usability,
Benutzerfreundlichkeit,
Hypermedia;
Gebrauchstauglichkeit

ABSTRACT

Multimedia learning differs in many characteristics from the use of traditional print texts. For example, multiple navigation tools provide more flexibility for the learner's information search. This poses a new challenge for the learner. He must work on the learning task, in addition to planning his navigation activities. Both processes use cognitive resources in working memory. Cognitive processes of working memory that are used up by navigation activities are no longer available for knowledge acquisition. An essential characteristic of navigation tools is their usability. We assume that poor usability causes a high cognitive load in the working memory of the learners. Therefore it is necessary that navigation tools are easy and intuitive to use.

Two studies have examined this issue. The empirical results showed that poor usability induces a significantly higher cognitive load and led to significantly worse learning outcomes.

Keywords

cognitive load,
mental effort,
information-seeking,
information-search,
information processing,
cognitive overload,
cognitive overhead,
multimedia learning,
E-Learning,
navigational tool design,
Usability,
hypermedia,
computer-supported-learning

ZUSAMMENFASSUNG DER ARBEIT

Lernen mit dem Computer bedeutet für den Lernenden nicht nur neue und flexible Möglichkeiten des Wissenserwerbs nutzen zu können, sondern es erfordert auch spezielle Fähigkeiten und Fertigkeiten vom Lernenden. Er muss, um eine Lernaufgabe mithilfe einer multimedialen Lernumgebung lösen zu können, neben dem Wissenserwerb auch die multimediale Lernumgebung handhaben können. Eine neue Herausforderung multimedialen Lernens besteht demnach darin, während des Wissenserwerbs parallel jene Informationen in der multimedialen Lernumgebung zu suchen und auf sie zuzugreifen, die bei der Lösung der Aufgabe helfen könnten. Die Gestaltung der Zugriffstools ist demnach ein kritischer Designaspekt, der den zielführenden Wissenserwerb behindern kann. Um den Informationszugriff für den Lernenden so einfach wie möglich zu gestalten, ist er auf möglichst intuitive, leicht und einfach zu bedienende Zugriffstools in der multimedialen Lernumgebung angewiesen. Sie sollen dem Lernenden effektives, effizientes und zufriedenstellendes Lernen ermöglichen. Um dies zu erreichen, bieten sich die 10 Prinzipien nutzerfreundlichen Designs (Nielsen, 1994a) als Gestaltungshilfe an. Eine adäquate Usability der Zugriffstools ist die Basis, die nach dem „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008) bzw. nach dem Interaktionsprozessmodell effektive Interaktivität forciert. Sie ist ermöglicht in Abhängigkeit von Personenmerkmalen, der Lernaufgabe und den Eigenschaften der multimedialen Lernumgebung aktive kognitive Prozesse, die dem Lernenden beim Verknüpfen bereits vorhandenen Wissens mit neuem Wissen unterstützen, dass er durch die Interaktion mit der multimedialen Lernumgebung erworbenem hat. Dabei nutzen Lernende in Abhängigkeit vom Lernziel, ihren eigenen Personenmerkmalen und der Lernaufgabe, je nach dem ob sie angeboten werden, unterschiedliche Strategien bzw. unterschiedliche Interaktionstypen (Moreno & Mayer, 2007) wie „navigating“ oder „searching“. Egal welcher Interaktionstyp von den Lernenden verwendet wird, die Planung und Ausführung der Interaktion zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung und die durch die Interaktion ausgelösten kognitiven Prozesse der Informationsverarbeitung benötigen kognitive Ressourcen des in seiner Kapazität begrenzten Arbeitsgedächtnisses (Mayer, 2001, 2005b; Niegemann et al., 2008) und verursachen im Arbeitsgedächtnis „cognitive load“ (Chandler & Sweller, 1991). Nach dem „cognitive load“ Ansatz und nach dem in dieser Arbeit aufgestellten Arbeitsmodell zum Einfluss der Zugriffstools auf den Wissenserwerb sollte in multimedialen Lernumgebungen die Handhabung der Zugriffstools einen möglichst geringen „cognitive load“ verursachen, damit ein Lernender möglichst viele freie kognitive Ressourcen auf den Wissenserwerb richten kann und so die Interaktion zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung zu zielführenden kognitiven Operationen beiträgt. Andernfalls, unterstützen die durch die Interaktion zwischen Lernendem, multimedialer Lernumgebung und Aufgabe ausgelösten kognitiven Operationen nicht die Lösung der gestellten Lernaufgabe, so können Handlungs-, Funktions-, Aufgaben- und Verständnisprobleme die Ursache sein. In der bisherigen Forschungsliteratur werden diese Probleme auch unter den Begriffen „cognitive overhead“

oder „getting lost in hyperspace“ subsumiert für die es eine wachsende Zahl von Studien gibt (Zumbach, 2006). Vor allem der „cognitive overhead“ wurde in einigen Studien als Ursache für schlechtere Lernergebnisse angesehen (Naumann, 2004; Stark, 1990). Welche Rolle und welchen Einfluss die Art und Gestaltung der Zugriffstools auf den Lernerfolg und den „cognitive load“ haben, wurde bisher noch nicht systematisch untersucht. Es wurden deshalb zwei themenbezogene empirische Studien zum Thema durchgeführt, eine die den Einfluss Art der Zugriffstools auf den „cognitive load“ beim Lernen und den Lernerfolg explorierte und eine die die Gestaltung von Zugriffstools variierte, um deren Bedeutung für den während des Lernprozesses resultierenden „cognitive load“ und die entstandenen Lernergebnisse feststellen zu können. Die Ergebnisse der beiden Studien zeigen, dass sich der gemessene „cognitive load“ für verschiedene Zugriffstoolarten und Zugriffstooldesigns unterscheidet und auch der Lernerfolg variiert je nach Zugriffstoolart und Zugriffstooldesign. Dennoch bleibt auch nach diesen beiden Studien eine Reihe von Fragen offen. Vor allem der Zusammenhang zwischen Navigation und dem Ergebnis der Informationssuche, sowie der Prozess selbst bleiben weiterhin unklar. Deshalb müsste zukünftig vor allem auf empirische Studien, die Prozessdaten mit in ihre Erhebung und Datenanalyse einbeziehen fokussiert werden.

VIELEN HERZLICHEN DANK

an Prof. Dr. Helmut M. Niegemann und an Prof. Dr. Roland Brünken für die Betreuung meiner Arbeit sowie die Ermutigung und für die zahlreichen anregenden und fruchtbaren Diskussionen ohne die, die Arbeit nicht so geworden wäre, wie sie jetzt ist. Ein Dankeschön auch an Tobias Gall für die Programmierung des Lernprogramms „Logik des Signifikanztests“ und an Bernhard Mierswa für seine technische Unterstützung und Hilfe bei der Datenaufbereitung. Weiterhin danke ich meinen studentischen Hilfskräften, die mit viel Einsatzbereitschaft die Konzeption meiner Studien, deren Durchführung und Vorbereitung der Datenauswertung unterstützten. Ebenso möchte ich der Fakultät für die finanzielle Unterstützung danken. Ein letztes großes Dankeschön an meinen Mann Andreas, meine Tochter Klara und meine Familie, die mit viel Verständnis und Unterstützung das Entstehen der Arbeit begleiteten.

INHALTSVERZEICHNIS

KURZBESCHREIBUNG	3
ABSTRACT	4
ZUSAMMENFASSUNG DER ARBEIT	5
VIELEN HERZLICHEN DANK	7
TEIL A: THEORETISCHER ÜBERBLICK	12
1. Problemstellung der Arbeit	12
2. Usability.....	15
2.1. Die Begriffe Usability bzw. Gebrauchstauglichkeit und ihre Eigenschaften.....	18
2.1.1. Der Begriff Usability bzw. Gebrauchstauglichkeit.....	18
2.1.2. Usability-Eigenschaften und Usability-Merkmale.....	18
2.2. Prinzipien benutzerfreundlichen Designs	23
2.3. Zusammenfassung	25
3. Interaktivität und Informationszugriff	26
3.1. Modelle der Informationssuche	30
3.2. Informationsziele und Suchstrategien.....	34
3.3. Möglichkeiten der Zugriffstoolgestaltung	36
3.4. Zusammenfassung	38
4. Rahmenkonzeptionen zum multimedialen Lernen	39
4.1. Rahmenkonzeptionen zum Wissenserwerb beim multimedialen Lernen.....	40
4.1.1. Lernen und Wissenskonstruktion.....	40
4.1.2. Die Rolle des Gedächtnisses beim Wissenserwerb.....	43
4.1.3. Besonderheiten des Arbeitsgedächtnisses aus instruktionspsychologischer Perspektive.....	45
4.1.4. Instruktionspsychologische Modelle des Wissenserwerbs mit Multimedia	48
4.1.5. Konsequenzen für die Gestaltung multimedialen Lernens	51
4.2. Einflussparameter auf den Wissenserwerb beim multimedialen Lernen	55
4.3. Zusammenfassung	61
5. Kennzeichen multimedialer Lernmedien.....	63

5.1.	Charakterisierung multimedialer Lernumgebungen	63
5.1.1.	Lineare multimediale Lernangebote	65
5.1.2.	Hypertexte bzw. Hypermedien	66
5.2.	Desorientierung und cognitive overhead – Probleme beim Lernen mit multimedialen Lernumgebungen.....	69
5.2.1.	Desorientierung.....	70
5.2.2.	„Cognitive overhead“.....	72
5.3.	Lernpotenzial von multimedialem Lernen und Möglichkeiten der Unterstützung durch geeignete Zugriffstools	75
5.4.	Zusammenfassung	79
6.	aktueller Forschungsstand zum Thema Navigationsusability & multimediales Lernen.....	81
6.1.	Studien zu Aufgabenmerkmalen.....	82
6.2.	Studien zu Lernendenmerkmalen	83
6.2.1.	Differenzielle Aspekte.....	84
6.2.2.	Metakognitive und selbstregulatorische Fähigkeiten	85
6.2.3.	Vorwissen und Erfahrung	86
6.2.4.	Motivationale Faktoren und Einstellungen.....	88
6.2.5.	Geschlecht	89
6.3.	Studien zu Merkmalen der multimedialen Lernumgebung.....	89
6.3.1.	Strukturierungsmerkmale.....	89
6.3.2.	Gestaltungsmerkmale von Zugriffstools: Maps, Browser, Hot- Words.....	90
6.4.	Studien zu Merkmalen des Navigationsprozesses.....	93
6.4.1.	Pfadmuster und Navigationsstrategien.....	94
6.4.2.	Toolnutzung	97
6.5.	Zusammenfassung	97
7.	Integrierte Konzeption – Das Arbeitsmodell.....	100
7.1.	Informationsverarbeitungsprozesse zum Verständnis des Lerninhaltes.....	107
7.2.	Prozesse des Informationszugriffs	108
TEIL B: NAVIGATIONSUSABILITY MULTIMEDIALEN		
LERNENS – EINE EMPIRISCHE STUDIE		
8.	Konzeption der Studien zur Untersuchung der Bedeutung ausgewählter Navigationstools für multimediales Lernen.....	110
8.1.	Problemstellung.....	110
8.2.	Forschungsfragen.....	112

8.2.1.	Welche Bedeutung haben unterschiedliche Arten von Zugriffstools auf multimediales Lernen?.....	112
8.2.2.	Welchen Einfluss hat eine Variation der Usability von Zugriffstools auf multimediales Lernen?.....	113
8.3.	Konzeption der Studie	113
8.4.	Forschungshypothesen und Forschungsannahmen.....	114
8.4.1.	Hypothesen und Annahmen zur Art der Zugriffstools	114
8.4.2.	Hypothesen und Annahmen zur Usability der Zugriffstools.....	117
8.4.3.	Annahme zu den Einflussfaktoren auf den Lernerfolg.....	119
8.4.4.	Ergänzende Annahme zu Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability multimedialer Lernumgebungen	119
8.5.	Methode.....	120
8.5.1.	Untersuchungsdesign	120
8.5.2.	Untersuchungsmittel (Lernprogramm).....	123
8.5.3.	Untersuchungsvariablen.....	127
8.6.	Versuchsdurchführung.....	140
8.7.	Operationalisierte Hypothesen.....	143
8.7.1.	Operationalisierte Hypothesen zur Art der Zugriffstools	143
8.7.2.	Operationalisierte Hypothesen zum Einfluss der Usability.....	145
8.7.3.	Operationalisierte Annahmen zu den Einflussfaktoren auf den Lernerfolg.....	148
8.7.4.	Ergänzende operationalisierte Annahme zu Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability multimedialer Lernumgebungen.....	149
8.8.	Zusammenfassung	150
9.	Ergebnisse der Studien	151
9.1.	Deskriptive Auswertung.....	151
9.2.	Hypothesenprüfende und explorative Auswertung	152
9.2.1.	Art der angebotenen Zugriffstools.....	152
9.2.2.	Gestaltung der angebotenen Zugriffstools	155
9.2.3.	Explorierende Untersuchung der Einflussfaktoren auf den Lernerfolg.....	163
9.3.	Ergänzende explorative Auswertung zu den Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability multimedialer Lernumgebungen	164
10.	Diskussion und Zusammenfassung der Ergebnisse aus Studie 1 und Studie 2.....	168
10.1.	Art der angebotenen Zugriffstools.....	168

10.2.	Gestaltung der angebotenen Zugriffstools.....	171
10.3.	Bedeutung der Usability für multimediales Lernen.....	174
10.4.	Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability	174
10.5.	Methodische Reflexion der in den Studien eingesetzten Forschungsmethoden	175
11.	Bilanz.....	179
12.	Abbildungsverzeichnis	180
13.	Tabellenverzeichnis	182
LITERATUR		183
LEBENS LAUF		213
EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG		214
TEIL C: ANHANG.....		215
1.	Fragebogen 2.....	216
2.	Fragebogen 5.....	221

TEIL A: THEORETISCHER ÜBERBLICK

1. PROBLEMSTELLUNG DER ARBEIT

Bücher sind traditionell ein häufiges Lernmedium. Jedoch gewinnt seit einigen Jahrzehnten zunehmend der Computer zum Lernen an Bedeutung. Während sich das Buch als Lernmedium dazu eignet, Lehrtexte und Bilder in großer Anzahl und guter Qualität an den Lernenden zu vermitteln, können über den Computer neben den Lerninhalten, auch Lernaufgaben und Probleme an die Lernenden gestellt werden, die er selbstreguliert mit Hilfe der multimedialen Lernumgebung lösen soll. Daneben können ihm Rückmeldungen zum aktuellen Lernstand oder Hilfen zur Lösung von Lernaufgaben gegeben werden. Ebenso ist es möglich seinen Lernerfolg zu kontrollieren und ihn zum Lernen zu motivieren. Die vielfältigen Möglichkeiten multimedialen Lernens erfordern jedoch vom Lernenden spezielle Kompetenzen. Seine Erfahrungen, die er durch die Rezeption von Büchern erworben hat, sind nur begrenzt auf das Lernen in multimedialen Lernumgebungen übertragbar (Anderson-Inman et al., 1994).

Ein Buch präsentiert dem Lernenden sequenziell, strukturiert und aufeinander aufbauend seine Inhalte. Bestimmte Informationen können, sofern sie im Inhaltsverzeichnis oder im Register enthalten sind, auch direkt ausgewählt werden. Für die Handhabung eines Buches muss der Lernende, im Gegensatz zum Lernen mit multimedialen Lernarrangements, weniger motorisch selbst aktiv werden. Auch die kognitiven Aktivitäten zur Handhabung eines Buchs, etwa um eine gewünschte Information im Buch zu finden, sind begrenzter, als in multimedialen Lernumgebungen. Sie beschränken sich beim Buch meist auf die Stichwortsuche entweder über das Inhaltsverzeichnis oder falls vorhanden das Stichwortverzeichnis sowie auf die Stichwortsuche in Überschriften einzelner Buchkapitel und –abschnitte. Mit zunehmender Leseerfahrung laufen diese Handhabungsprozesse verstärkt automatisiert ab und beanspruchen, ebenso wie die motorischen Fähigkeiten zur Handhabung eines Buches, wenig kognitive Ressourcen. Die meisten Ressourcen kann der Lernende auf die kognitiven Prozesse des Wissenserwerbs aus dem Buchinhalt richten.

Multimediale Lernarrangements hingegen sind häufig als Hypermedien strukturiert. Sie präsentieren den gesamten Lerninhalt als einzelne in sich abgeschlossene Wissensseinheiten (Knoten), die miteinander über Links verknüpft sind. Will der Lernende sich den kompletten Lerninhalt erschließen, muss er mindestens zwei kognitive Aktivitäten gleichzeitig ausführen (Schnotz & Zink, 1997): Zum Einen erfordert die Hypertextstruktur, dass der Lernende aus dem Angebot verschiedener Wissensseinheiten jene Themenbezogenen auswählt, die ihm bei der Lösung der Lernaufgabe weiterhelfen. Darüber hinaus muss er Zusammenhänge zwischen den einzelnen ausgewählten Wissensseinheiten suchen sowie neu erworbenes Wissen mit bereits im Gedächtnis vorhandenem themenbezogenen Wissen kombinieren.

Zum anderen muss der Lernende aufgrund der Hypertextstruktur parallel zum Wissenserwerb Navigationsentscheidungen treffen. Er entscheidet darüber, welche für das Textverständnis relevanten Informationen als Nächstes aufgesucht oder in der Lernumgebung gesucht werden müssen. Die Navigation (Kuhlen, 1991; McAleese, 1989; Unz, 2000) ist ein zentraler Aspekt beim multimedialen Lernen. Durch die angebotenen Navigationsmöglichkeiten, z. B. Links und Zugriffstools, in Form von Menüs oder einer Suchfunktion erfolgt der Informationszugriff in einer multimedialen Lernumgebung. Navigieren kann vorwärts und rückwärts erfolgen. Beim Vorwärtsnavigieren ruft der Lernende eine für ihn relevante Information auf und springt dann zur nächsten Neuen. Beim Rückwärtsnavigieren öffnet er Informationen, die er bereits zuvor schon einmal angesehen oder rezipiert hatte. Dabei können die Sprünge zwischen den einzelnen Wissenseinheiten klein sein, etwa wenn z. B. noch einmal die kurz zuvor aufgerufene und rezipierte Information angewählt wird. Sprünge zwischen Informationsknoten können aber auch groß sein. Dies ist der Fall, wenn ein Informationsknoten aufgerufen wird, der nicht direkt mit dem aktuellen Informationsknoten verbunden ist, sondern nur indirekt angesteuert werden kann, etwa über eine Suchfunktion oder durch die Nutzung eines Menüs. Aufgrund der häufig vielfältigen Navigationsmöglichkeiten in multimedialen Lernumgebungen für deren Handhabung vom Lernenden erhebliche kognitive, metakognitive und motivationale Fähigkeiten erforderlich sind, ist es nicht verwunderlich, dass mehrere Studien von Navigations- und Orientierungsproblemen beim Lernen mit multimedialen Lernumgebungen, insbesondere in Hypermedien, berichten (Chen & Rada, 1996; Hammond & Allinson, 1989).

Mit einer multimedialen Lernumgebung erfolgreich zu lernen, bedeutet für den Lernenden, dass er während eines Lernprozesses permanent die Aufgabe des Wissenserwerbs parallel zur Navigationsaufgabe bewältigen muss. Somit spielen einerseits Informationsverarbeitungsprozesse und andererseits Prozesse und Strategien der Informationssuche eine zentrale Rolle. Beide Prozesse benötigen kognitive Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses, die jedoch begrenzt sind. Speziell, wenn sowohl die Informationsverarbeitung, als auch die Informationssuche und der Informationszugriff hohe kognitive Ressourcen beanspruchen, kann es zu Konflikten zwischen beiden Prozessen kommen. In den meisten Fällen wird es zu einer Verlangsamung der Informationsverarbeitung oder einer Unterbrechung kommen, um freie kognitive Ressourcen im Arbeitsgedächtnis zu schaffen, die die Informationssuche und den Informationszugriff ermöglichen.

Deshalb ist die Gestaltung der Navigation, neben dem didaktischen und dem gestalterisch-ästhetischen Design, ein extrem kritischer Designaspekt (Bateman & Harvey, 1998). Eine für den Lernenden und seine Lernaktivitäten unterstützende Navigationsgestaltung verhindert, dass kognitive Ressourcen vom Wissenserwerb abgezogen werden müssen, um die Informationssuche und den Informationszugriff zu ermöglichen.

Ein Güte Merkmal multimedialer Angebote, das auf eine benutzerfreundliche Gestaltung u. a. der Navigation fokussiert, ist das der Usability (Nielsen, 1994b, 2000; Rubin, 1994) bzw. der Gebrauchstauglichkeit (DIN-EN-ISO9241-110, 2006; DIN-ISO9241-11, 1998). Ein multimediales Angebot ist dann gebrauchstauglich, wenn es effektiv, effizient und zufriedenstellend vom Anwender genutzt werden kann (DIN-EN-ISO9241-110, 2006; DIN-ISO9241-11, 1998). Bezogen auf die Navigationsgestaltung einer multimedialen Lernumgebung bedeutet dies, dass diese den Lernenden während seines Lernprozesses unterstützen muss seine Navigationsaufgaben, etwa das Recherchieren und Aufrufen einer relevanten Information effektiv, effizient und zufriedenstellend durch einfache und intuitive Bedienung zu bewältigen. Nur dann kann der Lernende den Navigationsprozess als „flüssig und problemlos ablaufend“ empfinden und eine subjektiv empfundene Zufriedenheit mit der Navigationsgestaltung entwickeln.

Diese Arbeit soll einen Beitrag zur Untersuchung der Bedeutung der Navigationsusability für den Lernprozess leisten und dabei insbesondere die Auswirkungen der Navigationsusability auf die kognitive Belastung des Arbeitsgedächtnisses betrachten. Wie bereits erwähnt, müssen Lernende ihre kognitiven Ressourcen zwischen Navigations- und Informationsverarbeitungsprozessen, während des Lernens mit einer multimedialen Lernumgebung, aufteilen. Im Zentrum dieser Arbeit steht deshalb die Frage, wie viele kognitive Ressourcen sie dabei auf die Planung und Durchführung ihrer Navigationsaktivitäten lenken müssen, die deshalb nicht mehr für den eigentlichen Wissenserwerb zur Verfügung stehen.

Die Kapitel 2 bis 5 sollen zunächst theoretische Überlegungen voranstellen und gemeinsam mit dem im Kapitel 6 ausgeführten aktuellen Forschungsstand einen Zugang zum Thema und den empirischen Studien schaffen. Im Anschluss wird in Kapitel 7 das Arbeitsmodell vorgestellt und im Kapitel 8 die Konzeption der empirischen Studien zur Fragestellung sowie im Kapitel 9 die Ergebnisse der empirischen Studien aufgezeigt bevor in Kapitel 10 eine Zusammenfassung der empirischen Ergebnisse erfolgt und die Diskussion dieser.

2. USABILITY

Seit Mitte der achtziger Jahre ist die Computerbedienung nicht mehr nur spezialisierten Experten vorbehalten. Dank erschwinglicher Hardware setzte sich der Computer zunehmend auch für Laien, als Arbeitsmittel, Lern- und Unterhaltungsmedium durch. Dieser breite Einsatz- und Nutzungskontext erfordert die Entwicklung und Gestaltung leicht zu nutzender, möglichst intuitiver, also benutzerfreundlicher Schnittstellen, die die Kommunikation und Interaktion zwischen Mensch und Computer unterstützen und vereinfachen (Gerdes, 2000). Denn, Nutzer verwenden angebotene multimediale Anwendungen meist aktiv selbstregulierend und verfolgen mit der Nutzung ein Ziel. Sie suchen selbst aktiv, die zur Lösung ihrer Aufgabe hilfreichen Informationen, brechen ihre Suche jedoch schnell ab oder ändern diese, wenn sie nicht die gewünschte oder nicht ausreichende Informationen finden (Nielsen, 2000).

Die Entwicklung und Gestaltung benutzerfreundlicher Schnittstellen ist nach Winograd und Flores (1986) von drei Einflussfaktoren abhängig:

- a) **dem Menschen**, mit seinen anatomischen, physiologischen und psychologischen Eigenschaften, Kommunikationsabsichten und seinen Handlungen,
- b) **der Aufgabe**, die er mithilfe des Computers bearbeiten oder lösen soll und
- c) **der Technologie**, die die bestmöglichen Voraussetzungen schaffen muss, die gestellten Aufgaben effektiv, effizient und zufriedenstellend zu lösen.

Wird das Ziel des optimalen Zusammenwirkens der drei Faktoren mit dem Ziel optimierter Interaktion zwischen Mensch- und Computer zumindest teilweise nicht erreicht, treten Interaktionsstörungen (siehe Abb. 2-1) auf. Diese können in Form von Aufgabenproblemen, Funktionsproblemen und Handlungsproblemen (Shackel, 1985; Streit, 1988) die Interaktionen zwischen Technologie und Mensch beeinträchtigen, so dass eine zielführende Erledigung der zu lösenden Aufgabe schwieriger wird.

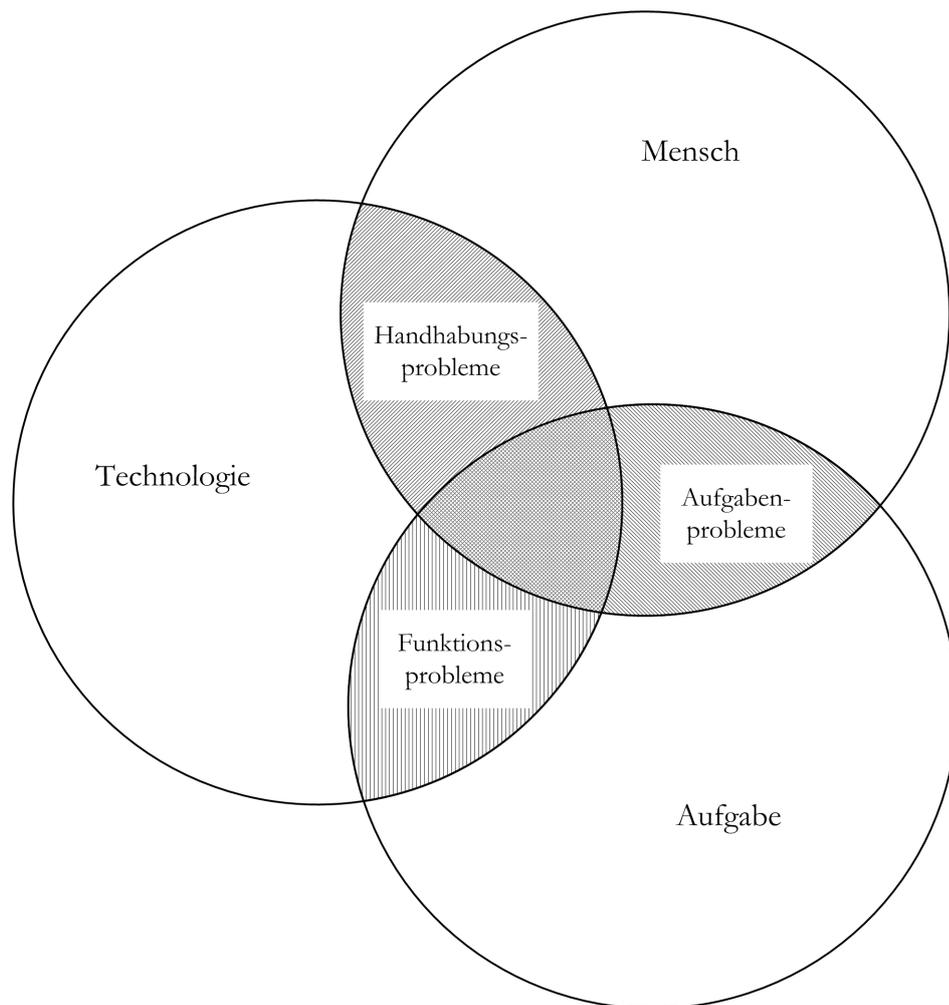


Abb. 2-1 Faktoren und Interaktionsprobleme zwischen Mensch und Computer

1. **Aufgabenprobleme** können u. a. dadurch entstehen, dass die Aufgabe für die Zielgruppe unangemessen ist, also entweder zu schwierig, zu einfach oder zu komplex.
2. **Funktionsprobleme** zeigen sich in der Diskrepanz zwischen inhaltlicher Aufgabenstellung des Benutzers und den Eigenschaften des Anwendungssystems, insbesondere dessen Funktionsumfang. Ein Funktionsproblem wäre u. a., wenn es in einem multimedialen Angebot keine Möglichkeit gebe, den aktuellen Arbeitsstand zu speichern. Nutzer, die ihre Aktivitäten unterbrechen wollten, müssten dann bei Wiederaufnahme von vorn mit ihrer Arbeit beginnen.
3. **Handhabungsprobleme** sind gekennzeichnet als Ungleichgewicht zwischen Handhabungsanforderungen des Benutzers und der zur Verfügung stehenden Usability des Anwendungssystems. Beispielsweise äußert sich ein Handhabungsproblem darin, dass ein Lernender einen bestimmten Lerninhalt sucht, aber nicht weiß, hinter welchem Menüpunkt sich die gesuchte Information verbirgt.

Jedes der drei Probleme kann dazu führen, dass Nutzer mehr Zeit zum Erlernen und zum Handhaben der Anwendung benötigen. Möglicherweise werden sie nie den vollen Funktionsumfang verwenden, mehr Fehler bei ihrem Gebrauch machen, sich unzufrieden fühlen und die Anwendung nur unfreiwillig nutzen (Shneiderman, 1998).

Das Gütemerkmal, bei dem es um die benutzerfreundliche Schnittstellengestaltung zwischen Mensch, Computer und Aufgabe geht, wird mit Usability (Preece et al., 1994) bezeichnet, im deutschen Sprachraum aber auch mit Gebrauchstauglichkeit übersetzt (DIN-ISO9241-11, 1998, p. 4). Durch die Analyse der Usability bzw. Gebrauchstauglichkeit von Computeranwendungen sollen, die eventuell vorhanden, Interaktionsstörungen aufgedeckt und durch ein für den Nutzer günstigeres verbessertes Design behoben werden (Rubin, 1994).

Usability bzw. Gebrauchstauglichkeit wurde vor allem im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion beschrieben. Dennoch spielt sie auch beim multimedialen Lernen eine wichtige Rolle, da sie lediglich einen Spezialfall darstellt. Im Kontext multimedialen Lernens fokussiert die Schnittstellengestaltung speziell auf die Interaktion zwischen Lernenden, multimedialem Lernangebot und Lernaufgabe. Sie wird beim multimedialen Lernen vor allem über die Navigations- bzw. Zugriffstoolgestaltung realisiert, aber auch die Dialoggestaltung, beispielweise bei der programmseitigen „Führung“ eines Lernenden durch einen Lerntest, zählt zur Schnittstellengestaltung. Eine den Lernprozess unterstützende Schnittstellengestaltung, im Englischen auch mit Interface-Design bezeichnet, ist notwendig, damit Lernende optimal die Ressourcen der angebotenen multimedialen Lernumgebung zur Lösung ihrer Lernaufgabe nutzen können (Astleitner, 1997; Kerres, 2001). Eine lösungsrelevante Information gar nicht zu finden oder eine zuvor bereits rezipierte Information erneut nur durch aufwendiges „Probieren“ oder gar nicht mehr wiederzufinden, sind Beispiele für Funktions- und Handhabungsprobleme beim multimedialen Lernen. Eine Reihe von Forschungsergebnissen zeigen, dass solche Usability-Probleme multimedialer Lernangebote, neben instruktionalen, kognitiven, metakognitiven und motivationalen Faktoren, einen entscheidenden Einfluss auf das Lernen haben können (Dillon, Richardson, & McKnight, 1990; Naumann, 2004; Tergan, 2002; Unz, 2000). Hara & Kling (2000) stellen beispielsweise in einer Studie zu den Ursachen von Stress und Frustration beim Online-Lernen fest, dass technische Probleme und Probleme des „interface-designs“ die Interaktion beim webbasierten Lernen deutlich erschweren und sich negativ auf die Motivation beim Lernen auswirken. Die Nutzbarkeit eines Lernprogramms ist demnach eine entscheidende Voraussetzung dafür, dass das System möglichst komplikationslos bzw. überhaupt zum Lernen verwendet werden kann.

2.1. Die Begriffe Usability bzw. Gebrauchstauglichkeit und ihre Eigenschaften

2.1.1. Der Begriff Usability bzw. Gebrauchstauglichkeit

Es gibt verschiedene Begriffsdefinitionen von Usability (Hix & Hartson, 1993; Preece et al., 1994; Shackel, 1985; Shneiderman, 1998). Für die hier vorliegende Arbeit soll jene Definition der DIN-EN-ISO Normenreihe leitend sein, die Usability aus dem Englischen mit Gebrauchstauglichkeit übersetzt und wie folgt definiert:

Gebrauchstauglichkeit ist das „... Ausmaß, in dem ein Produkt durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und mit Zufriedenheit zu erreichen.“(DIN-ISO9241-11, 1998, p. 4)

Mit „Usability“ wird demnach ein Güte Merkmal bezeichnet, das beschreibt, wie adäquat ein Produkt in der Handhabung zu den Bedürfnissen, Fähig- und Fertigkeiten sowie Wünschen seiner Nutzer passt. Usability ist somit immer kontext- und aufgabenbezogen. Speziell auf multimediales Lernen bezogen, beschreibt das Güte Merkmal „Usability“, wie gut die Anforderungen der Lernenden an die multimediale Lernumgebung durch das angebotene Interface-Design erfüllt werden können. Die für die Lernaufgabe und die Lernvoraussetzungen adäquate Usability ist demnach dann gegeben, wenn das Design weder durch Handhabungs- noch durch Funktionsprobleme von der Lösung der Lernaufgaben ablenkt. Eine lernunterstützende Usability fördert, dass der Lernende selbstregulierend seine Lernaktivitäten fast ausschließlich auf den Lernprozess und die Lösung der ihm gestellten Lernaufgaben konzentrieren kann.

2.1.2. Usability-Eigenschaften und Usability-Merkmale

Usability ist nach DIN-EN-ISO9241 (1998) bzw. DIN-EN-ISO9241-110 (2006) ein Güte Merkmal mit drei Eigenschaften, dem der Effektivität, der Effizienz und der Zufriedenheit. Jede der drei Eigenschaften wird näher bestimmt durch die Merkmale Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Erwartungskonformität, Fehlerrobustheit, Individualisierbarkeit und Lernförderlichkeit.

2.1.2.1. Die Eigenschaften Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit

Effektivität bezeichnet die Genauigkeit und Vollständigkeit, mit der ein Lernender sein Aufgabenziel erreicht und seine Wünsche befriedigt. Damit in engem Zusammenhang steht die Gestaltung des Interaktivitätsdesigns, insbesondere der Navigation. Effektivität bestimmt sich aus dem kognitiven Aufwand, den ein Lernender aufbringen muss, um das Angebot formal handhaben zu können und den kognitiven Ressourcen, die für den eigentlichen Wissenserwerb noch verfügbar bleiben.

Effizienz setzt den erreichten Grad an Effektivität ins Verhältnis zum benötigten Aufwand für das Lösen der Aufgabe. Wobei mit Aufwand mentale Anstrengung, z. B. zur Zielerreichung oder zur Aufrechterhaltung der Motivation ebenso gemeint ist wie Zeit, Material oder finanzielle Kosten (DIN-EN-ISO9241-110, 2006; DIN-ISO9241-11, 1998). Effizientes Lernen und Arbeiten erleichtern z. B. wenige Mausklicks und Tastatureingaben, um den gesuchten Wissensinhalt im Angebot zu erreichen und durchzuarbeiten (Card, Moran, & Newell, 1990) oder überschaubare, nachvollziehbare Strukturierung und Präsentation des Inhaltes (Balzert, 2000; Hasebrook, 1995).

Zufriedenheit meint einerseits die subjektive Bewertung der Interaktionen zwischen dem Lernenden und dem multimedialen Angebot. Eine positive subjektive Bewertung der Interaktion kann sich nur entwickeln, wenn die Interaktionen zielführend und beeinträchtigungsfrei bei der Aufgabenlösung helfen, die zuvor entwickelten Erwartungen zu erfüllen. Nur dann kann das Lernen als angenehm empfunden werden und sogar Spaß bereiten.

Zufriedenheit bezieht sich andererseits auf den zur Lösung der Lernaufgabe zur Verfügung stehenden Funktionsumfang. Er betrifft konkret die Fragen, ob er als angemessen für den Wissenserwerb empfunden und ob er als ausreichend unterstützend während der Lösung der Lernaufgaben oder beim Erreichen der Lernziele wahrgenommen wird. Zufriedenheit bestimmt in erheblichem Maße, ob die Lernenden bereit sind, das multimediale Angebot zu benutzen. Sie ist eine Eigenschaft, die mit den beiden anderen Eigenschaften, Effektivität und Effizienz konfundiert ist und durch beide mit beeinflusst wird.

2.1.2.2. Die Merkmale der Eigenschaften Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit

Aufgabenangemessenheit: Der Lernende soll seine Arbeitsaufgabe effektiv und effizient erledigen können. Bei adäquater Aufgabenangemessenheit erreicht ein Lernender seine Ziele vollständig und auf einfachem direktem Weg, ohne durch zusätzliche kognitive Anforderungen belastet zu werden. Dies bedeutet auch, dass Tätigkeiten, die durch den Computer ausgeführt werden können, weitestgehend von ihm übernommen werden, sodass er ein hohes Maß an Produktivität ermöglicht.

Selbstbeschreibungsfähigkeit: Jeder Dialogschritt muss entweder ohne zusätzliche Beschreibungen, Hilfen, Erläuterungen etc. für den Lernenden selbsterklärend sein und ihm anzeigen, welche Handlungsoptionen und Interaktionsmöglichkeiten sich hinter einer Funktion verbergen. Alternativ können ihm Beschreibungen sowie Rückmeldungen, am besten erst auf Anfrage, unmittelbar verständlich Funktionen erklären. Dies bedeutet auch, dass Systemmeldungen (Anweisungen oder Fehlermeldungen etc.) präzise, einfach, selbsterklärend und unmissverständlich formuliert sein müssen. Darüber hinaus ist eine vollständige Übersicht aktuell zur Verfügung stehender Optionen ebenso sinnvoll, wie

kontextabhängige Erklärungen der einzelnen Funktionen, in Anlehnung an den Sprachgebrauch des Lernenden.

Steuerbarkeit: Der Lernende sollte in der Lage sein, den Dialogablauf hinsichtlich Sequenz, Richtung und Geschwindigkeit selbst zu steuern, etwa indem Lernende ihren Wissenserwerb zu jeder Zeit unterbrechen und später an derselben Stelle fortsetzen können. Ein weiteres Kriterium für eine adäquate Steuerbarkeit wäre, wenn sich Lernende innerhalb des Angebotes frei bewegen können, ohne auf eine fixe Bearbeitungssequenz festgelegt zu werden. Auch die Möglichkeiten, mehrere Dialogschritte zusammenzufassen, z. B. über Makros oder die Benutzerführung frei zu wählen, etwa zwischen Kommandoeingabe, Menüwahl, direkte Manipulation individualisieren die Steuerbarkeit der Mensch-Computer-Interaktion. Einen Überblick über die verschiedenen Möglichkeiten das Merkmal Steuerbarkeit adäquat umzusetzen, geben Shneiderman bzw. Shneiderman und Plaisant (1998; , 2004) oder Sharp, Roger, Preece (2007).

Erwartungskonformität: Der Dialog erscheint dem Lernenden erwartungskonform, wenn er mit seinen Kenntnissen und Erfahrungen übereinstimmt und er Konsistenz in Funktionalität und Gestaltung vorfindet u. a. in der Platzierung der Informationen, konsistenten Interaktionen und konsistenter Sprache.

Fehlertoleranz: Das System sollte an sich eine geringe Fehlerrate aufweisen und so konstruiert sein, dass es dem Lernenden hilft, möglichst wenig Fehler bei der Handhabung zu machen. Der Dialog ist dann fehlertolerant, wenn er trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben mit nur minimalem Korrekturaufwand zum beabsichtigten Arbeitsergebnis des Lernenden führt. Dabei werden solche Interaktionen als Fehler definiert, die nicht zum gewünschten Erfolg führen.

Individualisierbarkeit: Wenn ein Lernender den Dialog an seine Arbeitsaufgabe, individuelle Vorlieben sowie Fähig- und Fertigkeiten anpassen kann, ist er individualisierbar. Filterfunktionen sind ein Merkmal der Individualisierbarkeit. In multimedialen Lernumgebungen übernehmen manchmal Einstufungstests diese Funktion. Anhand des Kenntnisstandes des Lernenden wird eine optimale Auswahl der zu bearbeitenden Lerninhalte zusammengestellt und so der zukünftige Wissenserwerb gesteuert. Der Lernende muss also nicht mehr alle Inhalte im Lernangebot rezipieren, sondern nur noch jene, die auf seinen Kenntnisstand aufbauen und diesen erweitern.

Lernförderlichkeit: Der Dialog unterstützt den Lernenden beim Erlernen der Anwendung. Zudem soll der gelegentliche Lerner sich schnell wieder im Angebot zurechtfinden und sich leicht erinnern, wie das Angebot zu handhaben ist. Sobald er einige grundlegende Funktionen, wie die Handhabung der Navigation, kennengelernt und sich einen Überblick über den Inhalt des Angebots verschafft hat, muss es möglich sein, ohne Handhabungsschwierigkeiten mit dem Lernen zu beginnen. Die Lernförderlichkeit ist ein wesentlicher Aspekt der Usability. Sie bestimmt die Höhe der anfänglichen Hürde, die vom Ler-

nenden zunächst einmal überwunden werden muss, will er mit dem Angebot arbeiten oder lernen. Dieser Aspekt ist insbesondere dann bedeutend, wenn für das Angebot nur kurze oder gar keine Schulungsmaßnahmen vorgesehen sind. Denn dann entscheidet die Lernförderlichkeit darüber, ob das Angebot schnell oder nur widerstrebend angenommen wird.

Gerade im Kontext multimedialen Lernens scheint das Merkmal der Lernförderlichkeit das Bedeutendste. Jedoch bezieht sich das Merkmal Lernförderlichkeit nur auf die Erlernbarkeit des Umgangs mit der Lernumgebung. Inwieweit die Lernaufgabe zu den angebotenen Navigationsmöglichkeiten und Informationsmöglichkeiten passt, erfassen die Merkmale Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit und Erwartungskonformität. Wohingegen die adäquate Gestaltung der angebotenen Interaktionsmöglichkeiten bei zunehmender Expertise im Umgang mit der multimedialen Lernumgebung und der angebotenen Navigationsfunktionalität das Kriterium der Individualisierbarkeit erfasst. Das Merkmal der Lernförderlichkeit zeigt symptomatisch, ein generelles Problem des Gütemerkmals Usability, seiner Eigenschaften und Merkmale. Beides sowohl die Eigenschaften, als auch die Merkmale der Usability scheinen nicht hinreichend spezifiziert, um konkrete Zielgrößen für den Design- und Evaluationsprozess festlegen zu können.

Die DIN ist nur eine Möglichkeit Usability zu charakterisieren, wenngleich jene, die zumindest im europäischen Raum am weitesten verbreitet scheint. Es gibt eine Reihe ähnlicher Eigenschafts- und Merkmalszusammenstellungen, die sich in großen Teilen mit der der DIN-EN-ISO9241 (1998) bzw. DIN-EN-ISO9241-110 (2006) überlappen und nur einzelne Merkmale stärker ausdifferenzieren oder unter einer bestimmten Perspektive betrachten. Jedoch gibt es auch Merkmale, die in der DIN nicht vorkommen und nun kurz vorgestellt werden sollen.

Eines davon bezeichnet Rubin (1994) mit „likeability“. Er meint mit dem Begriff „likeability“ Ähnliches wie die DIN-EN-ISO9241 (1998) bzw. DIN-EN-ISO9241-110 (2006) mit Zufriedenheit. Jedoch der Begriff „likeability“ zielt nicht nur auf die Zufriedenheit bei der Nutzung des Angebotes ab, sondern schließt die dem Angebot entgegengebrachte Sympathie mit ein. Sympathie setzt sich zusammen aus dem relativen Status zwischen den Interaktionspartnern (Scherer, 1977), also dem Lernenden und dem multimedialen Angebot und bezieht sich auf den Eindruck („impression management“) gegenüber dem Interaktionspartner (Goffman, 1959). Sympathie bezeichnet somit den Eindruck, den der Lernende vom multimedialen Angebot hat. Sie kann ebenso als affektive Bindung zwischen multimedialem Angebot und Nutzer (Nicholson, Compeau, & Sethi, 2001) beschrieben werden. Emotionale und motivationale Aspekte beim Umgang mit einem multimedialen Angebot werden auch durch den in den letzten Jahren zunehmend beachteten Begriff des „joy of use“ betont. Mit ihm werden Freude und Spaß beim Verwenden eines

multimedialen Angebotes bezeichnet, basierend auf der subjektiven Wahrnehmung des Produktes (Blythe et al., 2003; Brandtzæg, Følstad, & Heim, 2003; Norman, 2004). Beim „joy of use“ spielen Persönlichkeits- und Leistungsmerkmale der nutzenden Person ebenso eine Rolle, wie Funktionalität und Erwartungskonformität des Angebotes. Der Begriff „joy of use“ findet direkt im Usability-Begriff keine Entsprechung, da er über die funktionale und aufgabenbezogene Betrachtung des Produktes hinausgeht und auf positive Erlebnisse während der Nutzung des multimedialen Angebotes abstellt. Dennoch können mehrere Merkmale der Usability nach DIN-EN-ISO9241 (1998) bzw. DIN-EN-ISO9241-110 (2006) daraufhin geprüft werden, ob sie unter der Betonung einer emotionalen und motivationalen Perspektive die Entwicklung von „joy of use“ beim Nutzer unterstützen. „joy of use“ könnte sich zukünftig vor allem für die lernendenfreundliche und motivierende Konzeption multimedialer Lernumgebungen sowie für die Konzeption von Lernspielen als fruchtbar erweisen, da „joy of use“ Funktionalität mit motivierendem, ästhetischem Design verbindet.

Ein weiterer in der DIN fehlender Fokus ist, dass Usability die Akzeptanz des multimedialen Angebotes mit beeinflusst. Nielsen (1993) differenziert Usability nach den Merkmalen „easy to learn“, „efficient to use“, „easy to remember“, „few errors“ und „subjectively pleasing“. Er sieht ebenso wie die DIN Erlernbarkeit, Effizienz, Erinnerbarkeit, Fehlertoleranz und subjektiv angenehme Erscheinung als wesentliche Merkmale von Usability. Auch, wenn er Lernförderlichkeit von Erinnerbarkeit abgrenzt, wobei Erlernbarkeit das leichte Erlernen der Handhabung des Angebotes meint und Erinnerbarkeit, den einfachen Wiedereinstieg auch nach einer Nutzungspause. Er sieht darüber hinaus jedoch Usability als „probably necessary to ensure broad acceptance of the product“ (Nielsen (1993, p. 7)). Nielsen vermittelt damit klar, dass Usability ein wichtiger Teil der Akzeptanz der gesamten multimedialen Anwendung ist, ohne jedoch Bezug auf die Akzeptanzforschung (u.a. Venkatesch & Davis, 2000) zu nehmen. Die Akzeptanzannahme ist ein wesentliches Zielkriterium adäquater Usability, da die vorherrschende Testorientierung darauf hindeutet, dass Usability als Gütemerkmal bzw. Qualitätsmerkmal aufgefasst werden soll, dass die Akzeptanz eines Produktes mit beeinflusst. Deshalb ist diese Annahme, neben den die Usability näher bestimmenden Eigenschaften und Merkmalen, auch Ausgangspunkt für die Konstruktion der Erhebungsinstrumente zur Akzeptanz (siehe Kap. 8.5.3).

In erster Line bezieht sich Usability auf die funktionale Gestaltung der Benutzungsschnittstelle, etwa die Gestaltung von Funktionen, die Farbgestaltung, das Layout, die Gestaltung von akustischen Merkmalen. Zunehmend werden auch emotionale Merkmale mit betrachtet. Jedoch fehlt den Eigenschaften und Merkmalen der Usability ein Bezug zur Verstehbarkeit der dargestellten Inhalte. Fragen zur Aktualität, Strukturierung und Verständlichkeit der präsentierten Inhalte können nicht mit den vorhandenen Eigenschaften und Merkmalen der Usability beantwortet werden. Es fehlt ein direkter Bezug

der Eigenschaften und Merkmale der Usability zu Prozessen der menschlichen Informationsverarbeitung. Somit fehlen für den Bewertungs- und Entwicklungsprozess konkrete Annahmen zu den Wirkungsweisen der einzelnen Eigenschaften und Merkmale auf die menschliche Informationsverarbeitung, die die Ableitung konkreter Zielgrößen ermöglichen würden. Deshalb bilden die in der DIN-EN-ISO9241 (1998) bzw. DIN-EN-ISO9241-110 (2006) formulierten Eigenschaften und Merkmale lediglich den Rahmen für die Gestaltung benutzerfreundlicher Schnittstellen. Sie eröffnen Spielräume für Anpassungen an individuelle Fähigkeiten, Fertigkeiten und Bedürfnisse der Lernenden, ihre Aufgaben und Umgebungsbedingungen durch Selektion, Interpretation und Modifikation der angewandten Merkmale. Da die Messung der Usability nicht direkt erfolgen kann, muss sie indirekt über andere Größen bestimmt werden. Im Wesentlichen wird dies über eine systematisch erhobene Datenbasis realisiert, für die Leistungsmessungen mit subjektiven Daten in meinen Studien kombiniert werden (siehe Kap. 8.5.3).

2.2. Prinzipien benutzerfreundlichen Designs

Aus den Eigenschaften und Merkmalen der Usability wurden von verschiedenen Autoren Prinzipien benutzerfreundlicher „interface-designs“ multimedialer Anwendungen abgeleitet, von Shneiderman (1998) acht, von Norman (1989) sieben Prinzipien oder von Moch und Nielsen (1990) bzw. deren Weiterentwicklung Nielsen (1994a) zehn Heuristiken. Niensens (1994a) zehn Heuristiken werden hier näher vorgestellt, da sie leitend für das Design der multimedialen Lernumgebung waren, die in meinen Studien als Untersuchungsmittel eingesetzt wurde. Die Umsetzung der 10 Heuristiken soll dem Lernenden eine hohe Usability gewährleisten, die ihm eine stetige zielführende Interaktion mit dem multimedialen Lernangebot sowie die permanente Kontrolle seiner Lern- und Handlungsaktivitäten ermöglicht. Gerade die wahrgenommene Kontrolle des selbst regulierten Lernprozesses wird von Schnackenberg und Hilliard (1998) als Möglichkeit hervorgehoben, die Lernen unterstützen und zu besseren Lernergebnissen führen kann.

1. **„Visibility of system status“:** Der Benutzer sollte stets darüber informiert sein, was der Computer gerade tut. Fortschrittsbalken oder verschiedene Mauszeiger etwa können zur Visualisierung genutzt werden.
2. **„Match between system and the real world“:** Nutzerbezogenes Design bedeutet, dass Anweisungen, Erläuterungen etc. oder Icons so formuliert werden, wie es der Nutzer aus seinem natürlichen Sprachkontext heraus gewohnt ist und die er versteht. Vermieden werden sollten Dialoge, die auf der Ebene einer systemorientierten Sprache aufbauen.
3. **„User control and freedom“:** Es kommt vor, dass Nutzer Funktionen starten, ohne dies beabsichtigt zu haben. In diesen Fällen muss die Möglichkeit bestehen die Aktion rückgängig zu machen oder abubrechen.

4. **„Consistency and standards“**: Konsistenz ist das wichtigste Grundprinzip und beinhaltet Konsistenz in der Farb-, Schrift- oder Icongestaltung, Konsistenz in Layout, in der Reihenfolge wiederkehrender Aktionen, Konsistenz in der Funktionalität von Menüs und Beschriftungen sowie Konsistenz in der Button- oder Mausebedienug. Alle Bildschirmseiten sollten ähnlich strukturiert sein, um die Suche nach relevanten Informationen zu erleichtern. Damit eng verbunden ist auch die Minimierung der kognitiven Belastung des Arbeitsgedächtnisses beim Nutzer.
5. **„Error prevention“**: Fehleranfälligen Situationen sollte vorgebeugt werden. Darüber hinaus ist es sinnvoll, das System so zu konzipieren, dass es Nutzer dabei unterstützt, Fehler zu vermeiden und sofern sie dennoch aufgetreten sind, Hilfen zu deren Behebung anzubieten. Möglichkeiten der Fehlerprävention sind etwa im aktuellen Kontext nicht anwählbare Funktionen auszugrauen.
6. **„Recognition rather than recall“**: Der Nutzer sollte möglichst wenige kognitive Verarbeitungsprozesse auf die Bedienung des Angebots lenken müssen, sich also z. B. von einer zur nächsten Aktion keine Navigationsinformationen merken müssen.
7. **„Flexibility and efficiency of use“**: Für jeden Nutzer sollte die Schnittstelle möglichst eine passende Interaktionsform anbieten, für Anfänger Menüs und für erfahrene Benutzer und Experten interaktionszeitverkürzende Angebote, etwa in Form von Kommandosprache, z. B. als Tastenkürzel. Auch eine „History“-Funktion erhöht die Effektivität des Arbeitens bzw. Lernens mit dem Angebot.
8. **„Aesthetic and minimalist design“**: Dialoge sollten nur die nötigsten Informationen enthalten und das gesamte Design des Angebotes „schön“ aber minimalistisch gestaltet sein, z. B. möglichst mit wenigen Schriftarten und Farben auskommen.
9. **„Help users recognize, diagnose, and recover from errors“**: Gute Fehlermeldungen sind dadurch charakterisiert, dass sie klar, einfach und nicht beleidigend formuliert sind, systemorientierte Informationen an den Schluss stellen und konstruktive Hinweise zur Fehlerbehebung bzw. Fehlervermeidung beinhalten sowie höflich formuliert sind.
10. **„Help and documentation“**: Komplexe Systeme müssen über eine Bedienungsanleitung und Hilfefunktion verfügen. Diese sollten leicht verständlich formuliert sein und, soweit angebracht, den Sachverhalt visualisieren, Step by Step Anweisungen zur Behebung von Problemen bereithalten und durchsuchbar sein.

Diese Heuristiken sind nicht starr, sondern sollen entsprechend dem speziellen Designgegenstand verändert, angepasst und präzisiert werden.

2.3. Zusammenfassung

In diesem Kapitel wurde der Nutzer als aktive, selbstbestimmende und zielorientiert handelnde Person beschrieben, die auf möglichst intuitive, leicht und einfach zu bedienende, in ihrer Usability die aktuelle Aufgabe unterstützende Schnittstellengestaltung angewiesen ist. Diese muss nach DIN-EN-ISO9241-110 (2006) effektives, effizientes und zufriedenstellendes Arbeiten ermöglichen. Auch für die Usability multimedialer Lernumgebungen gelten Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit als Eigenschaften, die erfolgreiches multimediales Lernen unterstützen und fördern. Zudem unterstützen Gestaltungsmerkmale, wie Erwartungskonformität, Selbstbeschreibungsfähigkeit, leichte Erreichbarkeit, einfache Erlernbarkeit und Individualisierbarkeit des Informationszugriffs den Lernenden während seiner Interaktionen mit der multimedialen Lernumgebung, wodurch ihm ziel führendes Lernen erleichtert wird, ebenso wie die Kontrolle seiner selbst regulierten Lernaktivitäten. Zur Optimierung der Schnittstellengestaltung können beispielweise die 10 Prinzipien nutzerfreundlichen Designs von Niensens (1994a) eingesetzt werden.

3. INTERAKTIVITÄT UND INFORMATIONSZUGRIFF

Im letzten Kapitel wurde die Usability als Gütemerkmal für die Schnittstellengestaltung multimedialer Lernumgebungen mit ihren wesentlichen Eigenschaften und Merkmalen vorgestellt. Darüber hinaus zeigte das Kapitel Prinzipien auf, die eine benutzerfreundliche Schnittstellengestaltung fördern. Als wesentliche Elemente der Schnittstelle wurden für multimediales Lernen die Navigations- und Zugriffsmöglichkeiten betont.

Diese werden nun in diesem Kapitel näher expliziert und deren Bedeutung für die angebotene Interaktivität und den Informationszugriff, also den Zugriff der Lernenden auf die in der multimedialen Lernumgebung hinterlegten Lerninhalte, herausgestellt.

Die angebotene Interaktivität einer multimedialen Lernumgebung gilt als wesentlicher Faktor für den erreichten Lernerfolg eines Lernenden (Clarke, 2001; Kerres, 2002; Sims, 2000). Mit dem Begriff Interaktivität sind jene wechselseitig aufeinander bezogenen Handlungen von Lernenden und multimedialem Lernangebot gemeint, die zur Lösung der gestellten Lernaufgabe führen und über die angebotenen Zugriffstools der Benutzerschnittstelle realisiert werden. Damit bezeichnet der aus der kognitionspsychologischen Forschung stammende Begriff annähernd das Gleiche, wie Mensch-Computer-Interaktion in der softwareergonomischen Forschung. Jedoch unterscheidet sich die Perspektive der Betrachtung. Während Interaktivität in seiner Betrachtung des Interaktionsprozesses vom Lernenden ausgeht, beginnt die Betrachtung unter der Perspektive der Mensch-Computer-Interaktion beim Computersystem, seinen Merkmalen und Eigenschaften.

Es gibt verschiedene Ansätze, die versuchen den Begriff Interaktivität zu spezifizieren, etwa über eine Taxonomie, ein Stufenmodell oder über die Annahme mehrerer Dimensionen (Aldrich, Rogers, & Scaife, 1998; Bartolomé, 1993; Betrancourt, 2005; Kennedy, 2004; Schwier & Misanchuk, 1993). Es besteht zwischen allen Spezifizierungsversuchen Konsens darin, dass Interaktivität im Kontext multimedialen Lernens als Prozess anzusehen ist, bei dem wechselseitig die durchgeführten Interaktionen zwischen dem Lernenden und der multimedialen Lernumgebung voneinander abhängen. Jedoch nicht alle Spezifizierungsversuche machen die Beziehung zwischen einer Interaktivitätskategorie, einer Taxonomie, einer Stufe oder einer Dimension und den durch sie aktivierten Lernprozessen deutlich. Etwa bei Bartolomé (1993) oder Schwier und Misanchuk (1993) fehlen diese Annahmen. Jedoch ist dies gerade bei der Betrachtung des Interaktivitätsaspektes bezogen auf multimediales Lernen von Bedeutung. Andernfalls ist nicht klar, welchen Beitrag die in der multimedialen Lernumgebung angebotenen Interaktionen zum erwünschten Lernergebnis leisten (Sims, 1997; Sims, 2000). Verschiedene Navigations- und Zugriffsoptionen allein, reichen nicht aus, um eine multimediale Lernumgebung mit wirkungsvoller Interaktivität auszustatten. Vielmehr kann Interaktivität den Lerner auch vom tieferen Verarbeiten der präsentierten Informationen ablenken (Kalyuga, 2007). Lernende können

auch mit wenigen Navigations- und Zugriffsoptionen erfolgreich Wissen aufbauen (Potelle & Rouet, 2003; Puntambekar, Stylianou, & Hübscher, 2003). Denn es ist nicht die interaktive Handlung zwischen Lernenden und multimedialer Lernumgebung an sich, die den Lernerfolg forciert, sondern eine interaktive Handlung, die aktives Verarbeiten von Lerninhalten und die Integration neuer und bereits erworbener themenbezogener kognitiver Konzepte aktiviert. Dabei sehen Renkl und Atkinson (2007) vor allem jene Merkmale interaktiver Lernumgebungen als lernförderlich an, die es dem Lernenden ermöglichen, zentrale Konzepte und ihre wechselseitigen Beziehungen sowie zentrale Prinzipien und ihre Anwendung zu verstehen. Auch Niegemann et al. (2008) sehen in ihrem Rahmenmodell relevanter Variablen für effiziente Interaktivität (1) die Qualität der kognitiven Operationen, die durch Einwirkung der Lernumgebung auf den Lernenden initiiert werden, als zentral an. Daneben ist (2) die Qualität der lernzielrelevanten Informationen, die Lernenden durch spezifische Einwirkung auf die Lernumgebung gewinnen können und die ihnen ohne diese Einwirkung nicht zur Verfügung steht, entscheidend, also die über die multimediale Lernumgebung präsentierten Inhalte ebenso, wie deren didaktische und gestalterische Präsentation. Auch (3) die Art und das Ausmaß der Belastung des Arbeitsgedächtnisses während des Lernens sowie (4) das aktivierte Vorwissen beeinflussen die Effizienz der Interaktivität. Aber auch (5) die realisierten metakognitiven und selbstregulatorischen Fähigkeiten sowie (6) motivationale, emotionale Personeneigenschaften wirken sich auf die Effizienz der Interaktivität aus.

Werden nun die sechs Einflussgrößen hinsichtlich ihrer funktionalen Zusammenhänge betrachtet, so ist das „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008, p. 303) hilfreich. Die Abb. 3-1 zeigt ein prozessorientiertes Interaktionsmodell, das auf den Einflussgrößen des „NDH-Modells“ basiert und ergänzend die Lernaufgabe als Einflussfaktor definiert. Zudem spezifiziert es die Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes, indem der Aspekt der Usability hinzukommt.

In seiner Darstellungsweise betont das prozessorientierte Interaktionsmodell weniger die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Einflussgrößen, wie dies im „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008, p. 303) erfolgt, sondern fokussiert auf den Interaktionsprozess von der Planung bis zur Ausführung einer Interaktionshandlung und die diesen Prozess beeinflussenden Faktoren.

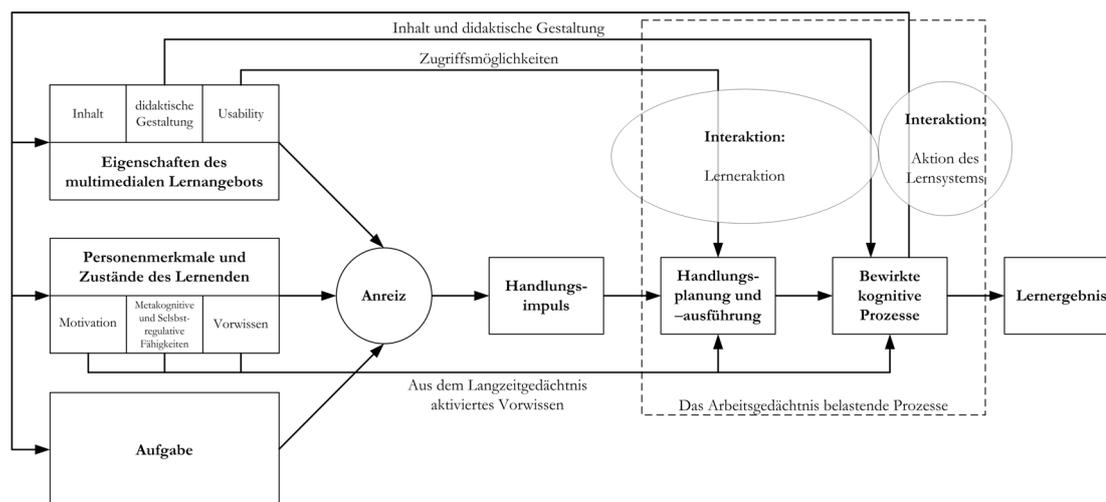


Abb. 3-1 Prozessorientiertes Interaktionsmodell

Ausgangspunkt für die Interaktion nach dem prozessorientierten Interaktionsmodell ist ein Lernender mit seinem themenspezifischen Vorwissen, seinem Vorwissen zum Umgang mit multimedialen Anwendungen, seinen metakognitiven und selbstregulatorischen Fähigkeiten und motivationalen Eigenschaften und Zuständen. In Wechselwirkung zwischen der Lernaufgabe, dem durch das Informationsangebot aktivierten Vorwissen, die ebenfalls durch die Lernaufgabe und das multimediale Informationsangebot aktivierte Motivation kann sich zwischen den einzelnen Faktoren ein Anreiz zu einem Handlungsimpuls entwickeln (Niegemann et al., 2008). Dieser Handlungsimpuls zielt darauf, die Lernaufgabe mithilfe des Informationsangebotes der multimedialen Lernumgebung lösen zu wollen. Dies erfordert in Abhängigkeit von metakognitiven Fähigkeiten, dass der Lernende Handlungen oder Handlungsabfolgen plant und ausführt, die das Lösen der Lernaufgabe oder Teile der Aufgabe wahrscheinlich machen. Zur Planung aktiviert er sein bisheriges themenbezogenes Wissen und vergleicht, ob und welches Wissen ihm zur Lösung der Lernaufgabe fehlt. Zudem muss er herausfinden, welche Zugriffsmöglichkeiten die multimediale Lernumgebung anbietet und er sollte sein computerbezogenes Nutzungsvorwissen aktivieren, um festzulegen, welche Zugriffsmöglichkeiten zur Informationssuche und zum Informationszugriff er nutzen will. Anschließend wird die geplante Handlung durch Interaktion zwischen dem Lernenden und der multimedialen Lernumgebung ausgeführt, z. B. durch Einsatz der Maus oder Eingabe von Text. Die multimediale Lernumgebung ihrerseits ändert daraufhin ihr Informationsangebot (Interaktion: Aktion des Lehrsystems). Es präsentiert beispielsweise, jene Informationen, die sich hinter dem angewählten Menüpunkt befanden. Entspricht die nun angezeigte Information der Gewünschten, so hat die Interaktion und das Informationsangebot der multimedialen Lernumgebung dazu beigetragen, dass kognitive Operationen und Wissensstrukturen im Arbeitsgedächtnis des Lernenden verändert werden können. In der Folge ermöglichen die angeregten kognitiven Operationen den Wissenserwerb, wodurch das gewünschte Lernergebnis erzielt werden kann. Präsentierte die multimediale Lernumgebung jedoch

nicht die gewünschte Information, so kann dies dazu führen, dass ein neuer Anreiz einen Handlungsimpuls, in Abhängigkeit von den Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes, den Personenmerkmalen und der Aufgabe auslöst. Dieser Anreiz kann zu Veränderungen in der Handlungsplanung führen, etwa indem die Informationssuche spezifiziert oder verbreitert wird und eventuell auch andere Zugriffsmöglichkeiten gewählt werden. Die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit des Lernenden mit dem Informationsangebot, der Informationssuche und den angebotenen Zugriffsmöglichkeiten, hängt davon ab, ob die angebotene Interaktivität der multimedialen Lernumgebung die Initiierung und Veränderung kognitiver Operationen und Strukturen, also den Erwerb von Wissen ermöglichte. Zudem ist die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit des Lernenden vom Ausmaß der Belastung des Arbeitsgedächtnisses abhängig, die während der Informationssuche, dem Informationszugriff und der Informationsverarbeitung auftrat. Die Belastung des Arbeitsgedächtnisses ist nicht nur abhängig vom angebotenen Inhalt und der didaktischen Gestaltung sowie den Voraussetzungen der Lernenden sondern auch von den Zugriffsmöglichkeiten und der durch sie ermöglichten und geschaffenen Bedingungen und Formen der Interaktion zwischen Lernenden und multimedialer Lernumgebung.

Damit erschließt sich unter Berücksichtigung der im vorangegangenen Kapitel 2 vorgestellten Eigenschaften und Merkmale benutzer-, also auch lernerfreundlicher Schnittstellengestaltung, dass auch bei der Gestaltung von Interaktivitätsangeboten auf eine für den Lernenden möglichst intuitive, leicht und einfach zu bedienende, in der Usability die aktuelle Aufgabe unterstützende Gestaltung geachtet werden muss. Nur wenn die Informationssuche und der Informationszugriff vom Lernenden wenige das Arbeitsgedächtnis belastende kognitive Ressourcen erfordern, können die Interaktionen zwischen ihm und dem multimedialen Lernangebot dazu beitragen, jene kognitiven Operationen anzuregen, die den Wissenserwerb zu forcieren.

Es ist jedoch entscheidend, vorab zu prüfen, welcher Interaktionstyp bzw. welche Interaktionstypen in der multimedialen Lernumgebung angeboten werden, um festzustellen, welche kognitiven Prozesse der jeweilige Interaktionstyp vom Lernenden erfordert und welche Restriktionen sich in Abhängigkeit von den kognitiven, motivationalen und metakognitiven Lernvoraussetzungen für deren Design ergeben.

Moreno und Mayer (2007) unterscheiden fünf Typen von Interaktivität: (1) „dialoguing“, (2) „controlling“, (3) „manipulating“, (4) „searching“, (5) „navigating“. Beim Interaktionstyp „dialoguing“ erhält der Lernende von der multimedialen Lernumgebung Antworten auf seine Fragen oder ein Feedback zu seinem Lernprozess oder seinen Lernergebnissen, beispielsweise durch einen pädagogischen Agenten. Die angebotene Interaktivität entspricht dann dem Typ „controlling“, wenn der Lernende selbstregulierend bestimmen kann, welche Teile oder welche Lernepisode er bearbeiten möchte. Der Interaktionstyp „manipulating“ ist dadurch charakterisiert, dass der Lernende selbst Parameter setzen und verändern kann, beispielsweise in einer Simulation. Der Interaktionstyp „searching“

bezieht sich auf die Informationssuche, etwa über eine Suchabfrage. Der Interaktionstyp „navigating“ hingegen richtet sich auf die Informationsauswahl, etwa aus einem Menü oder einem Verzeichnis bezieht. Vor allem die Interaktivitätstypen „controlling“, „searching“ und „navigating“ sind in vielen multimedialen Lernumgebungen Basis für die Informationssuche und den Informationszugriff. Deshalb sollen in dieser Arbeit zukünftig nur die drei Interaktionstypen weiter betrachtet werden. Um alle drei Typen so zu gestalten, dass sie in Kombination mit den angebotenen Lerninhalten und den Voraussetzungen der Lernenden aktives Verarbeiten der angebotenen Informationen anregen, sind Kenntnisse über die Faktoren der Informationssuche, den Prozess der Informationssuche und der Gestaltungsmöglichkeiten der Zugriffstools erforderlich.

3.1. Modelle der Informationssuche

Für das Suchverhalten in Medien wurde eine breite Palette verschiedenster Modelle entwickelt (siehe Tab. 3-1), jene für die Informationssuche in gedruckten Medien (Cuthrie & Mosenthal, 1987) oder jene für elektronische Medien (Belkin, Marchetti, & Cool, 1993; Kuhlthau, 1993; Marchionini, 1995; Shneiderman, Byrd, & Croft, 1997). Einige Modelle können sowohl für die Erklärung des Suchverhaltens in elektronischen als auch in gedruckten Medien herangezogen werden (Cuthrie & Mosenthal, 1987; Kuhlthau, 1993). Die meisten Modelle der Informationssuche sind Prozessmodelle. Jenes von Waterworth und Chignell (1991) jedoch ist ein Modell, das nur die Dimensionen, die am Prozess der Informationssuche beteiligt sind, aufzeigt.

	Cuthrie (1987)	Kuhlthau (1993)	Shneiderman (1997)	Marchionini (1995)	Belkin (1993)	Ellis (1989)	Waterworth (1991)
<i>Definieren der Suchaufgabe</i>		Initiierung der Aufgabe	Formulieren der Suchaufgabe	Erkennen und Akzeptieren des Problems	Feststellen des Informationsbedarfes	Vorbereiten der Informationssuche	Definition
<i>Formulieren des Ziels</i>	Formulieren des Ziels	Auswahl des Themas		Definieren des Problems			Spezifikation des Navigationsziels
<i>Planung der Suche</i>	Auswahl einer Kategorie	Fokusformulierung		Auswahl des Suchsystems	Repräsentation der Suchfrage		Entscheidung über die Interaktionsmethode
<i>Durchführen der Suche</i>	Sequenzierung der Inspektion	Sammeln wichtiger Informationen	Durchführen der Suche	Ausführen der Suche	Vergleich und Interaktion	Zielorientierte Suche Semizielorientiertes Browsen wiederholte Suche	
<i>Auswerten der Ergebnisse</i>	Extraktion relevanter Details	Auswertung der Inhalte und Beenden der Suche	Beurteilen und Bewerten der Suchergebnisse	Überprüfung der Ergebnisse	Analyse d. gefundenen Dokumente	Beurteilung und Filtern	
<i>Extraktion relevanter Details</i>				Extraktion von Informationen			
<i>Wiederholen oder Verfeinern der Suche</i>	Wiederholung des Zyklus		Verbesserung der Suchanfrage	Reflexion, Wiederholung, Beenden	Nutzung / Evaluation / Modifikation	Beenden der Suche	

Tab. 3-1 Überblick Modelle der Informationssuche

Gemeinsam ist allen Prozessmodellen, dass der Suchprozess einer Person in mehrere Phasen unterteilt werden kann, dem Definieren der Suchaufgabe, dem Formulieren des Suchziels, der Planung, Durchführung und Auswertung der Suche, der Extraktion relevanter Details und der je nach Suchergebnis sich anschließenden Wiederholung oder Verfeinerung der Suche oder dessen Abbruch.

Es kann wohl davon ausgegangen werden, dass Lernende bei ihrer Informationssuche in multimedialen Lernumgebungen sehr ähnlich vorgehen. Möglicherweise sind deshalb konkrete Modelle für die Informationssuche in multimedialen Lernumgebungen rar.

Definieren der Suchaufgabe: Bis auf das Modell von Cuthrie und Mosenthal (1987) definieren alle anderen Modelle diesen Schritt als ersten Schritt der Informationssuche einer Person, in dem die Person erkennt und akzeptiert, dass sie ein Defizit zur Lösung der gestellten Aufgabe hat und deshalb Informationen sammeln muss, um diese lösen zu

können. Meist äußert sich zunächst das Defizit für die Person in einem vagen Gefühl der Unsicherheit (Marchionini, 1995). Es ist daher wichtig, nicht nur das Problem zu erkennen, sondern dieses auch in seiner Komplexität und Spezifität zu verstehen, um es adäquat eingrenzen zu können. Nur so können konkrete Erwartungen an das Suchergebnis formuliert werden (Marchionini, 1995). Gelangt die Person allerdings zu dem Schluss, dass der Aufwand für die Suche zu hoch ist, wird das Problem nicht weiterverfolgt.

Formulieren des Suchziels: Auch wenn Marchionini (1995) als Endergebnis der Definitionsphase konkrete Erwartungen an das Suchergebnis postuliert, so können dies konkrete Suchziele sein, müssen es aber nicht. Vor allem zur Erschließung umfangreicher und zudem neuer Wissensdomänen werden Suchziele vage beschrieben (Shneiderman, 1998). Zudem sind sie aufgabenabhängig (siehe Kap. 3.2). Die Modelle von Cuthrie und Rosenthal (1987) sowie das Modell von Waterworth und Chignell (1991) sehen das Formulieren von Suchzielen vor. Insbesondere dann, wenn das übergeordnete Suchziel zu vage scheint oder die Informationsmenge zu groß ist, werden untergeordnete Ziele formuliert (Cuthrie & Mosenthal, 1987). Die Definition von Teilzielen kann explizit konkret erfolgen, aber häufig erfolgt die Formulierung auch implizit und vage.

Planung der Suche: Die Planung der Suche ist ein zentraler Aspekt in allen Modellen. Zunächst muss die Person auswählen, welches Suchsystem sich für das jeweilige Suchziel bzw. deren Subziele eignet (Marchionini, 1995). Waterworth und Chignell (1991) unterscheiden zwischen Stichwortsuche („querying“), bei der Suchbegriffe in eine Suchmaske eingegeben werden müssen oder referentielle Suche, bei der aus einer vom System vorgegebenen Liste oder einem Menü ausgewählt wird. Insbesondere bei der Stichwortsuche müssen Lernende die Suchwörter aus ihrem inhaltlichen Wissen an die Struktur der Informationsquelle anpassen und in eine formalisierte Anfrage an das System transferieren („mapping“). Dies ist nicht unproblematisch, da der Suchende häufig nicht präzise artikulieren kann, was er sucht, da ihm domänenspezifisches Wissen ebenso fehlen kann, wie Informationen darüber, wie bestimmte Informationen im System abgespeichert sind. Belkin und Kollegen (1993) nennen diesen Zustand „anomalous state of knowledge“.

Durchführen der Suche: In allen Prozessmodellen erfolgt das Ausführen der Suche entweder durch Eintippen der Suchbegriffe bei der Stichwortsuche oder dem Verfolgen ausgewählter Menüpunkte, wenn die referentielle Suche gewählt wurde. Ellis (1989) präzisiert die Suchaktivitäten von Lernenden dahin gehend, dass sie aufeinander folgende Informationen, sowohl vorwärts als auch rückwärts verfolgen können, entweder zielorientiert oder im Sinne von Browsen themenbezogen und interessengeleitet durch Erfolg versprechende Inhalte (siehe Kap. 3.2). Die Suche kann darüber hinaus nach Ellis (1989) auch dazu dienen, sich auf „dem Laufenden“ zu halten, z. B. bezüglich aktueller oder neuer Wissensinhalte in der Lernumgebung.

Auswerten der Ergebnisse und Extraktion relevanter Details: Die Auswertung bzw. Bewertung der Suchergebnisse sind Schritte die alle Prozessmodelle beinhalten. Ebenso

enthalten alle Prozessmodelle den Schritt Extraktion relevanter Details. Die Auswertung der Ergebnisse kann formal zunächst hinsichtlich der Anzahl oder der Anordnung der Suchergebnisse erfolgen (Shneiderman, Byrd, & Croft, 1997). Dieses Kriterium ist besonders relevant, wenn eine große Menge Treffer auszuwerten ist. Werden die Suchergebnisse inhaltlich bewertet, so wird deren Bewertung vor allem als Relevanzbewertung diskutiert (Hölscher, 2002). Es muss vom Suchenden entschieden werden, welche Suchergebnisse genauer betrachtet werden, welche nicht und ob neue Suchanfragen notwendig sind. Nach Kuhlthau (1993) umfasst die Relevanzbewertung nicht nur die Bewertung der Suchergebnisse im Ganzen, sondern bezieht sich auch auf Teilbereiche eines Suchergebnisses, das zukünftig genauer exploriert werden soll. Generell scannt der Suchende zunächst die angebotenen Informationen bzw. Lerninhalte, wie Überschriften oder Zusammenfassung und versucht sich einen Überblick zu verschaffen. Dabei wählt er jene Suchergebnisse aus, die er im Anschluss oder zu einem späteren Zeitpunkt genauer überprüfen will, also lesen, klassifizieren, organisieren und mit seinem bisherigen Wissen verbinden. Wurde die gesuchte Information gefunden und bot sie alle Informationen, die zum Lösen der Lernaufgabe erforderlich sind, wird die Suche beendet. Ist dies jedoch nicht der Fall, und besteht ein ausreichender Anreiz sowie Handlungsimpuls entsprechend des prozessorientierten Interaktionsmodells die Lernaufgabe weiterhin lösen zu wollen, wird die Suche wiederholt und eventuell verfeinert. Besteht jedoch kein ausreichender Anreiz mehr, die Lernaufgabe weiterzuverfolgen, wird die Suche ergebnislos oder mit nur einem Teilergebnis abgebrochen. Ein weiterer Grund für den einen Abbruch der Suche kann auch Zeitmangel sein (Kuhlthau, 1993).

Wiederholen oder Verfeinern der Suche: Auch diesen Schritt des Suchprozesses haben alle Prozessmodelle gemeinsam. Wurde die gesuchte Information nicht gefunden, nur teilweise gefunden oder stellte der Suchende fest, dass die gesuchte Information überhaupt nicht unter den verwendeten Suchbegriffen existiert, dann wird die Suche erneut mit dem Definieren einer neuen, verbesserten Suchaufgabe (Shneiderman, Byrd, & Croft, 1997) und den sich daran anschließenden Folgeschritten durchlaufen. Dies kann auch der Fall sein, wenn die gefundenen Informationen nicht zusammenpassen, z. B. inhaltlich sich widersprechen (Cuthrie & Mosenthal, 1987).

Sowohl das Modell von Marchionini als auch das Modell von Kuhlthau orientieren ihre Konzeption in Analogie zum menschlichen Problemlöseprozess (Marchionini, 1995) bzw. mit dem Ziel der Konstruktion von Wissen (Kuhlthau, 1993). Dabei gehen sie von einem grundsätzlichen Informationsbedürfnis aus, das jedoch durch einen Mangel an Wissen zwischen dem aktuellen Problemlösezustand und dem anzustrebenden Zielzustand geprägt ist. Dadurch ist der Problemlöseprozess von kognitiven Aspekten, wie dem Vorwissen abhängig. Darüber hinaus spielen aber auch affektive Aspekte (Belkin, Marchetti, & Cool, 1993; Kuhlthau, 1993; Marchionini, 1995), wie Unsicherheiten eine Rolle oder die aktuelle Motivation das Problem zu lösen. Zudem machen die Modelle deutlich,

dass Informationsbedürfnisse nicht statisch sind, sondern sich in Abhängigkeit davon verändern, wie viel domänenspezifisches Wissen der Suchende während seiner Suche erwirbt.

Die Modelle der Informationssuche spezifizieren die Schritte „Handlungsplanung“ und „Handlungsausführung“ sowie die „Lernerinteraktion“ und die „Aktion des Lehrsystems“ des prozessorientierten Interaktionsmodells. Jedoch die für effiziente Interaktivität entscheidenden „bewirkten kognitiven Prozesse“ reduzieren die Modelle der Informationssuche auf den Vergleich zwischen erwarteter Information und angebotener Information. Umfang, Tiefe des präsentierten Lerninhaltes sowie kognitiver Aufwand den gewünschten Lerninhalt zu erreichen und zu verarbeiten, betrachten diese Modelle nicht. Es scheint deshalb sinnvoll, die existierenden Modelle der Informationssuche für multimediales Lernen anzupassen, um vor allem die Bedeutung von Lerninhalt, didaktischer Gestaltung und kognitiver Belastung des Arbeitsgedächtnisses stärker in den Vordergrund zu rücken. Nur so wird es möglich, Ursachen für nicht bewirkte kognitive Prozesse auszumachen.

3.2. Informationsziele und Suchstrategien

In vielen multimedialen Lernumgebungen werden die von Moreno und Mayer (2007) formulierten Interaktivitätstypen „controlling“, „searching“, und „navigating“ zur Steuerung der angebotenen Informationsmenge („controlling“) und zur Informationssuche sowie zum Informationszugriff („searching“, „navigating“) zurückgegriffen. Während mit „searching“ in Analogie zu Marchionini (1995), Shneiderman et. al. (1997), Kuhlthau (1993) oder Belkin (1993) der Informationszugriff hauptsächlich über die Eingabe von Suchbegriffen („querying“) erfolgt, betont „navigating“ Browsen über referentiell angebotene Interaktionsmöglichkeiten, wie etwa Menüs.

Die Interaktionstypen „searching“ und „navigating“ ermöglichen dem Lernenden, möglichst auf sein Vorwissen und auf seine Suchaufgabe abgestimmt, die von ihm definierten Suchziele zu erreichen. Beide Interaktionstypen helfen ihm sich einen Überblick über die Inhalte des multimedialen Lernangebotes zu verschaffen, in dessen Inhalten zu stöbern, seitenweise gezielt über das Verfolgen von Links Informationen abzurufen oder lernrelevante Inhalte über die Eingabe von Suchbegriffen zu suchen. Der Interaktionstyp „controlling“ reguliert dabei die angebotene Informationsmenge.

Lernende verwenden unterschiedliche Suchstrategien je nachdem, ob sie Wissen neu erwerben, ihr bereits Vorhandenes ergänzen, vertiefen, überprüfen oder wiederholen wollen. Nach dem prozessorientierten Interaktionsmodell sind das Ziel der Informationssuche bzw. die Lernaufgabe, das Vorwissen des Lernenden, seine Motivation und seine metakognitiven und selbstregulatorischen Fähigkeiten mitentscheidend dafür, welche Suchstrategie ein Lernender für seine Informationssuche angewendet oder ob eine Kom-

bination von Strategien mehr Erfolg für die Lösung der Lernaufgabe verspricht. Denn, sowohl die Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes, die Personenmerkmale und die Aufgabe wirken sich nicht nur auf den Anreiz und den Handlungsimpuls aus, sondern haben auch direkt Einfluss auf die Handlungsplanung, Handlungsausführung und die bewirkten kognitiven Prozesse, also auf die Lerneraktionen. In Abhängigkeit vom Informationsziel, den Personenmerkmalen und den Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes rufen Lernende Informationen mehr oder weniger gezielt ab. Informationsziele können klar spezifiziert und trennscharf definiert sein, unklar spezifiziert aber dennoch trennscharf definiert oder weder klar spezifiziert noch trennscharf definiert sein. Über je mehr themenbezogenes Vorwissen ein Lernender verfügt, desto klarer und trennschärfer kann er seine Lernziele formulieren.

Bei klar spezifizierten Zielen nutzen die Lernenden meist den Interaktionstyp „searching“ und verwenden für ihre Suchanfrage etwa ein angebotenes Suchformular oder ein Inhaltsverzeichnis bzw. einen Index. Sie planen ihre Navigationshandlungen, gehen zielgerichtet vor und nutzen komplexe auf das Navigationsziel ausgerichtete Suchanfragen. Diese Form des Navigierens wird als Suchen bezeichnet (Carmel, Craford, & Chen, 1992; Marchionini, 1988; Marchionini & Shneiderman, 1988).

Browsen hingegen charakterisiert eine exploratorische ungerichtete Form der Informationssuche, die häufig zufällig vom Lernenden gewählt wird und relativ einfache und breite Suchanfragen umfasst (Shneiderman, 1998). Sie entspricht eher dem Interaktionstyp „navigating“. Sie wird von Lernenden verwendet bei weder spezifizierten noch trennscharf definierten Zielen, also dann, wenn die Informationssuche interessenleitet zufällig explorativ erfolgt. Browsen wird aber auch dann von Lernenden eingesetzt, wenn dessen Ziele zwar unklar spezifiziert, aber dennoch trennscharf definiert sind. Dies ist häufig dann der Fall, wenn themenbezogen oder nach konkreten Inhalten zum Thema gesucht wird.

Es gibt verschiedene Kategorisierungen von Browsen (Canter, Rivers, & Storrs, 1985; Carmel, Craford, & Chen, 1992; Cove & Walsh, 1988; Marchionini, 1987; Wilson, 1997). Gemeinsam ist allen, dass sie Browsen auf einem Kontinuum von systematisch zielgerichtetem Handeln bis hin zum zufälligen Handeln definieren. Eine verbreitete Klassifizierung ist die von Cove und Walsh (1988), die auch weitestgehend mit Marchioninis (1987) Auffassung übereinstimmt. Sie klassifizieren Browsen in „search browsing“, der gerichteten Informationssuche mit bekanntem Suchziel, dem „general purpose browsing“ bei dem sich der Lernende vom Informationsgehalt der Lernumgebung in seiner Suche leiten lässt und dem „serendipity browsing“ bei dem der Lernende beim Browsen kein bestimmtes Ziel verfolgt und einfach im Angebot nach interessanten und für ihn relevanten Informationen stöbert.

3.3. Möglichkeiten der Zugriffstoolgestaltung

Eine Interaktion zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung erfordert nach dem prozessorientierten Interaktionsmodell eine Lerneraktion und eine darauf bezogene Aktion der multimedialen Lernumgebung. Diese Interaktion erfolgt über Zugriffstools. Durch bewegen und anklicken mit der Maus können etwa interessierende Inhalte ausgewählt oder durch Eingabe von Stichwörtern über die Tastatur gezielt nach Informationen gesucht werden. Im Wesentlichen können vier Gruppen von Navigationstools anhand ihrer Funktion für den Lernenden unterschieden werden, erstens Inhaltsverzeichnisse, Menüs, Register, Glossare, zweitens „maps“ und Browser, drittens Pfade, „bookmarks“, „historys“ und viertens „guided tours“ und autorendefinierte Zugriffstools. Eine andere Unterteilung schlägt etwa Shneiderman (1998) vor. Er unterteilt Zugriffstools hinsichtlich ihrer Dimensionalität und Darstellungsart und zudem danach, ob sie statisch Informationen präsentieren oder die Informationspräsentation dynamisch sich durch Aktionen der Lernenden verändert. Diese Unterteilung führt zu einer sehr differenzierten Charakterisierung des jeweiligen Zugriffstools. Um jedoch einen Überblick zu geben, soll hier die Einteilung anhand der Funktionalität für den Lernenden entsprechend der vier Gruppen erfolgen.

1. **Inhaltsverzeichnisse, Menüs, Register, Glossare:** Sie ermöglichen einen direkten Zugriff auf das angewählte Kapitel, den gewünschten Abschnitt oder den entsprechenden Inhalt (Kuhlen, 1991). Sie sind hierarchisch oder systematisch aufgebaut sowie statisch oder dynamisch gestaltet, Letzteres z. B. dann, wenn der „fish-eye view“ (Furnas, 1986) integriert wurde.
2. **„Maps“ und Browser:** Sie geben entweder eine generelle Übersicht über alle in der multimedialen Lernumgebung vorhandenen Inhalte, einschließlich ihrer Verknüpfungen untereinander. Sie können aber auch nur einen Teil der Inhalte und ihrer Verknüpfungen untereinander illustrieren (Zizi, 1996). Suchabfragen oder die Möglichkeit Teile der „map“ anzuklicken, ermöglichen das Anwählen eines interessierenden Teilbereiches der „map“.
3. **Pfade, Bookmarks, „Historys“:** Pfade dienen der Linearisierung einer Hypertextbasis. Lernende legen Pfade durch häufige Nutzung bestimmter Informationsknoten dynamisch an. Das Zurückverfolgen dieser Pfade („backtracking“) ermöglicht dem Lernenden auf bereits besuchte Knoten zurückzugreifen. Will ein Lernender selektiv eine bestimmte Information nochmals aufsuchen, dann eignen sich „breadcrumbs“, die bereits gelesene Bereiche der Hypertextbasis markieren (Nielsen, 1990a) oder „bookmarks“, die der Lernende selbst setzen kann, um schnell zurück zu einem bestimmten relevanten Inhalt zu gelangen. „History“-Listen (Nielsen, 2000) bieten eine direkte Möglichkeit zu bereits besuchten Inhalten zurückzukehren, entweder als hierarchische Bäume oder als grafische Listen. Sie

können nicht nur die besuchten Knoten aufzeigen, sondern auch deren Umgebung. „history“- Listen können aber auch als „summary-trees“ gestaltet sein, die die besuchten Knoten und deren Umgebung anzeigen, sowie Anmerkungen enthalten können.

4. **„Guided tours“ und autoredefinierte Navigationstools:** Lehrende geben dem Lernenden über „guided tours“ eine bestimmte Rezeptionsreihenfolge durch die Hypertextbasis vor (Kuhlen, 1991). Sie ermöglichen zudem dem Autor, zusätzliche Navigationshinweise für die Lernenden zu integrieren. Einige „guided tours“ ermöglichen es dem Lernenden, auch jederzeit die vorgegebene Tour zu verlassen oder bieten alternative Touren an, zwischen denen der Lernende wählen kann.

Für die betrachteten Interaktionstypen „navigating“, „searching“ und „controlling“ kommen als Zugriffstools, häufig nicht alle dargestellten Möglichkeiten infrage.

Beim Interaktionstyp „navigating“ sind es vielfach Links, die als Zugriffstools fungieren. Der Lernende klickt mit der Computermouse von Link zu Link, also von Informationsknoten zu Informationsknoten, um die von ihm gesuchte lernrelevante Information zu finden. Er kann aber auch Hilfsmittel, wie Browser, Inhaltsverzeichnisse (Menüs), Index oder Glossar für einen schnelleren Informationszugriff nutzen.

Beim Interaktionstyp „searching“ sind es häufig Suchmasken, die den Zugriff auf die Lerninhalte ermöglichen. Durch die Eingabe von Suchbegriffen in Suchmasken wird eine schnelle Selektion lernrelevanter Informationen aus den angezeigten Suchergebnissen ermöglicht.

Beim Interaktionstyp „controlling“ werden Fortbewegungstools, wie „vertikales Herunterscrollen“ und „seitenweises Weiterblättern“ als Zugriffstools angeboten. Um sich innerhalb einer Bildschirmseite nach oben oder nach unten zu bewegen, steht in vielen multimedialen Lernumgebungen „vertikales Herunterscrollen“ als Zugriffstool zu Verfügung. Sollen Inhalte über die aktuelle Bildschirmseite hinweg rezipiert werden, ermöglicht dies neben Links und Pfaden, in einigen multimedialen Lernumgebungen auch „seitenweises Weiterblättern“.

Auch das multimediale Lernprogramm, das für meine Studien eingesetzt wurde (siehe auch Kap. 8.5.2 und siehe Kap. 8.5.3), verfügt nur über eine Auswahl der dargestellten Gestaltungsmöglichkeiten von Zugriffstools. Im multimedialen Lernprogramm sind die Interaktionstypen „navigating“ und „controlling“ implementiert. Der Interaktionstyp „navigating“ bietet über Menüs und Links sowie über ein Glossar den Informationszugriff auf die Lerninhalte. Der Interaktionstyp „controlling“ ermöglicht über „seitenweises Weiterblättern“ oder „vertikales Herunterscrollen“ die Fortbewegung innerhalb eines Themas.

3.4. Zusammenfassung

Ein kritischer Faktor der Schnittstellengestaltung zwischen dem Lernenden und dem multimedialen Angebot ist die ermöglichte Interaktivität. Sie wurde nach dem prozessorientierten Interaktionsmodell als effizient beschrieben, wenn sie in Abhängigkeit von Personenmerkmalen, der Lernaufgabe und Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes kognitive Prozesse bewirkt, die eine aktive Verarbeitung und Integration der von der multimedialen Lernumgebung angebotenen neuen Lerninhalte mit bereits vorhandenem Wissen forciert. Ein entscheidender erster Schritt ist es deshalb, aufgabenrelevantes Wissen in der multimedialen Lernumgebung zu suchen, auszuwählen und zu organisieren. Dabei gehen Lernende ganz unterschiedlich vor. In Abhängigkeit von den in der multimedialen Lernumgebung angebotenen Zugriffstools, dem Lernziel und ihren eigenen Personenmerkmalen sowie der Lernaufgabe, nutzen sie, sofern angeboten, unterschiedliche Interaktionstypen. Bewegen sie sich durch das Verfolgen von Links, über Browser, Inhaltsverzeichnisse, „guided tours“ nutzen sie zur Suche nach relevanten Lerninhalten den Interaktionstyp „navigating“.

Suchen sie gezielt durch die Eingabe von Suchbegriffen nach relevantem Wissen in der multimedialen Lernumgebung nutzen sie den Interaktionstyp „searching“.

Das Suchverhalten der Lernenden ist keineswegs immer systematisch und strukturiert. Vielmehr bewegt es sich je nach Fragestellung und Vorwissen auf einem Kontinuum zwischen interessen geleiteter breiter Suche mit breitem Suchziel (browsen) und systematisch, konkreter Suche mit abgegrenztem Suchziel („search“).

Typischerweise definieren Lernende zunächst ihre Suchaufgabe und formulieren Suchziele, Planen die Suche und führen diese anschließend aus. Darauf folgend bewerten sie die Suchergebnisse und Extrahieren lösungsrelevantes Wissen. Konnte die Aufgabe nicht gelöst werden und steht der erwartete Aufwand der Suche im Verhältnis zum erwarteten Nutzen, wird die Suche wiederholt und verfeinert. Jedoch nicht immer werden vom Lernenden alle Schritte sequenziell in der beschriebenen Reihenfolge durchlaufen, vielmehr lassen sie Schritte aus oder parallelisieren sie.

4. RAHMENKONZEPTIONEN ZUM MULTIMEDIALEN LERNEN

Wird die Literatur zum Thema Lernen mit Multimedia betrachtet, so fällt auf, dass zumindest bis Mitte der 1990iger Jahre die technologische Seite stark betont wurde, die Rolle des Lernenden jedoch eher unberücksichtigt blieb (Unz, 2000, p. 13). Neuere Arbeiten zeigen hingegen (Mayer, 2005a; Shapiro & Niederhauser, 2004), dass Erfolg beim multimedialen Lernen nur teilweise auf die Technologie zurückgeführt werden kann. Wie bereits in den vorangegangenen Kapiteln 2 und 3 dargestellt, sind leicht und intuitiv zu nutzende Zugriffstools ein wesentlicher Aspekt effizienter Interaktivität, beeinflusst von der Lernaufgabe und den Merkmalen des Lernenden. Jedoch nach dem prozessorientierten „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008) sind es vor allem die durch die Zugriffstools ermöglichten Interaktionen zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung und die aus den Interaktionen resultierenden kognitiven Prozesse, die effiziente Interaktivität ausmachen und den Lernerfolg forcieren. Damit rückt, neben der Rolle, die das Lernmedium für den Lernprozess und den Lernerfolg spielt, auch in den Vordergrund der Betrachtung, was Lernende tun, wenn sie multimedial Lernen und wie sie das Lernmedium nutzen. Vor allem die kognitiven Prozesse des Wissenserwerbs spielen eine bedeutende Rolle, denn sie bewirken das im „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008) postulierte Lernergebnis, als Folge der Interaktion zwischen Lernendem und multimedialen Lernangebot in Abhängigkeit von den Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes, den Personenmerkmalen und den Zuständen des Lernenden sowie der Aufgabe. Sie beeinflussen die Lerneraktionen, deren Handlungsplanung und Handlungsausführung sowie die durch die Interaktion bewirkten kognitiven Prozesse, in Abhängigkeit vorhandener freier kognitiver Ressourcen im Arbeitsgedächtnis. Nur wenn ausreichende freie kognitive Ressourcen für die Auswahl relevanten Wissens aus der multimedialen Lernumgebung, dessen Organisation und Integration mit bereits vorhandenem Vorwissen im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung stehen, kann die Interaktion bzw. eine Folge von Interaktionen zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung zum angestrebten Lernergebnis führen.

Es stehen mehrere Rahmenkonzeptionen zur Verfügung, die Lernprozesse von und mit Multimedia betrachten. Hier sollen Ansätze vorgestellt werden, die die Rolle des Lernenden im Lehr-Lernarrangement betonen, speziell den kognitiven Aspekt des Wissenserwerbs modellieren und die Basis für das in Kap. 7 vorgestellte Arbeitsmodell darstellen.

4.1. Rahmenkonzeptionen zum Wissenserwerb beim multimedialen Lernen

4.1.1. Lernen und Wissenskonstruktion

Lernen ist nach Piaget (nach Oerter & Montada, 2002) mehr als die Reaktion auf einen Stimulus-Input und nicht allein passives Aufnehmen von Reizen oder bloßes Nachahmen. Lernen ist eine vom Lernenden ausgehende interne kognitive Aktivität, die durch informationsverarbeitende Prozesse mediiert bzw. gesteuert wird. Durch Lernen generiert das Individuum seine kognitiven Konzepte selbst und entwickelt oder verändert diese in aktiver Auseinandersetzung mit der Umwelt. Nach Piaget (nach Oerter & Montada, 2002) erfolgt die Bildung kognitiver Strukturen durch Assimilation und Akkommodation. Bei der Assimilation werden neue kognitive Konzepte entwickelt und zu kognitiven Strukturen zusammengefügt bzw. neue kognitive Konzepte in vorhandene kognitive Strukturen integriert. Durch Akkommodation werden bereits vorhandene kognitive Strukturen verändert und korrigiert.

Kognitive Konzepte und Strukturen können auch als mentale Repräsentationen bezeichnet und je nach ihrem Abstraktheitsgrad im Gedächtnis abgebildet werden u. a. als:

Propositionale Repräsentationen: Sie bilden spezifizierte konkrete Zusammenhänge zwischen Informationen etwa eines Textes ab. Propositionen, als kleinste bedeutungshaltige Informationseinheiten, können untereinander netzwerkartig organisiert sein (Anderson, 2001).

Semantische Netzwerke: Sie repräsentieren nach Quillian (nach Anderson, 2001, 2007) Begriffe und ihre Beziehungen untereinander. Im Gegensatz zu propositionalen Repräsentationen handelt es sich jedoch um konzeptionelles abstraktes Wissen anstatt um Konkretes, bestehend aus abstrakten Begriffskategorien und ihren dazugehörigen Merkmalen. Semantische Netzwerke können zudem propositionale Einheiten enthalten. Um eine bessere Strukturierung der Wissensbasis zu erreichen, können semantische Netzwerke neben ihrer Netzwerkstruktur auch hierarchisch organisiert sein.

Schemata: Sie erfassen nach Bartlett (nach Anderson, 2001, 2007) Ereignisse, Handlungen, Objekte oder Situationen und bilden diese mental als zusammenhängendes Konzept ab, wobei Zusammenhänge zwischen den einzelnen Wissenseinheiten spezifiziert werden. Nach Rumelhart (1980) repräsentieren Schemata vorhandenes Wissen auf allen Abstraktionsebenen, sowohl konkret als auch abstrakt. Aber auch episodisches Wissen, in Form prototypischer Ereignisse in denen meist stereotype Handlungssequenzen auftreten, modellieren Schemata (Schank, 1998). Sie können ineinander eingebettet sein, so dass eine hierarchische Struktur entsteht. Durch ihre „Leerstellen“ erlauben sie die Anpassung an die aktuellen situationsbedingten Erfordernisse und ermöglichen Anpassungen, Veränderungen, Erweiterungen und Korrekturen der Wissensstruktur. Die situationsbedingten

Schemamodifikationen können im „top down processing“ erfolgen, wobei die kognitive Verarbeitung der neuen Information durch Aktivierung bereits vorhandener Schemata erfolgt und nur jene Informationen aus dem neuen Lernmaterial entnommen werden, die bestmöglich mit den vorhandenen Informationen übereinstimmen, sie sinnvoll ergänzen oder erweitern (Anderson & Pearson, 1984). Die Integration neuer Informationen in das bereits vorhandene Wissen kann aber auch im „bottom up processing“ erfolgen, bei dem eine Information aus dem neuen Lernmaterial den Lernenden aktiviert, entweder ein neues Schemata zu konstruieren oder in seinem bereits vorhandenen Wissen nach einem passenden Schemata zu suchen. Damit repräsentieren Schemata Wissen, Erfahrungen und Erwartungen über unterschiedliche Inhalts- und Handlungsbereiche. Während der Wahrnehmung neuer Informationen lenken Schemata die Aufmerksamkeit oder unterstützen die Integration von neuem mit bereits vorhandenem Wissen. Sie fassen kleinere Informationseinheiten zu einer komplexen ganzen zusammen und organisieren und strukturieren so den Erwerb von Wissen. Obwohl der Schemaerwerb internal erfolgt, kann er dennoch instruktional unterstützt werden. Nach Rumelhart und Norman (1978) bzw. nach Rumelhart (1980) erfolgt der Schemaerwerb entweder als assimilativer Prozess des Wissenszuwachses („accretion“) indem Leerstellen mit neuem Wissen angereichert werden oder als akkommodativer Prozess, der zur Präzisierung und Weiterentwicklung vorhandener Schemata führt. Eine Präzisierung oder Erweiterung vorhandener Schemata kann entweder durch strukturelle Veränderung („tuning“), durch Umstrukturierung vorhandener Schemata anhand eines Mustervergleichs („structure mapping“) oder durch Schemainduktion erfolgen. Beim Mustervergleich werden neue Informationen auf vorhandene Schemata projiziert (Mandl, Friedrich, & Hron, 1988). Bei der Schemainduktion werden aus dem Lernmaterial aufgabenrelevante wesentliche Merkmale extrahiert und miteinander in eine bedeutungsvolle Verbindung gebracht. Wodurch ein neues Schema konstruiert werden kann.

Mentale Modelle: Während des Lernprozesses erzeugen Lernende im Arbeitsgedächtnis dynamisch situationsbezogene mentale Modelle (Seel, 1991b) mit dem Ziel vorhandenes Wissen in einer gemeinsamen mentalen Repräsentation abzubilden, die den Umfang und die Tiefe vorhandenen Wissens aufzeigt, aber auch Wissenslücken. Um diese Wissenslücken zu schließen generieren Lernende, neue Schemata, verändern Vorhandene oder Verbinden mehrere Schemata miteinander.

Mentale Modelle repräsentieren den Wirklichkeits-, Aufgaben- bzw. Problembereich, indem sie das bereits vorhandene Wissen zum Themenbereich modellieren. Dabei ist das konstruierte mentale Modell nur eine Möglichkeit, das aktuell erforderliche Wissen zu repräsentieren, wenngleich jene, die dem Lernenden als am besten zum Kontext passend erscheint (Johnson-Laird, 2005). Mentale Modelle können mental rotiert, simuliert, manipuliert und auf den jeweiligen Kontext angepasst werden (Johnson-Laird, 2005). Die Basis mentaler Modelle sind nach Johnson-Laird (1985; , 2005) Analogiebeziehungen, etwa

innerhalb semantischer Netzwerke oder anderer mentaler Repräsentationen, etwa Schemata. Sie können aber auch rekonstruierte Abbilder von Ausschnitten der realen Welt darstellen oder Wahrnehmungserlebnisse. Der Erwerb kohärenter, komplexer adäquater mentaler Modelle für den repräsentierten Wirklichkeits-, Aufgaben- oder Problembereich kann durch „Modellinduktion“ ähnlich der Schemainduktion erfolgen oder aus entdeckendem Lernen resultieren (Seel, 1991a).

Der Aufbau mentaler Repräsentationen erfordert aktive kognitive Prozesse des Lernenden, die es ihm ermöglichen relevante Informationen auszuwählen, zu strukturieren und die neue Information möglichst in vielfältige Verbindung zu bereits erworbenem Wissen zu setzen und sie so einzuprägen. Die basalen kognitiven Prozesse, zur Bildung kognitiver Strukturen, umfassen einerseits die Suche nach Zusammenhängen sowie die Suche nach Ursache-Wirkungsketten. Das Ziel dieser Suche ist der Aufbau propositionaler Repräsentationen, semantischer Netzwerke oder Schemata, die ihrerseits wiederum die Grundlage für die Konstruktion mentaler Modelle darstellen (Anderson & Bower, 1972; Johnson-Laird, 2005) zwischen relevanten bedeutungshaltigen konkret ereignisbezogenen Informationen zu bilden. Andererseits umfassen die basalen kognitiven Prozesse das Vergleichen von Informationen, das Generalisieren von Wissen, das Aufzählen und das Zusammenstellen von Sachverhalten. Darüber hinaus umfassen die basalen kognitiven Prozesse das Klassifizieren sowie das Einordnen von Informationen anhand ihrer typischen Eigenschaften und Merkmale (Cambliss & Calfee, 1998) mit dem Ziel, kohärente mentale Modelle auf Basis semantischer Netzwerke oder anderer mentaler Repräsentationen (Johnson-Laird, 2005), wie Schemata, zu bilden. Zum Aufbau kohärenter mentaler Repräsentationen ist es notwendig zentrale bedeutungshaltige Informationen (Elemente), z. B. in einem Lehrtext, sowie Beziehungen (Relationen) (Seufert, 2003) zwischen ihnen zu erkennen, sie aus dem Kontext herzuleiten oder auf Basis des bereits vorhandenen Wissens zu erschließen. Werden wiederum mehrere mentale Repräsentationen wechselseitig aufeinander bezogen, entsteht unter der Voraussetzung eindeutiger Relationen unter ihnen ein kohärentes mentales Modell zum Lernthema, das die Inhalte des Lerntextes ebenso enthält, wie bereits vorhandenes themenbezogenes Wissen (Schnotz, 1994).

4.1.2. Die Rolle des Gedächtnisses beim Wissenserwerb

Nach Atkinson und Shiffrin (1971) besteht das menschliche Gedächtnis aus drei Teilen, dem sensorischen Gedächtnis, dem Kurzzeitgedächtnis, seit Baddeley (1986) auch Arbeitsgedächtnis genannt, und dem Langzeitgedächtnis. Das sensorische Gedächtnis (auch sensorisches Register) nimmt kurzzeitig, aber relativ vollständig, die auf das Individuum einwirkenden Umgebungsinformationen auf. Durch selektive Aufmerksamkeit werden im Kurzzeitgedächtnis bzw. Arbeitsgedächtnis einige wenige relevante Informationen extrahiert und bleiben dort kurzzeitig für etwa 15 Sekunden für die weitere Verarbeitung erhalten. Kommen weitere neue Informationen hinzu werden alte Einheiten verdrängt. Nur sehr wenige Informationen werden durch aktive Verarbeitungsprozesse in das Langzeitgedächtnis übertragen. Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses (Baddeley, 1992; Chandler & Sweller, 1991; Mayer, 2001, 2005a) ist auf 7 ± 2 neue Informationseinheiten begrenzt. Nur 7 ± 2 können gleichzeitig durch Wiederholen behalten werden (Miller, 1956; Simon, 1974). Sollen die Informationseinheiten miteinander kombiniert und gegeneinander abgewogen werden so sind es nur noch 2-4 Informationseinheiten (Cowan, 2000) die parallel verarbeitet werden können, unter der Voraussetzung, dass die entstehenden internen mentalen Repräsentationen permanent wiederholt und modifiziert werden (Sweller, 2005). Durch kontinuierliche Wiederholung und Modifizierung mentaler Repräsentationen können Lerninhalte im Arbeitsgedächtnis verarbeitet und eingepägt werden, ist dies nicht der Fall wird der Inhalt des Arbeitsgedächtnisses innerhalb von 2 bis 20 Sekunden gelöscht (Sweller, 2005). Die Kapazitätsbegrenzung des Arbeitsgedächtnisses zwingt Lernende nicht nur dazu, Lerninhalte zu wiederholen und deren mentale Repräsentationen permanent zu modifizieren, sondern erfordert auch von ihnen, komplexes Lernmaterial schrittweise zu bearbeiten. Nur durch wiederholte Bearbeitung und sukzessives Extrahieren aller wesentlichen Informationen aus dem Lernmaterial und aktiver Kombination neuer Information mit bereits vorhandenem Wissen können alle wesentlichen Informationen des Lernmaterials im Arbeitsgedächtnis verarbeitet und etwa als Schemata ins Langzeitgedächtnis transferiert werden. Würde es keine Kapazitätsbegrenzung des Arbeitsgedächtnisses geben, dann müsste das Arbeitsgedächtnis bei jeder aufgenommenen Informationseinheit Millionen Möglichkeiten daraufhin prüfen, ob es sich um eine relevante oder irrelevante Information handelt. Diese Prüfprozesse wären ineffizient, da sie zu lange dauern würden, deshalb hat sich die Kapazitätsbegrenzung im Laufe der Evolution als günstig erwiesen (Sweller, 2005).

Das Langzeitgedächtnis verfügt über eine hohe Kapazität und dient der langfristigen Speicherung großer Informationsmengen, etwa von Wissenszusammenhängen, Erfahrungen, Bildern. Es kann auswendig gelerntes Wissen, bei dem einige Bezüge klar andere wesentliche ausgelassen wurden ebenso speichern, wie elaboriertes Wissen in Form von Schemata oder propositionalen Netzwerken mit hohem Vernetzungsgrad und Anzahl der Bezüge zwischen den einzelnen Informationen. Dennoch ist ein Informationszugriff des

Lernenden nicht immer auf alle im Langzeitgedächtnis gespeicherten Informationen möglich, sondern nur auf jene, die nicht vergessen wurden.

Einmal im Langzeitgedächtnis gespeicherte Informationen gehen zwar kaum verloren, dennoch, je länger der Zeitpunkt des Erwerbs der Information und dessen Gebrauch zeitlich auseinander liegen, desto schwerer kann es dem Lernenden fallen, auf sein potenziell verfügbares Wissen zuzugreifen. Drei Prozesse begünstigen das Vergessen, der Zerfall von Gedächtnisspuren, Interferenzen oder fehlende Hinweisreize (Hasselhorn & Gold, 2006).

1. Der Zerfall von Gedächtnisspuren im Langzeitgedächtnis resultiert aus dem Verblässen mentaler Repräsentationen aufgrund neuronaler Prozesse. Durch das Verblässen der mentalen Repräsentation fällt es dem Lernenden zunehmend schwerer die verblässende Repräsentation als relevant zu erkennen, da andere weniger verblasste mentale Repräsentationen möglicherweise mit weniger kognitivem Aufwand abrufbar sind und geringeren kognitiven Rekonstruktionsaufwand erfordern. Neben dem Zeitintervall zwischen Informationserwerb und dessen Abruf beeinflussen das Vergessen Interferenzen.
2. Interferenzen entstehen durch Überlagerung vorhandenen Wissens durch neu erworbenes Wissen (retroaktive Hemmung). Tritt proaktive Hemmung auf, fällt es Lernenden schwerer Vorwissen zu erinnern, da es durch neu erworbenes Wissen überlagert wurde. Aber auch der Erwerb neuen Wissens kann durch bereits vorhandenes Wissen unterdrückt werden (proaktive Hemmung).
3. Das Scheitern des Zugriffs kann auch durch die Abwesenheit geeigneter Hinweisreize („retrieval cue“), die die relevanten Repräsentationen hinreichend stark aktivieren, damit sie im Arbeitsgedächtnis bewusst werden, ausgelöst werden. Je mehr Hinweisreize aus der Lernsituation, indem Wissen erworben wurde auch in der Abrufsituation verfügbar ist desto besser gelingt der Zugriff. Was erinnert wird, hängt also auch vom Kontext ab (Encodierungsspezifität).

Die Verfügbarkeit von Wissen im Langzeitgedächtnis lässt sich durch Wiederholen oder durch Wiederholen in bestimmten Zeitrhythmen (Effekt der verteilten Übung) erhöhen sowie durch die Nutzung geeigneter Lernstrategien, die eine multiple elaborative Kodierung neuer Informationen nach unterschiedlichen Gesichtspunkten ermöglicht, bei der neues Wissen mehrfach mit bereits vorhandenem Wissen verknüpft wird.

Neben dem Modell von Atkinson und Shiffrin (1971) gibt es weitere Modelle die von mehreren Gedächtnissystemen (Squire, 1987; Tulving, 1985) ausgehen und jene Modelle, die netzwerkartig miteinander verknüpfte Informationen postulieren (McClelland & Rumelhart, 1988). Nach den Modellen von Tulving (1985) oder Squire (1987) ist im Gegensatz zu Atkinson und Shiffrin (1971) nicht der Prozess der Informationsverarbeitung entscheidend, sondern welche Informationen gespeichert werden sollen. Sie postulieren

etwa einen Speicher für deklaratives, nicht deklaratives oder episodisches Wissen. Ein Gedächtnismodell dessen Basis netzwerkartig miteinander verknüpfte Informationen sind, postulieren McClelland & Rumelhart (1988). Nach diesem Modell löst eine wahrgenommene Information die Aktivierung eines Knotens im Gehirn aus und veranlasst die Aktivierung weiterer Knoten bis alle verfügbaren Informationen zum Thema aktiviert sind.

4.1.3. Besonderheiten des Arbeitsgedächtnisses aus instruktionspsychologischer Perspektive

Die Annahme, dass Informationen, je nach dem über welchen Sinneskanal sie zum sensorischen Gedächtnis gelangen, zunächst getrennt ins Arbeitsgedächtnis weitergeleitet und dort verarbeitet werden, geht auf Paivio (1986) zurück. Baddeley (1992) differenziert die Annahmen Paivios (1986) dualer Kodierung, sowie Sternbergs (nach Anderson, 2001, 2007) Annahme, dass Informationen im Arbeitsgedächtnis schrittweise verarbeitet werden aus und konzipierte unter Berücksichtigung von Atkinson und Shiffrins (1971) Annahmen zum Kurzzeitgedächtnis, ein Arbeitsgedächtnismodell der Informationsverarbeitung für visuelle und auditive Informationen.

Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell bestand zunächst aus zwei Subgedächtnissystemen, dem „visuspatial sketchpad“ und dem „phonological loop“ sowie der „central executive“, als Mastergedächtnissystem, das die beiden „slave“-Systeme kontrolliert (Baddeley & Hitch, 1974). Von Baddeley (1996) bzw. Baddeley Logie (1999) wird die zentrale Exekutive („central executive“) als übergeordnetes Steuerungssystem mit begrenzter Kapazität beschrieben. Ihre Aufgaben sind die Kontrolle der Aufmerksamkeit und Organisation paralleler Lernaufgaben, die Überwachung der Informationsaufnahme und die temporäre Aktivierung des Langzeitgedächtnisses für den Abruf schon vorhandenen Wissens sowie die Steuerung der beiden „slave“-Systeme, dem visuell-räumlichen Notizblock und der phonologischen Schleife. Der visuell-räumliche Notizblock („visuspatial sketchpad“), als abhängiges „slave“-System der zentralen Exekutive verarbeitet und organisiert visuelle Wahrnehmungen und Vorstellungen, wie Bilder oder Grafiken. Die phonologische Schleife („phonological loop“) hingegen, als zweites „slave“-System der zentralen Exekutive verarbeitet akustische und artikulatorische Informationen, wie Musik, Sounds, gesprochene und geschriebene Sprache. Beide „slave“-Systeme bestehen aus einem statischen System, in dem Informationen kurzzeitig gespeichert werden können, und einem dynamischen Kontrollmechanismus, der durch Wiederholen längerfristiges verfügbar halten der kurzfristig gespeicherten räumlich-visuellen bzw. akustisch-artikulatorischen Informationen ermöglicht.

Problematisch an diesem Modell ist jedoch, dass es keinen Interaktionsmechanismus zwischen den beiden „slave“-Systemen phonologische Schleife und dem visuell-räumlichen Notizblock vorsah. Dieser ist jedoch für den seriellen Abruf komplexer im

Gedächtnis abgelegter Wissensinhalte erforderlich (Baddeley, 2002). Baddeley (2003) postulierte deshalb den episodischen Puffer („episodic buffer“) als drittes „slave“-System der zentralen Exekutive. Der episodische Puffer ist nach Baddeley (2003; , 2007) in seiner Kapazität begrenzt. Er ermöglicht „retrieval“-Prozesse, etwa mit dem Langzeitgedächtnis, und integriert phonologische, visuelle und räumliche Informationen in einer temporären episodischen Repräsentation. Der episodische Puffer wird, wie der visuell-räumliche Notizblock und die phonologische Schleife, durch die zentrale Exekutive kontrolliert und ermöglicht dem Lernenden bewusst auf die im Langzeitgedächtnis abgelegten Informationen zurückzugreifen. Indem ein Lernender die im episodischen Puffer entstehende mentale Repräsentation der Wissensinhalte aus dem Langzeitgedächtnis mit den neuen Informationen aus dem visuell-räumlichen Notizblock und mit den neuen Informationen aus der phonologischen Schleife zu einer episodischen Repräsentation kombiniert und modifiziert, verarbeitet er neue Informationen. Während dieser Verarbeitungsprozesse die zentrale Exekutive die Interaktionen zwischen den drei „slave“-Systemen.

Der „cognitive load“ Ansatz (Chandler & Sweller, 1996; Sweller, 2005; Sweller et al., 1990) bietet, basierend auf Baddeleys und Hitchs (1974) Arbeitsgedächtnismodell und den Ansätzen von Chi et. al. (1981) und Larkin et. al. (1980) zur Schemakonstruktion als zentralem Prozess des Wissenserwerbs, ein instruktionsbezogenes Arbeitsgedächtnismodell, das drei unterschiedliche Quellen mentaler Beanspruchung („cognitive load“) beim Lernenden in einer Instruktionssituation postuliert. Um mentale Beanspruchung nach dem „cognitive load“ Ansatz näher charakterisieren zu können, muss der Begriff mentale Beanspruchung zunächst von Belastung abgegrenzt werden. Unter Belastung werden nach Rohmert und Rutenfranz (1975) von außen auf den Menschen einwirkende Faktoren bezeichnet, die in seiner Arbeitsumgebung auftreten. Solche von außen durch die Arbeitsumgebung einwirkenden Faktoren sind etwa der Umgebungslärm oder Zeitdruck bei der Erledigung der Arbeitsaufgabe. Beim multimedialen Lernen können alle die Faktoren als Belastungsfaktoren angesehen werden, die durch das Lernsetting entstehen. Sie resultieren beispielweise aus der gestellten Arbeitsaufgabe, den Merkmalen der multimedialen Lernumgebung oder der Dauer der Beschäftigung. Aber auch Geräusche, die beispielsweise der Computerlüfter verursacht, sind potenzielle Belastungsfaktoren für den Lernenden, beim Lösen seiner Lernaufgabe. Mentale Beanspruchung resultiert aus der individuellen Auswirkung der Belastungssituation auf die Person (Rohmert & Rutenfranz, 1975). In multimedialen Lernsituationen bestimmt sich die mentale Beanspruchung aus den subjektiven Folgen der Belastung durch das Lernsetting, beispielsweise durch die subjektive Interpretation der Aufgabenschwierigkeit durch den Lernenden oder seiner subjektiven Wahrnehmung des Inhaltsumfangs, der didaktischen Gestaltung und der Usability angebotener Zugriffsmöglichkeiten auf die Lerninhalte. Der „cognitive load“ Ansatz bezieht sich in seinen Annahmen auf die mentale Beanspruchung, also auf die Folgen von Belastungen für Lernende während ihrer Lernprozesse. Der „cognitive load“

muss weiterhin vom „mental effort“ abgegrenzt werden. „Mental effort“ bezieht sich auf das Erlebniskorrelat, also jener mentalen Beanspruchung, die der Lernende wahrnimmt und von der er berichten kann. Der Zusammenhang zwischen beiden Maßen ist allerdings nicht ganz klar. Zwar sind für das Entstehen sowohl von „cognitive load“, als auch von „mental effort“ Prozesse des „arousal“ und der „activation“ entscheidend, dennoch bleibt das Ausmaß unklar indem mentale Beanspruchung subjektiv wahrgenommen werden und über sie berichtet werden kann.

Der „cognitive load“ Ansatz unterscheidet drei Formen mentaler Beanspruchung, die miteinander um die begrenzte Arbeitsgedächtniskapazität konkurrieren, den „intrinsic cognitive load“, den „extraneous cognitive load“ und den „germane cognitive load“.

Der **„intrinsic cognitive load“** ergibt sich aus der Lernaufgabe, durch deren Schwierigkeit, Komplexität und/oder Umfang. Ein entscheidendes Kriterium für die Höhe des „cognitive load“ ist die Element-Interaktivität (Sweller, 2005). Sie ist dadurch bestimmt, wie viele einzelne Wissensinhalte (Elemente) ein Lernender gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis verarbeiten muss, um den kompletten Lerninhalt zu verstehen. Lerninhalte die demnach nur den Abruf einzelner isolierter Wissensinhalte für dessen Verständnis vom Lernenden erfordern, lassen einen niedrigen „cognitive load“ erwarten. Komplexe Wissensinhalte hingegen, für dessen Verständnis viele unterschiedliche miteinander verknüpfte Wissensinhalte erforderlich sind, etwa verschiedene miteinander in Beziehung stehende und zudem ineinander gebettete Schemata, lassen beim Lernenden einen hohen „intrinsic cognitive load“ erwarten.

Der **„extraneous cognitive load“** ist abhängig von der Gestaltung des Lernmaterials, beispielsweise von der Art und Strukturierung der Wissensvermittlung, von der Präsentation der Lerninhalte und von der verfügbaren Steuerungsnavigation, mit Hilfe derer auf die Lerninhalte zugegriffen werden kann. Müssen Lernende beim Durcharbeiten einer multimedialen Lerneinheit viele irrelevante, wenig zielführende und ineffektive kognitive Anstrengungen aufbringen, um die relevanten Informationen aus dem Lernmaterial zu extrahieren, ist der „extraneous cognitive load“ hoch. Finden Lernende schnell die relevante Information, in leicht verständlicher Form, dann ist er gering. Mit „extraneous cognitive load“ wird demnach jene Belastung des menschlichen Arbeitsgedächtnisses bezeichnet, die lernaufgabenirrelevante kognitive Beanspruchung beim Lernenden verursacht.

Der **„germane cognitive load“** bezeichnet die noch verbliebenen freien kognitiven Ressourcen der begrenzten Arbeitsgedächtniskapazität, die nicht durch „intrinsic cognitive load“ oder „extraneous cognitive load“ genutzt werden. Der „germane cognitive load“ ist die kognitive Beanspruchung, die für den reinen Wissenserwerb benötigt wird. Er ermöglicht die Bildung kognitiver Schemata und Automatismen und beeinflusst den Lernerfolg und die Lernmotivation (Sweller, 2005).

Ideale Instruktion würde nach dem „cognitive load“ Ansatz den „intrinsic cognitive load“ optimal an die Lernvoraussetzungen der Lernenden anpassen, so dass er für sie so gering wie möglich ist. Auch der „extraneous cognitive load“ sollte so gering wie möglich gehalten werden, um dem Lernenden die Möglichkeit zu bieten, umfangreiche freie kognitive Ressourcen in den Aufbau, die Elaboration, die Anpassung und Erweiterung vorhandener und neuer Schemata investieren zu können.

Dennoch birgt diese Sichtweise einige konzeptionelle Probleme (Schnotz & Kurschner, 2007). Der „intrinsic cognitive load“ wird bisher als fix angesehen, so dass die Aufgabenspezifität und das Fähigkeitsniveau des Lernenden unberücksichtigt bleiben. Es scheint angemessener ihn nur fix für eine bestimmte Aufgabe und ein bestimmtes Fähigkeitsniveau anzunehmen. Ebenso bleibt bisher unberücksichtigt, dass verschiedene Arten „extraneous cognitive load“ Lernen unterschiedlich beeinflussen können. Etwa kann verstärkte Interaktivität irrelevanter Informationen (Kalyuga, 2007) oder ungünstige Gestaltung der Instruktion (Mayer, 2005a) beim Lernenden unnötige Beanspruchung erfordern, um relevante Informationen im Arbeitsgedächtnis zu behalten. In diesem Fall scheint es angemessen das Instruktionsdesign zu überdenken und zu versuchen den „extraneous cognitive load“ zu minimieren. Andererseits kann eine dem ersten Anschein nach ungünstige Instruktion den Lernenden anregen das Lernmaterial detaillierter zu explorieren, um ein tieferes Verständnis zu erreichen. In diesem Fall scheint es angemessener das Instruktionsdesign an der Lernaufgabe, den Lernvoraussetzungen und dem Vorwissen zu orientieren, nicht aber auf die instruktionale Gestaltungsvariante mit dem geringsten zu erwartenden „extraneous cognitive load“ zu fokussieren. Es muss aus diesen Überlegungen heraus in Zweifel gezogen werden, dass die Bestrebungen den „intrinsic cognitive load“ und den „extraneous cognitive load“ möglichst gering zu halten, immer hilfreich für das Lernen sind (Schnotz & Kurschner, 2007). Diese Annahme unterstützend zeigte sich, dass Lernaufgaben mit mittlerer bzw. ausreichender Schwierigkeit bzw. Lernaufgaben mit mittlerer Komplexität gutes Herausforderungspotenzial schaffen, damit der Lernende sich produktiv mit der Lernaufgabe auseinandersetzt und den verfügbaren „germane cognitive load“ nutzt (Mayes, Kibby, & Anderson, 1990; Reed, Burton, & Kelly, 1985; Schönplug & Schönplug, 1995).

4.1.4. Instruktionspsychologische Modelle des Wissenserwerbs mit Multimedia

Die kognitive Theorie multimedialen Lernens (CTML; cognitive theory of multimedia learning) bezeichnet ein instruktionspsychologisches Arbeitsmodell (Mayer, 2001, 2005a), das basierend auf den Annahmen zur dualen Kodierung (Paivio, 1986), dem Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin (1971), Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 1992) und der Annahme aktiver Informationsverarbeitungsprozesse (Mayer,

1999; Wittrock, 1989) Diskrepanzen zwischen erwartetem und tatsächlichem Lernerfolg beim Lernen mit Multimedia zu erklären versucht.

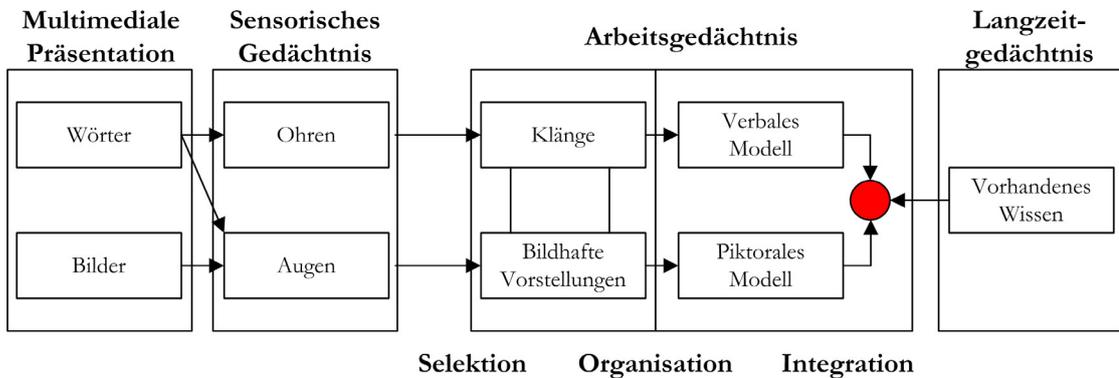


Abb. 4-1 CTML Modell (Mayer, 2001, p. 47)

Die CTML geht in Analogie zu Paivios (1986) und Baddeleys (2003) Annahme dualer Kodierung davon aus, dass Text-, Bild-, Sprach- und Audioinformationen, in Abhängigkeit vom Sinneskanal über den sie aufgenommen wurden, kanalgebunden weiterverarbeitet werden, visuelle Informationen demnach über den visuell/bildhaften Kanal, auditive über den auditiv/verbalen Kanal. Auch geht die CTML von einer begrenzten Verarbeitungskapazität beider Kanäle aus. In Anlehnung an Atkinson und Shiffrin (1971) wird auch in der CTML ein Mehrspeichermodell des Gedächtnisses postuliert, bestehend aus sensorischem Gedächtnis, Arbeitsgedächtnis und Langzeitgedächtnis.

Im **sensorischen Gedächtnis** werden die aufgenommenen Informationen für sehr kurze Zeit präsent gehalten, um über deren weiteren Verarbeitungsprozess zu entscheiden. Als wichtig erkannte Informationen werden kanalgebunden in das Arbeitsgedächtnis weitergeleitet.

Das **Arbeitsgedächtnis** ist der zentrale Ort der Informationsverarbeitung. Es hält die Information, getrennt im visuell/bildhaften und auditiv/verbalen Kanal präsent und ermöglicht eine aktive Verarbeitung der neuen Informationen. Dabei werden relevante Informationen ausgewählt (Selektion), strukturiert (Organisation) und zu einem mentalen Modell zusammengefügt (Integration). Erst wenn sowohl ein visuell/bildhaftes (piktoriales Modell) als auch ein auditiv/verbales Modell (verbales Modell) vorhanden ist, wird aus beiden Modellen ein gemeinsames Modell konstruiert, ergänzt und verknüpft mit dem aus dem Langzeitgedächtnis abgerufenen Vorwissen.

Das **Langzeitgedächtnis** ist nach der CTML das Speichermedium für das Wissen des Lernenden, der es in Form von Schemata im Langzeitgedächtnis ablegt.

Die Verarbeitung von Grafiken und Bildern: Bilder werden vom Lernenden verarbeitet, indem er die über das Auge aufgenommene Information im sensorischen Gedächtnis vorselektiert und relevante Bildinformationen über den visuell/bildhaften Kanal zum Arbeitsgedächtnis weiterleitet. Hier erstellt er eine bildhafte Repräsentation des wahrge-

nommenen relevanten Bildinhalten und organisiert diese zu einem bildhaften Modell aus. Integriert, d. h. ergänzt um themenbezogene kognitive Schemata des Vorwissens, die aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden und um relevante Informationen des verbalen Modells, entwickelt er so ein mentales Modell seines themenbezogenen Wissens.

Die Verarbeitung von Musik, Sounds und Geräuschen: Für die Verarbeitung von Musik, Sounds und Geräuschen müssen nach dem CTML (Mayer, 2005a) die über die Ohren aufgenommene und als relevant erkannten Informationen über das sensorische Gedächtnis und den auditiv/verbalen Kanal in das Arbeitsgedächtnis überführt werden. Hier wird der Klang analysiert und ein „Klangbild“ erzeugt, das nach dem Wechsel des Verarbeitungskanals dem einer bildhaften Vorstellung entspricht. Diese wird dann zu einem bildhaften Modell organisiert und unter Einbezug von aus dem Langzeitgedächtnis abgerufenem Vorwissen mit den Informationen des verbalen Modells zu einem mentalen Modell ausdifferenziert.

Die Verarbeitung von gesprochenem Text: Gesprochener Text dringt als auditive Information durch das Ohr in das sensorische Gedächtnis ein. Relevante Informationen werden dann über den auditiv/verbalen Kanal zum auditiven Arbeitsgedächtnis weitergeleitet. Dort wird der Klang zu einem verbalen Modell des Gehörten organisiert und um Informationen, die das bildhafte Modell liefert ergänzt, ebenso wie um bereits im Langzeitgedächtnis vorhandenes Wissen. Sowohl aus den Informationen, die das bildhafte Modell liefert, als auch aus den themenbezogenen Informationen des Langzeitgedächtnisses wird dann ein themenbezogenes mentales Modell konstruiert.

Die Verarbeitung von geschriebenem Text: Wenn ein Lernender einen geschriebenen Text verstehen möchte, so wird nach dem CTML (Mayer, 2005a) die visuell über das Auge aufgenommene Textinformation über das sensorische Gedächtnis und den visuell/bildhaften Kanal zum Arbeitsgedächtnis weitergeleitet. Relevante Textinformationen werden zu einer bildhaften Vorstellung zusammengefügt und durch subvokales Sprechen und memorieren in ein Klangbild umgewandelt, wobei der Verarbeitungs kanal gewechselt werden muss. Die weiteren Verarbeitungsprozesse erfolgen über den auditiv/verbalen Kanal. Das Klangbild wird zu einem verbalen Modell organisiert und mit verfügbaren themenbezogenen Informationen aus dem bildhaften Modell ergänzt, ebenso wie um vorhandenes Wissen aus dem Langzeitgedächtnis, so dass ein mentales Modell entsteht.

Bei der Verarbeitung von geschriebenem Text weicht Mayer in seinem CTML (Mayer, 2005b) von Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 2003; Baddeley & Logie, 1999) ab. Denn nach Baddeleys Modell wird sowohl gesprochener, als auch geschriebener Text in der phonologischen Schleife repräsentiert. Demnach müsste subvokales Sprechen und memorieren der Textinformation nach dem CTML nicht zur bildhaften Vorstellung dieser führen, wie dies Mayer postuliert, sondern zu einem Klangbild, dass zu einem verbalen Modell ausdifferenziert werden müsste. Der Kanalwechsel sollte dem-

nach nicht auftreten. Auch Rummer et. al (2008) sieht diese Abweichung im CTML von Baddeleys Annahmen zum Arbeitsgedächtnis als problematisch an, denn für die Gestaltung multimedialer Lernumgebungen ergeben sich andere Implikationen, als wenn ein Kanalwechsel erforderlich ist (siehe Kap. 4.1.5).

Die CTML (Mayer, 2005b) wurde von Moreno (2005) um den taktilen Sinneskanal erweitert. Er transferiert haptische Reize, z. B. Informationen über erfüllte Formen, Größen oder Oberflächenstrukturen von Gegenständen, in das sensorische Gedächtnis. Dort als lernrelevant erkannte haptische Informationen werden dann in das Arbeitsgedächtnis transferiert und neben visuellen und auditiven Informationen zu einem mentalen Modell integriert.

Schnotz (2005) differenzierte die CTML auf Basis seines und Bannerts Modells des Text- und Bildverstehens (Schnotz & Bannert, 2003) für die Verarbeitung von Textinformationen aus und berücksichtigt Kosslyns (1994) sowie van Dijks und Kintschs (1983) Annahme mehrerer mentaler Repräsentationen beim Textverstehen. Schnotz und Bannerts sowie Kosslyns, van Dijks und Kintschs Annahmen folgend werden mehrere mentale Repräsentationen zunächst der Oberflächenmerkmale des Textes und in folgenden Verarbeitungsschritten propositionale Repräsentationen des Textes erzeugt, bevor ein mentales Modell integriert werden kann. Damit beschreibt das integrierte Modell des Text- und Bildverstehens (ITPC-Modell) von Schnotz (2005) den Integrationsprozess von verbalem und bildhaftem Modell zum gemeinsamen mentalen Modell differenzierter.

4.1.5. Konsequenzen für die Gestaltung multimedialen Lernens

Lernunterstützende Instruktion sollte assimilative Prozesse des Schemaerwerbs ebenso unterstützen, wie akkommodative Prozesse der Schemapräzisierung und –weiterentwicklung und die Erweiterung vorhandener Schemata oder deren Umstrukturierung forcieren. Solche Instruktion zielt auf einen möglichst umfangreichen Aufbau differenzierter und miteinander vernetzter hierarchischer Schemata (siehe Kap. 4.1.1), also auf eine multiple elaborative Kodierung der Informationen in einer hierarchisch miteinander vernetzten Wissensstruktur. Die multiple elaborative Kodierung ermöglicht, dass der Lernende unterschiedlichste Hinweisreize nutzen kann, um auf die Information zuzugreifen und dadurch der Zerfall der Gedächtnisspur begrenzt werden kann. Durch die hierarchische Vernetzung können Interferenzen vermieden werden, da verschiedene Anknüpfungspunkte zum Verbinden vorhandenen Wissens mit neuer Information bestehen. Allerdings unterliegt instruktionale Gestaltung mit dem Ziel, Lernende durch Instruktion zum Aufbau einer elaborierten, hierarchischen und vernetzten Wissensstruktur anzuregen, bestimmten Zwängen, die während des Informationsverarbeitungsprozesses wirksam werden und die bei der Gestaltung der Instruktion berücksichtigt werden sollten.

Neue Informationen erreichen den Lernenden über die Sinneskanäle und werden getrennt danach, ob es sich um visuell/bildhafte oder auditiv/verbale Informationen han-

delt, nach dem CTML-Modell (Mayer, 2005a) über das sensorische Gedächtnis in das in seiner Kapazität begrenzte Arbeitsgedächtnis transferiert. Über Selektions- und Organisationsprozesse wird ein verbales bzw. bildhaftes Modell konstruiert, das mit dem themenbezogenen vorhandenen Wissen integriert und zu einem mentalen Modell des aktuellen Wissensstandes ausdifferenziert wird. Voraussetzung für den erfolgreichen Wissenserwerb ist nach Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 2003) der permanente Fokus des Lernenden auf den Lerngegenstand, also permanente Aufmerksamkeitskontrolle und Kontrolle der Lernprozesse durch die zentrale Exekutive. Damit ergeben sich vier Ansatzpunkte für die Gestaltung multimedialen Lernens. Die Gestaltung sollte den Lernenden unterstützen seine Aufmerksamkeit auf den Lerngegenstand gerichtet zu halten und beide Sinneskanäle ansprechen, um eine kognitive Überlastung eines Kanals zu vermeiden. Darüber hinaus empfiehlt sich die Optimierung des „intrinsic cognitive load“ und des „extraneous cognitive load“. Um die Ressourcen des verfügbaren „germane cognitive load“ wirksam nutzen zu können, bieten sich durch Instruktion induzierte Hilfen für den Lernenden an, ebenso wie Integrationshilfen zur effizienten Konstruktion mentaler Modelle.

4.1.5.1. Möglichkeiten der Aufmerksamkeitssteuerung

Metakognitive Strategien und Schemata sind ein wesentliches Mittel zur Aufmerksamkeitssteuerung. Sie dienen zur Selbstbeobachtung, Selbstregulation und zur Koordination der eigenen Lernaktivitäten (Mayer, 2005a). Sie unterstützen den Lernenden bei seinen Entscheidungen, welche Informationen nacheinander wie bearbeitet werden sollen. Der Lernende setzt metakognitive Strategien so ein, dass er möglichst viele relevante miteinander zusammenhängende Lerninhalte gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis bearbeiten kann, ohne an seine Kapazitätsgrenzen zu stoßen.

4.1.5.2. Möglichkeiten optimaler Auslastung beider Kanäle

Der „modality effect“ (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997) tritt dann auf, wenn ein Kanal, entweder der visuell/bildhafte oder der akustisch/verbale zu stark beansprucht wird und es deshalb zur Überlastung einer der beiden Kanäle kommt, dem „cognitive overload“. Zu diesem Zeitpunkt können keine weiteren Informationen über diesen Kanal mehr aufgenommen werden. Sinnvoller, als die Information über einen Kanal darzubieten, ist die Nutzung beider Kanäle. Texte und Bilder werden nach Mayer (2001) über unterschiedliche Kanäle aufgenommen und empfehlen sich deshalb für die gemeinsame Präsentation in multimedialen Lernumgebungen (Multimediaprinzip). In Abweichung vom CTML-Modell (Mayer, 2005a) und in Anlehnung an Baddeleys (2003) Arbeitsgedächtnismodell kann es dennoch zum „cognitive overload“ der phonologischen Schleife kommen, wenn eine Grafik mit umfangreicher Beschriftung und zusätzlichem erläuternden Sprechtext dem Lernenden angeboten wird, da der „effect of articulatory suppression“ auftreten kann (Baddeley, 2002, p. 419). Der erläuternde Text würde dann die Überführung der Beschriftungsinformationen der Grafik in die phonologische Schleife unterdrücken. Denkbar wäre, um diesem Problem vorzubeugen, die komplexe Information sukzessive darzubieten, etwa nach zeitlichen oder räumlichen Kriterien. Eine weitere Möglichkeit bietet Schnotz (2005) mit dem Prinzip der Prozesskontrolle an. Nach diesem Prinzip wird zunächst die Grafik und danach anstatt des gesprochenen Textes geschriebener dargeboten. Dieses Vorgehen ermöglicht dem Lernenden, dass er zunächst seinen räumlich-visuellen Notizblock und anschließend sukzessive die phonologische Schleife des Arbeitsgedächtnisses belastet wird. Er kann so zunächst aus den Bildinformationen ein bildhaftes Modell erstellen und dieses um die in den Beschriftungen enthaltenen Informationen nach subvokaler Verarbeitung ergänzen. Anschließend differenziert er das bildhafte Modell mit den Informationen des geschriebenen Textes zu einem mentalen Modell aus. Im episodischen Puffer entsteht somit sukzessive ein mentales Modell des Lerninhaltes, erst aus der Grafikinformaton, ergänzt um die Informationen aus dem geschriebenen Text.

4.1.5.3. Möglichkeiten zur Optimierung des intrinsic cognitive load und zur Reduzierung des extraneous cognitive load

Der „intrinsic cognitive load“ kann instruktional nicht (Sweller, 2005) bzw. nur in Abhängigkeit vom Vorwissen der potenziellen Lernenden beeinflusst werden. Einerseits ist dies möglich durch die Steuerung die Aufgabenschwierigkeit. Eine genügende Aufgabenschwierigkeit (Gerjets & Scheiter, 2003) und dynamisch an das Wissen des Lernenden adaptierte Lernaufgaben (Camp et al., 2001; Kalyuga, 2006; Salden, Paas, & van Merriënboer, 2006; Tuovinen & Paas, 2004) erzeugen einen optimalen „intrinsic cognitive load“, der zur Aufgabenlösung die produktive Nutzung des „germane cognitive load“ erwarten lässt. Um die Komplexität der Lernaufgabe zu reduzieren, besteht über Segmentierung

und Sequenzierung des Lernmaterials die Möglichkeit, zumindest die Element-Interaktivität für eine bestimmte Zielgruppe zu steuern. Eine Präsentationssequenz vom Einfachen zum Komplexen hat sich zumindest für Lernende mit geringem oder keinem Vorwissen als hilfreich für den Wissensaufbau erwiesen und kann zur Reduktion des „extraneous cognitive load“ beitragen (Sweller, van Merriënboer, & Pass, 1998).

Der **„extraneous cognitive load“** kann außerdem instruktional durch die Verwendung hilfreicher unterstützender Informationen (Kestner et al., 2006) zur Lösung der Lernaufgabe, vor allem für Lernende mit wenig Vorwissen, reduziert werden. Auch Hervorhebungen wesentlicher Informationen („signaling principle“) und die Möglichkeit des Verfassens von Annotationen (Wallen, Plass, & Brünken, 2005) können zum besseren Verständnis des Lerninhaltes führen und die Inferenzbildung unterstützen. Denn, Hervorhebungen oder Annotationen, ebenso wie eine durch Aufgabenanalyse ermittelte dem Wissensstand des Lernenden, probate Aufgabensequenzierung (Clarke, Ayres, & Sweller, 2005) reduzieren die gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis zum Verständnis notwendigen Elemente. Die Vermeidung von „split attention“ reduziert ebenfalls den „extraneous cognitive load“, wenn bei der Präsentation von visuellen Wissensinhalten darauf geachtet wird, dass relevante Inhalte räumlich und zeitlich nah beieinander platziert werden (Sweller et al., 1990). Neben dem „split attention“ ist Redundanz eine Quelle für erhöhten „extraneous cognitive load“. Sweller und Kollegen (1990) empfehlen deshalb redundante Informationen wegzulassen. Ähnliches gilt nach Mayer (2001) auch für interessante aber nicht für das Verständnis des Lerninhaltes notwendige Informationen. Sie erschweren die Kohärenzbildung und beanspruchen zusätzliche kognitive Ressourcen (Kohärenzprinzip). Damit behindern sie den effektiven Schemaerwerb. Auch der „expertise reversal“ kann zu erhöhtem „extraneous cognitive load“ führen und zwar dann, wenn Lernende schon ausreichende Expertise erworben haben, die relevanten Informationen aus einer Informationsquelle zu entnehmen, die Lernumgebung aber dennoch eine zweite Informationsquelle anbietet, die sie rezipieren müssen. So kann die doppelte Vermittlung der gleichen Information über zwei unterschiedliche Präsentationsarten, etwa über eine Grafik mit erläuterndem Text zu Redundanzeffekten führen, die das Arbeitsgedächtnis belasten. Es empfiehlt sich deshalb die Instruktion nicht nur anfänglich auf das Vorwissen, die Fähigkeiten- und Fertigkeiten der Lernenden abzustimmen sondern auch im Lernverlauf.

Neben instruktionalen Faktoren, kann der „extraneous cognitive load“ auch durch die Gestaltung der Navigation beeinflusst werden. Eingebettete hierarchische Menüs (Bernhard, Hull, & Drake, 2001), Navigationsmaps (Tumppower & Goldsmith, 2004) können ebenso wie Agenten (Oren et al., 1990) oder die Begrenzung möglicher Optionen, auf die im aktuellen Lernkontext benötigten Operationen, den „extraneous cognitive load“ senken. Auch Teilautomatisierungen von Prozessen bieten diese Möglichkeit, insbesondere in kollaborativen multimedialen Lernumgebungen (McGrath & Prinz, 2001).

Allerdings ist die Forschungslage bezüglich der Menügestaltung und der Wirkungsweise von Navigationsmaps (siehe Kap. 6) sowie von Agenten uneinheitlich.

4.1.5.4. Hilfen zur mentalen Modellbildung

Der Neuerwerb von Schemata kann instruktional durch Selbsterklärung und Elaboration unterstützt werden (Gerjets, Scheiter, & Catrambone, 2006), durch die Formulierung und Beantwortung thematisch relevanter Fragen (Brooks & Dansereau, 1987; Ertl, Reiserer, & Mandl, 2002), durch Schemavorgabe (Kopp, 2005) oder durch „advance organizer“ (Yeh & Lehman, 2001). Allerdings gibt es auch Hinweise darauf, dass sowohl verbale (Lin et al., 2005) als auch graphische „advance organizer“ (Stull & Mayer, 2007) eine Quelle erhöhten „extraneous cognitive load“ sein können. Eine gut belegte instruktionale Möglichkeit den „extraneous cognitive load“ von Lernenden zu minimieren sind von ihm durchzuarbeitende ausgearbeitete Lösungsbeispiele („worked examples“) oder „faded worked examples“ (Renkl, 2005; Renkl & Atkinson, 2003). Sie unterstützen das effektive Problemverständnis des Lernenden und ermöglichen ihm durch das Angebot verschiedener Problemlösungen mit Expertenerläuterungen eine effiziente Schemakonstruktion. So kann der Lernende irrelevante Problemlöseversuche vermeiden und sich auf die effektive Nutzung des vorhandenen „germane cognitive load“ konzentrieren. Ein wesentliches instruktionales Mittel eine zeitnahe Verfügbarkeit von verbalem und bildhaftem Modell zu ermöglichen, um die Integration beider Modelle zu erleichtern, ist nach Mayer (2001) die räumlich und zeitliche Nähe präsentierter Texte und Grafiken (Kontiguitätsprinzip). Der dynamische Aufbau eines mentalen Modells, verläuft zwar als vom Lernenden selbstregulierter internaler kognitiver Prozess, kann jedoch ebenso wie der Schemaerwerb durch die multimediale Lernumwelt angeregt und unterstützt werden. Beispielsweise kann die Konstruktion eines adäquaten Modells beim Lernenden durch Schemavorgabe verknüpft mit Expertenhinweisen zur Konstruktion eines mentalen Modells und Vergleichsmöglichkeiten mit Expertenmodellen angeregt werden (Seel, 2001, 2003).

Weitere Prinzipien zur Optimierung multimedialen Lernens wurden etwa von Schnotz (2005) zur Darbietungssequenzierung von Bildern und Texten formuliert.

4.2. Einflussparameter auf den Wissenserwerb beim multimedialen Lernen

Lernen wurde bisher vor allem bezogen auf den Wissenserwerb dargestellt, ohne die Einflussfaktoren auf den Lernprozess zu systematisieren. Vier zentrale Einflussfaktoren, die miteinander in Wechselbeziehung stehen, postuliert das Tetraeder-Modell, den Lernenden selbst, seine Lernaufgaben, die zur Verfügung stehenden Lernmaterialien und seine Lernaktivitäten, über die er versucht seine Lernaufgabe zu erreichen (Bransford, 1989; Jenkins, 1979). Auch wenn das Modell als Ganzes bisher nicht evaluiert wurde, so gibt es doch eine Reihe Belege über die Wirksamkeit der postulierten Einflussfaktoren.

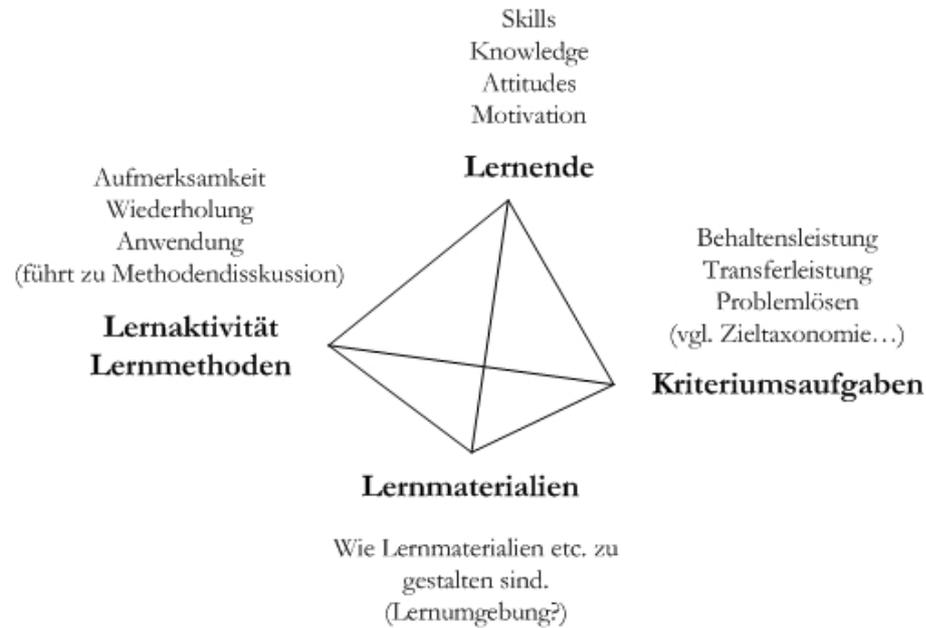


Abb. 4-2 Tetraedermodell (Bransford, 1989; Jenkins, 1979)

Lernende unterscheiden sich durch ihr domänenspezifisches und ihr computer- sowie hypermediabezogenes Vorwissen („knowledge“), ihre Fähig- und Fertigkeiten („skills“). Für den Einfluss domänenspezifischen Vorwissens (Chi, Glaser, & Farr, 1988; Kalyuga, 2005; Mayer & Gallini, 1990) aber auch computer- und hypermediabezogenem Vorwissen (Large, 1996) gibt es eine Reihe Untersuchungen. Ihnen gemeinsam ist, dass, hohes Vorwissen und insbesondere beim multimedialen Lernen ausgeprägtes räumliches Vorstellungsvermögen (Wenger & Payne, 1994), den Wissenserwerb unterstützen und erleichtern. Vorwissen bietet Strukturierung (McNamara et al., 1996; Schnotz, 1994), beispielsweise als Schemata, die die Integration von neuem Wissen vereinfachen und beim Treffen von Navigationsentscheidungen helfen (Gall & Hannafin, 1994). In der Lehr-Lernforschung wird Vorwissen als bedeutender Prädiktor für den zu erwartenden Lernerfolg angesehen (Jonassen & Grabinger, 1990; Schnotz, 1994). Wobei das domänenspezifische Vorwissen vor allem im Forschungsfokus lag, hingegen zum Einfluss des computer- und hypermediabezogenen Vorwissens auf die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit beim multimedialen Lernen sehr viel weniger empirische Studien vorliegen, wodurch dessen Bedeutung schwerer einzuschätzen ist. Neben dem Vorwissen und dem räumlichen Vorstellungsvermögen eines Lernenden ist auch sein kognitiver Stil bzw. Lernstil („attitudes“) auf seine Lernprozesse einflussreich. Unter dem Begriff kognitiver Stil bzw. Lernstil wird ein relativ stabiles kognitives und affektives Verhalten verstanden, das wenig veränderbar ist (Wild, 2000b). Es bestimmt mit, wie der Lernende die Lernaufgabe, den Lerninhalt und die Gestaltung der multimedialen Lernumgebung wahrnimmt und welche Herangehensweise an die Interaktionen mit der multimedialen Lernumgebung er wählt. Cress und Friedrich (2000) führten beispielsweise auf der Grundlage von fünf Lernstrategieskalen, „Elaboration“, „Wiederholung“, „Organisation“, „Metakognition“ und „Zeitmanage-

ment“ und den Motivationsvariablen „Anstrengung“, „subjektive Lernkompetenz“ und „Erfolgserwartung“ eine Clusteranalyse durch, die vier Lernstrategietypen differenzierte: „Tiefenverarbeiter“, „Minimax-Lerner“, „Wiederholer“ und „Minimal-Lerner“. „Tiefenverarbeiter“ nutzten Elaboration und Wiederholung häufiger als „Minimax-Lerner“, die wenige Lernstrategien einsetzten. Die beiden anderen Gruppen unterschieden sich nur marginal. Die Wiederholer wendeten im Vergleich zu den „Minimal-Lernern“ die Lernstrategie „Wiederholung“ etwas häufiger an. Cress und Friedrich (2000) konnten darüber hinaus zeigen, dass sich die unterschiedlichen Lernstrategietypen hinsichtlich ihres Lernerfolgs und ihrer Lernmotivation signifikant unterschieden.

Auch metakognitive Strategien können den Wissenserwerb beeinflussen. Sie richten sich nicht direkt auf den Wissenserwerb, sondern helfen ihn bewusst zu planen, zu überwachen und zu regulieren bzw. zu optimieren (Brown et al., 1983). Planungsstrategien werden zur Formulierung und Überwachung eines Lernziels eingesetzt, während Überwachungsstrategien der Überprüfung dienen, ob die durchgeführten Lernaktivitäten zur Zielerreichung dienlich sind. Regulationsstrategien ergänzen, die Überwachungsstrategien, wenn Abweichungen vom Lernziel festgestellt werden. Lernförderliche Effekte metakognitiver Strategien beim multimedialen Lernen zeigten sich in einer Studie von Bannert (2003) auf den Lernerfolg beim Transferwissen. Allerdings ist diese Studie eine der wenigen, die zum Einfluss metakognitiver Strategien auf den Wissenserwerb beim multimedialen Lernen vorliegen.

Im Tetraedermodell werden auch motivationale Faktoren als Lernprozess beeinflussend postuliert (Motivation). Motivation ist kein konstanter Faktor, der über den gesamten Lernprozess gleich bleibt, vielmehr ändert sich die Motivation während des Lernprozesses (Small & Grabowski, 1992), da sie u. a. von den Erwartungen gegenüber dem Lerngegenstand, dem Interesse am Lernthema und der eigenen wahrgenommenen Kompetenz abhängt (Friedrich & Mandl, 1992). In Kontext multimedialen Lernens gibt es einige Hinweise, dass die Lernmotivation Auswirkungen auf den Lernprozess und den Lernerfolg haben kann (Astleitner, 1997, 2003; Deimann & Keller, 2006). Dennoch ist die Forschungslage zum Einfluss der Motivation auf multimediales Lernen relativ dünn.

Kriteriumsaufgaben bzw. Lernaufgaben formulieren ein Ziel, auf das sich der Erwerb neuen Wissens richtet. Sie können nach Körndle (2004), je nach dem in welcher Lernphase ein Lernender sich befindet, unterschiedlichen Zwecken dienen. In der Vorbereitungsphase explizieren Lernaufgaben das Lernziel und die Lernanforderungen. Zudem können sie den Lernenden zur Aktivierung seines Vorwissens anregen. In der Phase des Wissenserwerbs geben Lernaufgaben dem Lernenden Hinweise, welcher Stoff wiederholt, erweitert und vertieft werden muss. Sie zeigen dem Lernenden zugleich auf, welche Lernaspekte wichtig sind und er kann durch einen Vergleich mit seinem schon erworbenen Wissen feststellen, ob noch Lücken zwischen seinem Wissen und dem für die Lösung der Lernaufgabe notwendigen Wissensstand bestehen. Zudem können Lernaufgaben

dem Lernenden helfen geeignete Lernstrategien auszuwählen, die den Wissenserwerb begünstigen. Darüber hinaus ermöglichen Lernaufgaben durch ihre Zielvorgabe, den Wissenserwerb zu überwachen und zu regulieren. Die Lösung der Lernaufgabe führt zu einem individuellen Lernergebnis, das auch den Lernfortschritt ausdrückt (Seel, 1981). Zudem kann durch geeignete Lernaufgaben in Form von Testaufgaben der Lernstand festgestellt werden, bewertet werden und es zeigen sich eventuelle Lücken im Kenntnisstand des Lernenden. Die lernförderlichen Eigenschaften von einfachen Testaufgaben wurden in einer Metaanalyse von Hamaker (1986) zusammengestellt. Aber auch komplexere Lernaufgaben scheinen Lernen zu unterstützen, da sie beispielsweise das Wiederholen relevanten Wissens herausfordern (Körndle, Narciss, & Proske, 2004). Zudem lenken Lernaufgaben die Aufmerksamkeit (Wager, 1993) und können dadurch den Lernweg beeinflussen.

Lernmaterialien, insbesondere die Inhaltspräsentation und die Zugriffsmöglichkeiten auf die Wissensinhalte in einer multimedialen Lernumgebung können den Lernprozess beeinflussen. Eine Vielzahl von Studien belegt den Einfluss der Präsentationsform auf den Lernerfolg. Einen Überblick diesbezüglich gibt Mayer (2001; , 2005a). Wie schon im Kapitel 4.1.5 vorgestellt, können Möglichkeiten zur Aufmerksamkeitssteuerung, der Auslastung beider Sinnes- und Verarbeitungskanäle, der Optimierung des „intrinsic cognitive load“, des „extraneous cognitive load“ und des „germane cognitive load“ sowie von Hilfen zur mentalen Modellbildung genutzt werden, um erfolgreiches Lernen zu forcieren.

Auf den Lernerfolg beim multimedialen Lernen haben, neben der Präsentation der Lerninhalte, auch die Zugriffsmöglichkeiten Einfluss. Die Art bzw. Strukturierung und Gestaltung von Zugriffstools bestimmt, wie und über welche Tools, Lernende auf die angebotenen Lerninhalte zugreifen können. Eine ungünstige Wahl von Strukturierung und Gestaltung kann Lernende vor Probleme bei der Informationssuche und beim Informationszugriff stellen, die sich als Orientierungsprobleme äußern können (Gerdes, 1997), etwa in Desorientierung oder in „cognitive overhead“ (siehe Kap. 5.2). Um Orientierungsprobleme beim multimedialen Lernen vorzubeugen oder diese zu vermindern wurden verschiedene Navigationshilfen entwickelt (siehe Kap. 3.3). Die meisten Navigationshilfen unterstützen grafisch die Informationssuche und den Informationszugriff. Obwohl grafische Navigationshilfen am häufigsten untersucht wurden, ist dennoch die Forschungslage hinsichtlich der Effektivität und Effizienz der Tools uneinheitlich (siehe Kap. 6.3.1 und 6.3.2).

Lernmethoden bestimmen die Inhaltsvermittlung und die durch die multimediale Lernumgebung angeregten Lernaktivitäten. Meist ist es Ziel der Instruktion konstruktives Lernen zu fördern, beim dem durch Elaboration und Verknüpfung von neuem Wissen mit bereits vorhandenem Wissen der Aufbau einer kohärenten Wissensstruktur angestrebt wird. Es gibt unterschiedliche Instruktionsdesignmethoden, deren Wirksamkeit empirisch nachgewiesen wurde. Unter anderem für den „cognitive apprenticeship“ An-

satz (Seel, Al-Diban, & Blumschein, 2000), für „goal-based scenarios“ unter der Perspektive fallbasierten Lernens (Zumbach, 2002) oder für den „anchored instruction“ Ansatz (CognitionAndTechnologyGroupAtVanderbilt, 1992) liegen Evaluationsstudien vor, die einen Einfluss der Lernmethode auf den Lernprozess und das Lernergebnis nahelegen. Einen umfassenderen Überblick geben Niegemann et al. (2008).

Jeweils alle vier Faktoren beeinflussen jede Interaktion zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung. Sie sind geprägt vom Lernenden mit seinem domänenspezifischen und computer- sowie hypermediabezogenen Vorwissen, seinen Fähigkeiten und Fertigkeiten, aber auch seinen Einstellungen und seiner Lernmotivation. Weiterhin spielt die selbst gestellte oder an den Lernenden gestellte Lernaufgabe eine Rolle und reguliert den Lernprozess. Schließlich sind der angebotene Lerninhalt, die Art und Weise über, die er vermittelt wird und die Zugriffsmöglichkeiten auf den Lerninhalt entscheidend, wie und welche Lerninhalte ein Lernender aufruft und rezipiert.

Wird das Tetraedermodell (Bransford, 1989; Jenkins, 1979) als Ergänzung zum prozessorientierten Interaktionsmodell (siehe Kap. 3, Abb. 3-1, S. 28) betrachtet, so zeigt sich, das Lernende ihre Lernaktionen, also die Handlungsplanung und Handlungsausführung, in Abhängigkeit der vier Faktoren planen und ausführen müssen, den Eigenschaften des Lernenden, den Lernmethoden, den Lernmaterialien und der Aufgabe. Dabei kann es zu denen im Kapitel 2 beschriebenen Interaktionsproblemen zwischen Mensch und Technologie bzw. im Hinblick auf multimediales Lernen zwischen Lernenden und multimedialem Lernangebot und der zu lösenden Lernaufgabe kommen (siehe Abb. 4-3).

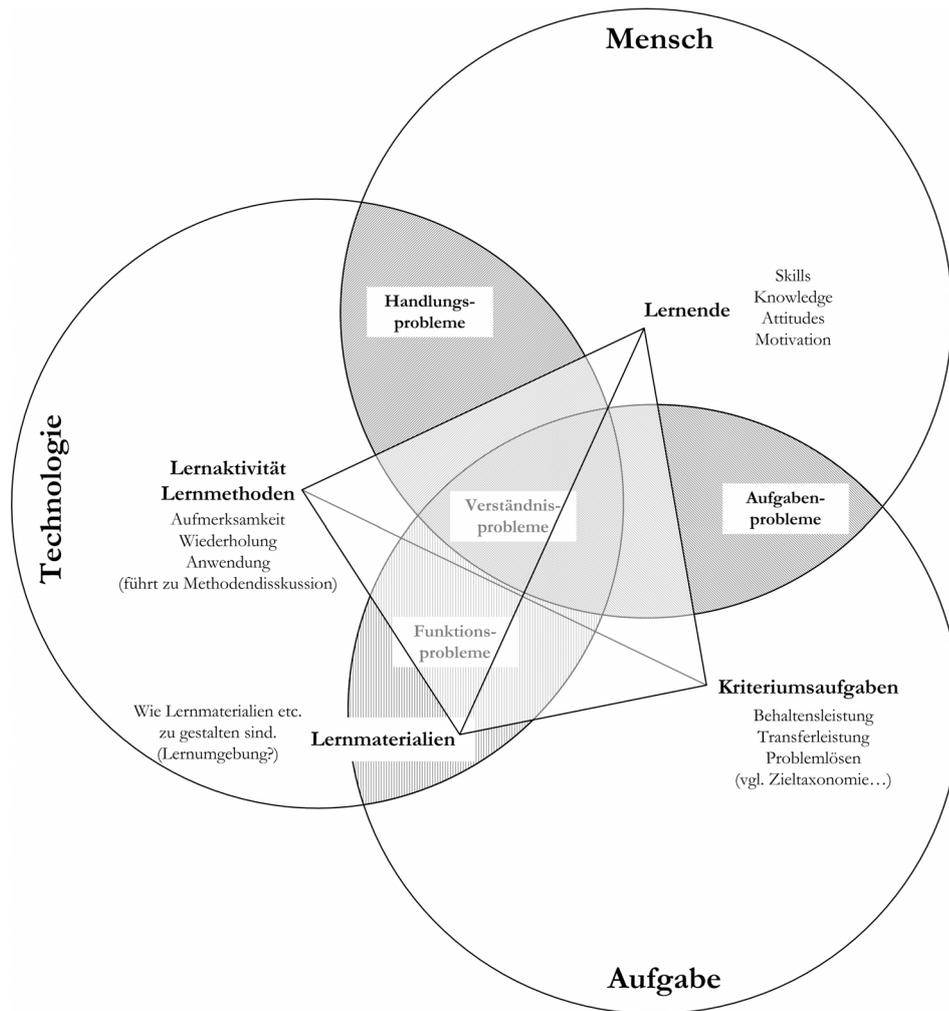


Abb. 4-3 Einflussgrößen auf multimediales Lernen und Interaktionsprobleme

Aufgabenprobleme folgen möglicherweise, wenn die Aufgabenschwierigkeit oder deren Umfang (in der Grafik mit Kriteriumsaufgaben bezeichnet) nicht auf die Lernvoraussetzungen des Lernenden abgestimmt sind. Des Weiteren sind Interaktionsprobleme erwartbar, wenn die didaktische Gestaltung und die Präsentation der Lerninhalte nicht zu den Lernvoraussetzungen der Lernenden passen. Insbesondere Handhabungsprobleme treten dann als Folge von Interaktionsstörungen zwischen Lernenden (in der Grafik mit Mensch bezeichnet) und der multimedialen Lernumgebung (in der Grafik mit Technologie bezeichnet) auf. Zudem kann es zu Verständnisproblemen kommen, die insbesondere im Kontext multimedialen Lernens auftreten und damit die drei Probleme der Mensch-Computer-Interaktion, Aufgaben-, Handhabungs- und Funktionsprobleme, ergänzen. Verständnisprobleme resultieren aus Interaktionskonflikten zwischen dem Lernenden und seinen Lernvoraussetzungen, der Lernaufgabe und den Merkmalen des multimedialen Lernangebots. Vor allem dann, wenn die Lernaufgabe für den Lernenden zu komplex ist, der Umfang und die Schwierigkeit der Inhalte sowie die didaktische Gestaltung und die Gestaltung der Zugriffsmöglichkeiten nicht zu den Voraussetzungen der Lernenden passen, können Verständnisprobleme auftauchen. Nach dem „cognitive load“ Ansatz

(Chandler & Sweller, 1991) ist es wahrscheinlich, dass in diesem Fall „intrinsic cognitive load“ und „extraneous cognitive load“ zu viele freie kognitive Ressourcen beanspruchen, wodurch die restlichen verfügbaren kognitiven Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses für den produktiven Wissenserwerb nicht ausreichen. Der Lernende vermag nach dem CTML-Modell (Mayer, 2005b) in diesem Fall möglicherweise relevante Informationen zu selektieren, vielleicht auch teilweise im Arbeitsgedächtnis zu organisieren, für die Integration des neuen Wissens mit seinem bereits Vorhandenen fehlt ihm aber vermutlich freier „germane cognitive load“. Weiterhin können Funktionsprobleme bei Diskrepanzen zwischen der zu lösenden Lernaufgabe (in der Grafik mit Aufgabe bezeichnet) und der inhaltlichen, didaktischen Gestaltung und der Gestaltung der Zugriffsmöglichkeiten (in der Grafik mit Technologie, Lernmaterialien und Lernmethoden bezeichnet) auf die Lerninhalte auftauchen.

4.3. Zusammenfassung

Dieses Kapitel fokussierte auf den Lernprozess bzw. auf den Prozess des Wissenserwerbs beim multimedialen Lernen sowie auf die den Wissenserwerb beeinflussenden Faktoren. Lernen wurde als internale aktive vom Lernenden selbst initiierte kognitive Aktivität beschrieben (Piaget nach Oerter & Montada, 2002), die durch die multimediale Lernumgebung stimuliert und in Grenzen gesteuert, aber auch durch ungünstige Wahl der Instruktion und Navigationsgestaltung behindert werden kann. Ziel des Wissenserwerbs ist der Aufbau einer kohärenten Wissensbasis basierend auf konkret ereignisbezogenen propositionalen Repräsentationen und generalisierten, strukturierten Informationen, etwa in Form von semantischen Netzwerken oder Schemata. Aus ihnen kann der Lernende im Anwendungsfall ein kohärentes mentales Modell zum Lernthema konstruieren, das bei der Lösung der gestellten Lernaufgabe unterstützt. Modelle, die den Wissenserwerb mit multimedialen Lernumgebungen modellieren, sind Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell (Baddeley, 2003), der „cognitive load“ Ansatz (Chandler & Sweller, 1991; Sweller, 2005) und die kognitive Theorie multimedialen Lernens (Mayer, 2001, 2005a) sowie das integrative Modell des Text- und Bildverstehens (Schnotz, 2005). Diesen Modellen zufolge werden multimedial präsentierte Informationen dual kodiert, über das sensorische Gedächtnis nach Selektion irrelevanter Informationen, ins Arbeitsgedächtnis überführt und dort organisiert und mit dem bereits vorhandenen themenbezogenen Wissen, das aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen wurde, verknüpft. Aus diesen Modellen lassen sich ebenfalls Anhaltspunkte ableiten, wie eine ungünstige instruktionale Gestaltung vermeidbar ist. Etwa kann instruktionale Anregung Lernende ermutigen, vorhandene metakognitive Strategien zur Steuerung des Lernprozesses einzusetzen, ihre Aufmerksamkeit auf die gestellte Lernaufgabe zu richten und Ablenkungen auszublenden. Um eine günstige Auslastung beider Sinneskanäle bei der Wissensvermittlung zu erreichen, empfiehlt es sich, z. B. dem Auftreten des Modalitätseffekts (Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 1997) vor-

zubeugen, jedoch das Multimediaprinzip (Mayer, 2001) zu nutzen. Eine Optimierung aller drei load- Formen sowie eine Erleichterung der Kohärenzbildung kann beispielsweise erreicht werden, indem die Aufgabenkomplexität und –schwierigkeit möglichst adäquat zu den Voraussetzungen und dem Vorwissen des Lernenden passt, ebenso die gewählte Segmentierung und Sequenzierung der Lerninhalte. Darüber hinaus scheinen insbesondere Selbsterklärung (Gerjets, Scheiter, & Catrambone, 2006), Schemainduktion (Kopp, 2005) oder „worked examples“ (Renkl, 2005; Renkl & Atkinson, 2003) hilfreich zur mentalen Modellbildung zu sein und optimieren damit ebenfalls den vom Lernenden zu Lösung der Lernaufgabe aufzuwendenden „cognitive load“.

Den Prozess des Wissenserwerbs beeinflussen nach dem Tetraedermodell (Bransford, 1989; Jenkins, 1979), das Wissen sowie die Fähigkeiten des Lernenden, die Lernmethoden und die Lernmaterialien sowie die Lernaufgabe. Der Wissenserwerb findet durch die Interaktionen des Lernenden mit der multimedialen Lernumgebung statt. Kommt es zu Diskrepanzen zwischen den Anforderungen der an den Lernenden gestellten Aufgabe, dessen Lernvoraussetzungen und der inhaltlichen und didaktischen Gestaltung sowie der Gestaltung der Zugriffsmöglichkeiten können Funktions-, Handhabungs-, Aufgaben- oder Verständnisprobleme die Folge sein. Sie wiederum sind möglicherweise dafür verantwortlich, dass nach dem prozessorientierten „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008) die Lerneraktionen, nicht zu den gewünschten kognitiven Prozessen des Wissensaufbaus und des angestrebten Lernergebnisses führen.

Während bezüglich des domänenspezifischen Vorwissens und der didaktischen Gestaltung der Lernmaterialien bisher eine umfangreiche Forschungslage aussagekräftige Hinweise auf die Bedeutung der beiden Faktoren liefert und dadurch auch Erklärungen für festgestellte Funktionsprobleme und einige Verständnisprobleme anbietet, ist für die anderen Einflussfaktoren nicht der Fall. Für computer- und hypermediaspezifisches Vorwissen, metakognitive Strategien, motivationale Faktoren, die Bedeutung der Lernaufgabe, das Instruktionsdesign oder die Zugriffstools ist die Forschungslage zu rar oder zu uneinheitlich, um aus ihr stringente Erklärungen für Handhabungs-, Aufgaben- und einige Verständnisprobleme ableiten zu können.

5. KENNZEICHEN MULTIMEDIALER LERNMEDIEN

5.1. Charakterisierung multimedialer Lernumgebungen

Multimediale Lernmaterialien sind computergestützte Informationssysteme, die als „spezielle Arrangements der äußeren Lernbedingungen und Instruktionsmaßnahmen, zielorientiertes Lernen ermöglichen oder erleichtern“ (Seel, 1991a, p. 350 ff.) sollen. Sie präsentieren ihre Wissensinhalte über Texte, Audio, Bilder, Grafiken, Video, Animationen oder auch Simulationen. Bei der instruktionalen Gestaltung multimedialer Lernumgebungen müssen spezifische Lernvoraussetzungen, kognitive und metakognitive Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden mit berücksichtigt werden. Ebenso ist die Medialität, die erreicht werden soll entscheidend, etwa ob es als „electronic book“ („e-book“) oder als „e-book“ mit zusätzlicher „print“-Variante veröffentlicht werden soll. Auch die Codierungsform, also ob Text mit Bildern oder Text mit Videos angeboten werden sollen und die Sinnesmodalitäten (auditiv bzw. visuell), die angesprochen werden, beeinflussen die instruktionale Gestaltung multimedialer Lernumgebungen mit.

Schulmeister (1996, p. 62) kategorisiert multimediale Lernumgebungen nach dem Grad der Interaktionsfreiheit, die sie Lernenden anbieten. So unterscheidet er auf einem Kontinuum von geringer bis großer angebotener Interaktivität „drill-& practice“-Programme, „courseware“, Präsentationen, Kiosk-Systeme, „guided tours“, „e-book“, Hypermedia-systeme, Simulationen und interaktive Programme, wobei „drill-& practice“-Programme nur geringe Interaktivität zulassen, interaktive Programme im Gegensatz dazu Hohe. Je nach Konzeption und Gestaltung kommt dem Lernenden eher eine passive Rolle beim Lernen zu, wie etwa in einigen CBTs („computer based training“) oder in „drill-& practice“-Programmen. Multimediale Lernumgebungen können den Lernenden aber auch in seiner aktiven Lernrolle unterstützen, wie bei CAL Umgebungen („computer assisted learning“) oder in Simulationen.

Je nach Lernziel bzw. Lernaufgabe können beide Varianten oder eine Mischform zu effizientem und erfolgreichem Lernen anregen und dieses unterstützen.

Vor dem Hintergrund verschiedener erkenntnistheoretischer Strömungen entstanden unterschiedliche didaktische Konzeptionen, die multimedial je nach gewünschtem Grad an selbstregulierenden Lernendenaktivitäten, entsprechend den von Schulmeister (1996) vorgeschlagenen Kategorien multimedialer Lernumgebungen bzw. deren Mischformen, umgesetzt werden können. Ziel dieser Lernumgebungen ist es für den Lernenden anregende Lernumwelten zu schaffen, die den aktiven Wissenserwerb unterstützen. Instruktionsdesignansätze, die versuchen systematisch aktives Lernen beim Lernenden anzuleiten, sind u. a. Gagnés Ansatz der „nine events of instruction“ (Gagné, 1985; Gagné et al., 2005) oder die entsprechend für computerunterstütztes Lernen entwickelten Ansätze von Merrill (1983; , 1999). Auf situierte authentische Lernkontexte, also Lernwelten die Wissen

kontextgebunden in kooperativen und kommunikativen Lernarrangements vermitteln, bauen der „cognitive apprenticeship“ Ansatz (Brown, Collins, & Duguid, 1989; Collins, 2006; Collins, Brown, & Newman, 1989) oder die „cognitive flexibility“ Theorie (Spiro & Jehng, 1990; Spiro et al., 1991). Entdeckendes Lernen unterstützen u. a. „goal-based“ szenarios (Schank, 1998) oder das „learning by design“ (Kolodner, 2002). Problembasierendes Lernen und den Erwerb komplexer Fähig- und Fertigkeiten kann das 4C-ID Modell (van Merriënboer & Kester, 2005) unterstützen.

Neben der Medialität, Modalität, Codealität und instruktionalen Gestaltung sind die angebotenen Zugriffsmöglichkeiten auf die in der multimedialen Lernumgebung angebotenen Wissensinhalte ein weiteres Unterscheidungsmerkmal multimedialer Lernumgebungen. Über die grafische Benutzerschnittstelle einer multimedialen Lernumgebung kann der Lernende Wissensinhalte aufsuchen und abrufen und so mit der multimedialen Lernumgebung interagieren. Um diese Interaktion zu erleichtern, haben sich bestimmte Orientierungsmittel (z. B. grafische Browser) und Navigationsmittel (z. B. seitenweises Weiterblättern oder Scrollen) (siehe Kap. 3.3) eingebürgert.

Multimediale Lernumgebungen können linear aufgebaut sein und traditionelle Methoden der Navigation und Orientierung nutzen, wie Inhaltsverzeichnis oder Index. Sie können aber auch nicht linear strukturiert sein, was neben traditionellen Navigations- und Orientierungsmitteln Spezielle erforderlich macht.

Nicht sequenzielle multimediale Lernumgebungen, meist als Hypermedien konzipiert, verlangen vom Lernenden einen hohen Grad an Eigenaktivität, Wesentliches zu seiner Lernaufgabe in der Lernumgebung aufzusuchen und auszuwählen. Lernende, insbesondere jene mit wenig domänenspezifischen Vorwissen zur Lernaufgabe und wenig Erfahrung im Umgang mit dem Computer oder multimedialen (Lern-)Angeboten kann diese Aufgabe verwirren und zu ziellosem Herumirren verleiten. Dieses Problem der Desorientierung wird mit „getting lost in hyperspace“ (Conklin, 1987) bzw. „lost in hyperspace“ (Edwards & Hardman, 1989) bezeichnet. Eine auch für Laien handhabbare Gestaltung von Navigations- und Orientierungsmitteln soll dieses Problem beheben. Untersuchungen zu Übersichtsgrafiken (Chiu & Wang, 2000), bestimmten Linktypen (Ruddle et al., 2000) oder die Begrenzung der angebotenen Navigationsoptionen (Farrell & Moore, 2001) zeigen, dass Navigationstools Lernende mit wenig domänenspezifischem Wissen bzw. „hypertext-literacy“ unterstützen und Desorientierung vermindern können (siehe auch Kap. 5.2 und Kap. 6).

5.1.1. Lineare multimediale Lernangebote

Linear strukturierte multimediale Lernumgebungen ähneln in ihrem Aufbau einem traditionellen Buch. Sie bestehen aus inhaltlich aufeinander aufbauenden Kapiteln, die vom Lernenden nacheinander durchgearbeitet werden sollten. Allerdings kann diese Art der Wissensvermittlung ihn in eine eher passive Lernendenrolle drängen. Dennoch besteht durch themenbezogene Übungen, Animationen und Simulationen auch bei linearen multimedialen Lernangeboten für den Lernenden die Möglichkeit, aktiv mit der Lernumgebung zu interagieren. Vor allem für Lernende mit wenig themenspezifischem Vorwissen (Chen & Rada, 1996; Gerdes, 1997; Jacobson & Spiro, 1994) wurde diese lineare Form einer multimedialen Lernumgebung als lernförderlich angesehen, da die parallel zum Wissenserwerb notwendigen Navigationshandlungen minimal sind. Meist beschränken sich diese auf die Auswahl des Wissensinhaltes mit anschließendem „seitenweisen Weiterblättern“ oder „vertikalen Herunterscrollen“ um alle Inhalte zum Thema erreichen zu können.

Strukturierung und Segmentierung: Computergestützte lineare multimediale Lernangebote sind in der Regel sequenziell nach einer festgelegten Reihenfolge aufgebaut. Neue Abschnitte bauen auf bereits Vorangegangenen auf. So dass die Segmentierung und Strukturierung des Inhaltes der Autor übernimmt.

Navigations- und Orientierungshilfen: Ähnlich einem Buch können Lernende auch in linear strukturierten multimedialen Lernumgebungen den Lerninhalt (Bildschirm-)Seite für (Bildschirm-) Seite durchlesen, ihn quer lesen oder einige (Bildschirm-) Seiten überblättern. Überblättern bzw. Überspringen von Bildschirmseiten kann über die Navigationsleisten etwa über „seitenweises Weiterblättern“ von einer Bildschirmseite zur darauf folgenden realisiert werden oder über „vertikales Herunterscrollen“ auf einer Bildschirmseite. Beide Navigationsmöglichkeiten können auch kombiniert auftreten. Orientierung und Hilfe bei der Navigation geben neben den Navigationsleisten auch Inhaltsverzeichnisse, Indizes, Abkürzungsverzeichnisse, Glossare sowie eventuell Literaturverzeichnisse (siehe auch Kap. 3.3). Das klassische Inhaltsverzeichnis eines Buches kann auch in einem linearen multimedialen Lernangebot eingesetzt werden. Es gibt dem Lernenden, ebenso wie ein Inhaltsverzeichnis im traditionellen Buch, eine Übersicht über die angebotenen Informationen und ermöglicht ihm, durch Anwählen eines bestimmten Kapitels mit der Computermaus, zu diesem zu springen. Indizes, Abkürzungs- und Literaturverzeichnisse sowie Glossare bieten die Möglichkeit anstatt über Seitenangaben, wie beim traditionellen Buch, über Links direkt auf bestimmte Textpassagen zuzugreifen, sofern dies implementiert ist. Sie zählen nach Kuhlen (1991, p. 136) aufgrund ihrer direkten Verknüpfung von Seitenzahl (bzw. Link) mit dem gewünschten Inhalt nicht zu Gestaltungselementen von Hypertext, obwohl sie programmiertechnisch gesehen Links, also Verknüpfungen zwischen Informationsknoten darstellen (siehe Kap. 5.1.2). Auch typografische Auszeich-

nungsmöglichkeiten erleichtern die Orientierung im Text. Hervorgehobene Überschriften etwa fassen den kommenden Abschnitt zusammen. Randnotizen und Schlüsselwörter erleichtern den Rezeptionsprozess, indem sie Wesentliches hervorheben. In einem linearen multimedialen Lernangebot sind auch Seitenzahlen möglich. Sie geben dem Lernenden Auskunft über seine aktuelle Position im Lernangebot sowie über dessen gesamten Umfang. Fehlt diese Information, so kann es für den Lernenden in umfangreicheren linearen multimedialen Lernangeboten schwierig sein, den gesamten Umfang abzuschätzen.

5.1.2. Hypertexte bzw. Hypermedien

Multimediale Lernumgebungen, die computerbasiert Wissen vermitteln und keine lineare Strukturierung aufweisen, werden als Hypermedien bezeichnet.

In der Literatur findet man häufiger eine Abgrenzung von Hypertext zu Hypermedien bzw. Hypermedia. Eine solche Differenzierung trennt einen sehr kleinen Teil von Lernsystemen, die ausschließlich Texte präsentieren, von einem sehr großen Teil von multimedialen Lernangeboten, die Text-, Bild-, Animationen und Videoelemente zur instruktionalen Gestaltung enthalten. Eine Differenzierung von Hypertext und Hypermedia trägt deshalb wenig zur Begriffsdifferenzierung bei. In vielen Fällen scheint entsprechend dem Multimediaprinzip eine Kombination von Texten mit Bildern und Ton ohnehin lernwirksamer zu sein, als die Präsentation über ein Medium, vorausgesetzt die präsentierten Inhalte sind alle lernrelevant und die multimediale Präsentation ist nicht redundant (Mayer, 2001). Nielsen (1990b) bezeichnet alle Systeme mit dem Konstruktionssystem aus Informationsknoten und Verbindungen als Hypermedien oder synonym als Hypermedia. Diese Auffassung soll auch in dieser Arbeit vertreten werden.

Hypermedien kennzeichnet eine hohe Aktivität des Lernenden, die insbesondere Nielsen betont (Begoray, 1990; Kuhlen, 1991; Marchionini, 1988; Nielsen, 1990b). Lernende sind in hypermedialen Lernumgebungen nicht mehr an die vom Autor vordefinierte Rezeptionsreihenfolge des Medieninhaltes gebunden, wie dies etwa bei Printmedien der Fall ist (Rouet & Levonen, 1996). Hypermedien erlauben Lernenden mehr Freiheiten bei der Steuerung ihrer Lernaktivitäten, insbesondere bei der Steuerung ihrer Informationssuche (Krems, 2001). Allerdings stellen diese Freiheiten auch zusätzliche Anforderungen an die Lernenden. Sie müssen parallel zum Wissenserwerb Navigationsentscheidungen treffen, die beide kognitive Ressourcen beanspruchen. Insbesondere bei Lernenden mit wenig themenspezifischem Vorwissen und computer- sowie hypermediaspezifischem Vorwissen kann es dazu kommen, dass ein Lernender nicht genügend freie Gedächtniskapazitäten zur Verfügung hat, um beide Prozesse, den Wissenserwerb und die Informationssuche, adäquat lernzielorientiert parallel durchzuführen. In diesem Fall sollten für Lernende mit wenig themenbezogenem Vorwissen geeignete Lernhilfen zur Verfügung stehen, damit sie zumindest gleich gute Lernergebnisse erzielen können (Schnotz & Zink, 1997), wie Lernende mit einer umfangreicheren Vorwissensbasis.

Strukturierung und Segmentierung: Hypermedien kennzeichnet ein Aufbau durch Kanten und Knoten.

Die Hypertextknoten beinhalten das Lernmaterial, also Texte, Bilder, Grafiken, Animationen, Audio, Video oder Simulationen (Jonassen & Reeves, 1996). Hypertextknoten können in ihrer Größe beträchtlich variieren, da nur eine einzige Grafik Inhalt eines Hypertextknotens sein kann, aber auch mehrseitige Dokumente. Ein wesentliches Merkmal von Hypertextknoten ist ihre innere Kohäsion. Ein Informationsknoten präsentiert dem Lernenden eine in sich geschlossene Informationseinheit und muss deshalb inhaltlich so aufgebaut sein, dass er vom Lernenden auch ohne die Rezeption weiterer zusätzlicher Informationen verstanden werden kann. Ein weiteres Kriterium betrifft die Größe eines Informationsknotens. Zu große Informationseinheiten können für den Lernenden das Gefühl bedeuten, dass er die Informationsauswahl weniger steuern kann und damit könnte auch die Motivation des Lernenden sinken (Nielsen, 1995). Zu kleine Informationseinheiten lassen den Lernenden möglicherweise Zusammenhänge schwerer erkennen. Generell sollte sich die Segmentierung neben inhaltlichen Kriterien (Kuhlen, 1991) auch nach kognitiven Kriterien richten, insbesondere der Elementinteraktivität (siehe Kap. 4.1.1). Weitere Hinweise zur Gestaltung von Hypertextknoten, zur Granularität oder zur Unterteilung der Inhalte, findet sich etwa bei Shneiderman, Kreizberg und Berk (1991).

Die Hypertextkanten verbinden die einzelnen Informationsknoten untereinander. Die Verknüpfungen, die auch als Links bezeichnet werden, ermöglichen dem Lernenden die Navigation. Durch Anklicken eines Links mit der Computermaus wird der entsprechende Textknoten aktiviert, der mit dem angeklickten Link in Verbindung steht und die dazugehörige Information wird auf dem Computerbildschirm angezeigt. Links können an unterschiedlichen Stellen im Hypermedium platziert werden. Vielfach sind sie eingebettet in den Text oder außerhalb des fortlaufenden Textes am Rand, als sogenannte Menü- oder Navigationsleiste zu finden. Links ermöglichen aber auch den Informationszugriff in grafischen Übersichtshilfen oder als Navigationsbuttons. Meistens werden Links im Text farblich abgehoben, durch typografische Merkmale, etwa Unterstreichungen, hervorgehoben oder mittels Symbolen gekennzeichnet. Sobald sie einmal aktiviert wurden, ändern sie als Orientierungshinweis häufig ihre Farbe und machen damit für den Lernenden sichtbar, dass er den Link früher einmal rezipiert hatte.

Es gibt unterschiedliche Typisierungen von Verknüpfungen (Gloor, 1990; Parsaye et al., 1989; Parunak, 1991). Eine gebräuchliche Typisierung geben Kuhlen (1991) und Conklin (1987). Kuhlen (1991) grenzt in Anlehnung an Conklin (1987) referentielle von semantischen Verknüpfungen ab. Referentielle Verknüpfungen beruhen auf assoziativen Beziehungen zwischen den beiden Knoten, die sie miteinander verbinden, spezifizieren diese aber nicht. Sie sind meist in unstrukturierten als Netzwerk organisierten Hypermedien zu finden. Strukturierte Hypermedien organisieren die Informationsknoten nach semantischen und pragmatischen Merkmalen der Verknüpfungen, die sie miteinander verbinden

(Parunak, 1989). Zum Teil kommen in solchen Netzwerken die von Conklin (1987) als semantische Verknüpfungen bezeichneten Links zum Einsatz, die auch als organisatorische Links, typisierte Links oder strukturierende Links bezeichnet werden. Sie haben die gleichen Funktionen, wie die referentiellen Verknüpfungen von Kuhlen (1991), allerdings spezifizieren sie zusätzlich die Art der Beziehung zwischen den Hypertextknoten, die sie untereinander verbinden. Beispielweise können sie angeben, ob ein Hypertextknoten „Teil von“ einem anderen ist oder mit ihm „in Zusammenhang mit steht“. Die differenzierteste Taxonomie legte Trigg (nach Schulmeister, 1996) vor, der 75 Linktypen spezifiziert, u. a. Abstraktion, Beispiel, Anwendung, Widerlegung. Nur in einer grafischen Darstellung des gesamten Netzwerkes sind auch die Verbindungen für den Lernenden sichtbar.

Links können weiterhin nach ihrer Gerichtetheit unterschieden werden. Je nachdem, ob die Informationsknoten, die sie miteinander verbinden gegenseitig aufeinander verweisen (bidirektional) oder ob nur ein Knoten auf einen anderen verweist, dieser aber nicht auf den Ursprungsknoten zurück (unidirektional), können bidirektionale Verknüpfungen von unidirektionalen Verknüpfungen abgegrenzt werden (Bogaschewsky, 1992; Conklin, 1987).

Die Struktur von Hypermedien, aus untereinander verknüpften Informationsknoten, ermöglicht es dem Lernenden, die Inhalte der Hypermedien in beliebiger selbst gewählter Reihenfolge aufzurufen und zu rezipieren. Eine häufige Verknüpfungsform der einzelnen Informationsknoten untereinander ist nach Parunak (1989) die eines Netzwerkes. Informationsknoten können aber auch ringförmig oder sternförmig von einem Ausgangsknoten ausgehend miteinander verbunden sein und zudem Hierarchien enthalten (Gerdes, 2000).

Um die verschiedenen Darstellungsebenen eines Hypermediasystems voneinander abzugrenzen, unterscheidet Nielsen (1990b) drei Ebenen des Hypertextsystems, die (1) Präsentationsebene, die dem Lernenden sichtbar ist und i. d. R. die Informationsknoten aufzeigt, (2) die interne Darstellung, die Knoten und Verknüpfungen darstellt, und die Datenbankebene, in der die Informationen, wie Lerninhalte als Texte, Ton, Grafiken, Bilder, Videos, abgelegt wurden. Verknüpfungen zwischen Informationsknoten sind in der Regel für den Lernenden nur dann sichtbar, wenn sie grafisch die Inhalte und Verbindungen zwischen ihnen darstellen.

Der Informationszugriff (für ausführliche Informationen siehe Kap. 3.2) kann über browsen, gezielte Suche oder über das Nachverfolgen von Pfaden stattfinden. Beim browsen, als wichtigste Art des Informationszugriffs, sucht der Lernende je nach Lernziel mehr oder weniger gezielt Informationsknoten, die bei der Lösung seiner gestellten Lernaufgabe helfen. Dazu aktiviert er die in der Lernumgebung angebotenen themenbezogenen Links. Bei der gezielten Suche nutzt der Lernende durch Eingabe von Schlüsselwörtern die Suchfunktion, die ihm den Zugriff auf die dem Schlüsselwort zugeordneten In-

formationsknoten ermöglicht. Das Nachverfolgen von Pfaden ist eine Sonderform des Informationszugriffs, bei welcher der Lernende autorendefinierte Linkabfolgen nachverfolgt.

Navigations- und Orientierungsmöglichkeiten: Neben den traditionellen Navigations- und Orientierungsmitteln (siehe Kap. 5.1.1) wurden speziell für nicht sequenzielle Medien „maps“, Browser und „fish-eye-views“ entwickelt (siehe Kap. 3.3), um die Interaktion zwischen dem Lernenden und dem Medium zu erleichtern und um Desorientierung und Verwirrung sowie ziel- oder strukturlose Suche von Informationen zu vermeiden. „Maps“ stellen in zwei- oder dreidimensionaler grafischer Form, den Inhalt der hypermedialen Lernumgebung dar und geben so einen Überblick. Meist können Informationsknoten über das Anklicken mit der Computermaus aktiviert und die dahinter verborgenen Informationen rezipiert werden. Allerdings für Lernende mit geringerem domänenspezifischen Vorwissen können grafische „maps“ schnell unübersichtlich werden, insbesondere dann, wenn sie eine umfangreiche Anzahl an Informationsknoten visualisieren. Suchmaschinen mit Filterfunktion, wie sie von Conklin (1987) vorgeschlagen wurden, grenzen die Menge der für den Lernenden relevanten Informationsknoten ein und erleichtern so die Selektion lernaufgabenbezogener Informationsknoten. Auch „fish-eye-views“ (Furnas, 1986) können diese Aufgabe übernehmen, denn sie stellen nur die Informationsknoten vergrößert dar, die sich in der Nähe der aktuell rezipierten Information befinden. „Backtracking“, „history“ oder elektronische Lesezeichen machen die gegenwärtige Position im Vergleich zur Vorangegangenen bzw. den vorangegangenen Aktionen sichtbar und helfen die aktuelle Position in der multimedialen hypermedialen Lernumgebung festzustellen. „Guided tours“ oder „trails“ sequenzieren und strukturieren Informationsknoten für einen ersten Überblick über die Wissensdomäne, die sich der Lernende vertiefend, dann mit anderen Orientierungsmitteln, wie etwa „maps“ detaillierter erschließen kann.

5.2. Desorientierung und cognitive overhead – Probleme beim Lernen mit multimedialen Lernumgebungen

Egal, ob in der multimedialen Lernumgebung dem Lernenden selbstregulierter flexibler Informationszugriff ermöglicht wird oder vordefinierte lineare Lernwege vorgeschlagen werden, können für den Lernenden zwei Probleme nach Conklin (1987) bzw. nach Edwards und Hardman (1989) auftreten, Desorientierung und „cognitive overhead“. Jedoch besteht Grund zur Annahme, dass in hypermedialen Lernsystemen beide Probleme durch die umfangreichere Selbstregulation der Lernenden während ihrer Wissenserwerbs- und ihrer Navigationsaktivitäten verstärkt auftreten können (Cockburn & Jones, 1996).

5.2.1. Desorientierung

Während des Lernprozesses stellen sich für den Lernenden nach Nielsen (2000) mindestens drei Fragen: Wo bin ich? Wohin kann ich navigieren, um zu weiteren relevanten Informationen zu gelangen? Wie komme ich zu bereits rezipierten relevanten Informationen zurück? Können diese Fragen vom Lernenden nicht einfach durch die angebotenen Navigationsmöglichkeiten und –hilfen beantwortet werden, kommt es zu Desorientierung bzw. dem von Conklin (1987) beschriebenen „getting lost in hyperspace“. Heiß (2007) zufolge tauchen zwei verschiedene Gruppen von Desorientierungsproblemen auf. Wie auch schon von Nielsen beschrieben, kann es zu Orientierungsproblemen und Navigationsproblemen etwa durch ein ungünstiges Zugriffstooldesign kommen, andererseits können Desorientierung auch Probleme bei der Kohärenzbildung zwischen den inhaltlich angebotenen Informationen auslösen. Navigations- und Orientierungsprobleme sowie Probleme bei der Handhabung der Zugriffstools fasst Heiß (2007, p. 43) als strukturelle Desorientierung auf, die sich ihr zufolge beispielsweise dadurch äußert, dass ein Lernender nicht weiß:

1. wo er sich in der multimedialen Lernumgebung, im Bezug auf das gesamte Informationsangebot befindet,
2. welche Knoten er bereits besucht hat,
3. wie er zu einer bestimmten Stelle gelangen kann oder von dort zurück zur vorherigen Position
4. über welchen inhaltlichen Umfang die multimediale Lernumgebung verfügt und wie ihre Verknüpfungsstruktur aussieht.

Probleme bei der Kohärenzbildung bezeichnet Heiß (2007) als konzeptionelle Desorientierung, die sich für den Lernenden u. a. dadurch zeigt, dass er nicht erkennt

5. wie einzelne Informationsknoten zusammenhängen
6. welcher Pfad für die gegebene Fragestellung der optimale ist
7. wo sich der optimale Einstieg für seine Fragestellung in der multimedialen Lernumgebung befindet.

Messbar wird ein Orientierungsproblem über die abnehmende Leistung, z.B. längerer Suchzeiten (Cove & Walsh, 1988) oder Unterbrechungen innerhalb von Navigationshandlungen (McDonald & Stevenson, 1996, 1998). Es hat sich auch gezeigt, dass die Fähigkeiten im Bereich räumlicher Kognition („spatial ability“) und die Komplexität der Aufgabe mitbestimmen, ob Desorientierung beim Lernenden auftreten kann (Astleitner, 1997; Cove & Walsh, 1988).

Navigationstools die eine Vermeidung von Desorientierung zum Ziel haben, sind u. a. Verzeichnisse, markierte Knoten, grafische Orientierungshilfen und instruktionsunterstützende Tools (siehe auch Kap. 6.3.2).

Verzeichnisse erlauben den direkten Zugriff auf den Lerninhalt. Inhaltsverzeichnis, Register, Glossar, „fish-eye-views“ (Saxer & Gloor, 1990). geben einen Überblick, welche Inhalte die Lernumgebung anbietet und beantworten die Frage, wo der Lernende in der Lernumgebung weitere relevante Lerninhalte findet. Empirische Befunde belegen, dass in hierarchischen Hypermedien Verzeichnisse mit alphabetischem Index vorteilhaft sind (Simpson & McKnight, 1990).

Markierte Knoten geben neben Verzeichnissen innerhalb des präsentierten Textes oder einer Grafik Orientierungshilfen. In empirischen Studien zu referentiellen Links hat sich herausgestellt, dass die Visualisierung der Art der Verknüpfung zwischen den Informationen Lernende unterstützt sich in der multimedialen Lernumgebung zu orientieren, insbesondere schon besuchte Informationsknoten wiederzufinden (Ruddle et al., 2000; Storrer, 2000). Funktionen, wie „backtrack“, helfen dem Lernenden seine bisherigen Navigationsaktionen zurückzuverfolgen. Falls er Orientierungsprobleme bemerkt, kann er mit Hilfe der „backtrack“ Funktion an die Stelle zurückkehren, an der er zuletzt keine Orientierungsprobleme feststellte. Die „backtrack“ Funktion sollte immer verfügbar sein, von einem bestimmten Startpunkt ausgehen und immer auf die gleiche Weise aufzurufen sein (Gerdes, 1997). Es empfiehlt sich jedoch nicht, eine „backtrack“ Funktion mit der Rückwärts-Navigation, beispielsweise dem „seitenweisen Rückwärtsblättern“, zu vermischen (Gerdes, 1997), da eine solche Vermischung bei Lernenden Verwirrung hervorrufen kann. Auch vom Leser definierte Lesezeichen helfen dem Lernenden bereits rezipierte Inhalte wiederzufinden und zu diesen zurückzuspringen.

Grafische Orientierungshilfen wurden entwickelt, um Desorientierung zu vermeiden. Dennoch ist die empirische Befundlage uneinheitlich (siehe Kap. 6.3.2). Abfrage- und Suchtools konnten in empirischen Studien, ebenso wie grafische Browser (Bogaschewsky, 1992; Chiu & Wang, 2000; Conklin, 1987; Larson & Czerwinski, 1998) oder graphentheoretische Konzepte (Rivlin, Botafogo, & Shneiderman, 1994), die Orientierung der Lernenden erleichtern. Die Darbietung einer grafischen Repräsentation der Struktur der multimedialen Lernumgebung zeigt zentrale Konzepte des Lerninhaltes und ihre Verknüpfungen untereinander. Auf diese Weise sollen Lernende beim Aufbau eines mentalen Modells der Verknüpfungsstruktur der einzelnen Informationsknoten untereinander unterstützt werden (Schnotz, Seufert, & Bannert, 2001). Auch Metaphern (Shneiderman, Kreitzberg, & Berk, 1991), etwa ein Fragezeichen, das auf die Hilfefunktion der multimedialen Lernumgebung hinweist, unterstützt, wie Buttons, Lernende bei der Orientierung. Aussagekräftige Icons, deren Bedeutungsgehalt Lernende aus ihren Erfahrungen ableiten können, ermöglichen dem Lernenden gezielt bestimmte Interaktionen z. B. vorwärts und zurück zu navigieren oder eine Hilfefunktion aufrufen (Rouet, 1992).

Instruktionsunterstützende „tools“, wie „promts“, setzte beispielsweise Bannert (2003; , 2006) erfolgreich ein. „Promts“ lenken die Aufmerksamkeit des Lernenden auf bestimmte wesentliche Aspekte des Lerngegenstandes und unterstützen ihn so bei der Informationsverarbeitung. Auch für „advanced organizer“ (Müller-Kalthoff & Möller, 2000, 2005) in Form navigierbarer „concept maps“ zeigten sich positive Effekte auf den Lernerfolg und eine geringe Desorientierung.

Vor allem in empirischen Studien zu den grafischen Orientierungshilfen musste teilweise festgestellt werden, dass nicht jede grafische Hilfe geeignet ist, die Lernleistung zu verbessern und Desorientierung zu vermeiden. In einigen Studien zeigte sich (Hammond & Allinson, 1989; Stanton, Taylor, & Tweedie, 1992), dass Lernende in geringerem Maße mit der multimedialen Lernumgebung interagierten, als dies erwartet wurde und oftmals fehlende subjektive Kontrolle wahrnahmen. Zudem scheint das Vorwissen Einfluss auf die erlebte Desorientierung zu haben, ebenso wie die Aufgabe (zum Einfluss von Merkmalen des Lernenden auf den Umgang mit Zugriffstools siehe Kap. 6.2 und der Aufgabe siehe Kap. 6.1).

Es scheint bei der Konzeption einer multimedialen Lernumgebung darauf anzukommen, eine am Vorwissen der Lernenden, am Lerninhalt und der Komplexität der Lernumgebung orientierte Auswahl an Navigationstools zu treffen, denn ein umfangreiches Angebot an Orientierungstools führt nicht in jedem Fall zu mehr Orientierung beim Lernenden (Tripp & Roby, 1990).

5.2.2. „Cognitive overhead“

Kuhlen zufolge (1991) kann multimediales Lernen hohe Konzentration und Gedächtnisleistung vom Lernenden erfordern, die sich nicht in jedem Fall positiv auf den Lernprozess auswirken. Conklin (1987) nennt dieses Problem multimedialen Lernens „cognitive overhead“. Er tritt auf, wenn Lernende neben lernrelevanten kognitiven Prozessen weitere kognitive Ressourcen für Navigationsentscheidungen aufwenden müssen (Astleitner, 1997; Gerdes, 2000; Ohler & Nieding, 2000; Zumbach, 2006), etwa für Entscheidungen bezüglich des geeigneten Navigationsweges und der Auswahl sowie Handhabung geeigneter Zugriffstools. Inhoff und Fleming (1989) etwa, ebenso wie Naumann (2004), belegten den Effekt des „cognitive overhead“ bezüglich des Textverstehens. Niederhauser (2000) konnte den Effekt des „cognitive overhead“ bei Lernenden mit einer hypermedialen Lernumgebung feststellen. Seine Studie zeigte, dass die Lernergebnisse der Lernenden mit der hypermedialen multimedialen Lernumgebung schlechter waren im Vergleich zu Lernenden mit der gleichen aber linear strukturierten Variante der Lernumgebung.

Sowohl „cognitive overhead“ als auch „getting lost in hyperspace“ als häufigste Probleme beim multimedialen Lernen werden in der Forschungsliteratur ganz unterschiedlich beurteilt. Gay und Mazur (1991) sehen beide Probleme als Folge der umfangreichen Struktur von Hypermediasystemen und den sich dadurch ergebenden umfangreichen Freiheitsgra-

den der Lernenden bezüglich ihrer Navigationsentscheidungen. Zudem dürfte es für den Lernenden schwierig sein, sich eine Vorstellung vom Informationsumfang und den Verknüpfungen zwischen den einzelnen Wissensinhalten aufzubauen. Eine solche „mental map“ erleichtert jedoch den zielführenden Wissenserwerb mit Hypermedia erheblich (Chiu & Wang, 2000; Dee-Lucas, 1996). Im Gegensatz dazu sehen Landow (1990), ebenso wie Schulmeister (1996) und Zumbach (2006), „getting lost in hyperspace“ allein als Mythos schlecht konzipierter Hypermedien an, insbesondere bezüglich des Navigationsdesigns. Resultierend aus beiden Auffassungen und unter Berücksichtigung der aktuellen Forschung (Chiu & Wang, 2000; Farrell & Moore, 2001; Ruddle et al., 2000) ist ableitbar, dass gerade für Lernende mit wenig themenspezifischem Vorwissen und möglicherweise fehlender „hypertext-literacy“ anfänglich ebenso instruktionaler Unterstützung beim Wissenserwerb bedürfen, wie ein ihren Lernvoraussetzungen entsprechend angemessenes Navigationsdesign. Zumal die Annahme (Bernstein, 1991; Mayes, Kibby, & Anderson, 1990), dass leichte Desorientierung motivierend wirken kann und exploratives Lernen fördert und damit auch positive Lernergebnisse forciert, zumindest von Niederhauser (2000) nicht bestätigt werden konnte. Es scheint vielmehr so zu sein, dass Desorientierung in Zusammenhang mit cognitive overhead gebracht werden kann, denn wenn leichte Desorientierung sich nicht positiv auf den Lernprozess auswirkt, könne eine Ursache darin liegen, dass Lernende zu viele kognitive Ressourcen des Arbeitsgedächtnisse auf die Orientierung in der multimedialen Lernumgebung lenken mussten, die dann nicht mehr für den Wissenserwerb zur Verfügung standen. Dies legt den Schluss nahe, dass insbesondere der „cognitive overhead“ unter Berücksichtigung der Forschungsergebnisse zum „cognitive load“ differenzierter betrachtet werden muss. „Cognitive overhead“ tritt dann auf, wenn Lernende erhebliche kognitiven Ressourcen auf den Wissenserwerb richten, zudem aber auch beachtliche kognitive Ressourcen für die Informationssuche und die Bedienung der Navigationstools zur Verfügung stellen müssen. Nach dem Arbeitsmodell aus Kap. 7 tritt „cognitive overhead“ erst dann auf, wenn der Lernende keine weiteren kognitiven Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses mehr aktivieren kann, sondern nur noch vorhandene freie kognitive Ressourcen zwischen kognitiven Prozessen des Wissenserwerbs und kognitiven Prozessen der Informationssuche und des Informationszugriffs hin- und her verschieben kann. In einer Situation des cognitive overhead muss der Lernende aus der Perspektive der „cognitive load“ Forschung neben „intrinsic cognitive load“, der sich aus der Schwierigkeit und der Komplexität der Lernaufgabe ergibt einerseits extraneous cognitive load, für das Nachvollziehen der Instruktion und andererseits zusätzlich hohen „extraneous cognitive load“ für die Bedienung der entsprechenden Navigationstools aufbringen. Dadurch werden die für den „germane cognitive load“ im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung stehenden Ressourcen geringer, was zu ineffektiveren und ineffizienteren Lernprozessen führen kann und möglicherweise auch zu schlechteren Lernergebnissen. „Cognitive overhead“ tritt demnach dann auf, wenn in der Summe alle drei Loadformen gemeinsam die maximale Arbeitsgedächtniskapazität beanspruchen und

deshalb keine weiteren Informationen zu diesem Zeitpunkt aufgenommen werden können. „Cognitive overhead“ kann deshalb mit cognitive overload gleichgesetzt werden, denn auch beim „cognitive overload“ beansprucht die Summe aller drei Loadformen die maximale Arbeitsgedächtniskapazität (Sweller, 2005), so dass zum Zeitpunkt seines Auftretens kein weiterer Wissenserwerb möglich ist. Die Quellen für „cognitive overhead“ können sowohl in einem für das Vorwissen des Lernenden zu hohem „intrinsic cognitive load“ begründet sein, als auch aus einer für die Lernvoraussetzungen ungünstigen Kombination von instruktionalem „extraneous cognitive load“ und navigationsbedingten „extraneous cognitive load“ resultieren, mit der Folge, dass zu geringe Kapazitäten für den „germane cognitive load“ zur Verfügung stehen. Aber auch eine Kombination aus zu hohem „intrinsic cognitive load“ und zu hohem „extraneous cognitive load“ kann die Ursache für „cognitive overhead“ sein. Als Konsequenz ließe sich die Vermutung ableiten, so wie es Sweller bzw. Sweller und Chanler (2005; , 1991) postulieren, dass der intrinsic und der „extraneous cognitive load“ so gering wie möglich gehalten werden sollten, damit der Lernende über ausreichend freien „germane cognitive load“ zum Wissenserwerb verfügt. Allerdings scheint es nach Schnotz und Kurschner (2007) sowie nach Zumbach (2006) nicht immer sinnvoll zu sein den „extraneous cognitive load“ so gering, wie möglich zu halten. Ein an den Lernvoraussetzungen orientierter „mittlerer“ „extraneous cognitive load“ könnte durchaus dazu führen, dass Vorwissen aktiviert wird und ein tieferes Verständnis des Lerninhaltes vom Lernenden angestrebt wird. Allerdings sprechen die Ergebnisse von Niederhauser (2000) dagegen, die zeigen, dass Lernende mit einer linearen multimedialen Lernumgebung zu besseren Lernergebnissen kamen, als Lernende mit der hypermedialen Variante der Lernumgebung. Wird jedoch der „extraneous cognitive load“ unterteilt in instruktionalen und navigationsbedingten „extraneous cognitive load“, dann könnten die besseren Lernergebnisse der Lernenden mit der linearen multimedialen Lernumgebung auch eine Folge des geringen navigationsbedingten „extraneous cognitive load“ sein. Diese Interpretation der Ergebnisse von Niederhauser (2000) legt den Schuss nahe, dass in multimedialen Lernumgebungen der navigationsbedingte „extraneous cognitive load“ im Gegensatz zum instruktionalen so gering wie möglich gehalten werden muss, um freie Kapazitäten sowohl für den instruktionalen „extraneous cognitive load“ zu schaffen und resultierend daraus auch für den „germane cognitive load“. Demnach müsste lediglich Mayes, Kibby und Andersons (1990) Annahme, dass durch Navigationstools evozierte Desorientierung den Wissenserwerb und ein tieferes Verständnis des Lerngegenstands unterstützen kann, als widerlegt, zumindest aber als fraglich gelten. Dies erreichen möglicherweise nur instruktionale Maßnahmen. Deshalb bedarf es weiterer Untersuchungen zur Überprüfung der Annahme eines lernförderlichen Potenzials mittleren „extraneous cognitive load“.

Für den navigationsbedingten „extraneous cognitive load“ bedeutet dies, dass er möglichst gering gehalten werden sollte indem er optimal auf die Lernvoraussetzungen und die „hypertext-literacy“ der Lernenden abgestimmt wird und sich steigender Expertise

anpasst. Im Idealfall sollte es so sein, dass bisherige Erfahrungen mit Navigationstools auf neue Lernumgebungen übertragbar sind, damit Navigationshandlungen möglichst automatisiert ablaufen können und dadurch eine günstige Usability aufweisen.

5.3. Lernpotenzial von multimedialem Lernen und Möglichkeiten der Unterstützung durch geeignete Zugriffstools

Trotz möglicher Probleme, die währendes des Lernens mit einer multimedialen Lernumgebung auftreten können, wie Desorientierung oder „cognitive overhead“, birgt multimediales Lernen für den Wissenserwerb förderndes Potenzial in sich. Dieses Potenzial kann durch adäquate Interaktivität, über Navigations- und Zugriffsmöglichkeiten auf die Lerninhalte unterstützt werden. Für die Umsetzung der hier betrachteten Interaktionstypen „navigating“ und „searching“ bietet multimediales Lernen Lernenden neben meist zeitlicher Flexibilität u. a. Hilfen zur Förderung selbstregulatorischer Fähigkeiten, Hilfen beim Aufbau flexiblen kontextgebunden kohärenten Wissens sowie Unterstützung bei der Aufrechterhaltung vorhandener Motivation oder Unterstützung beim kooperativen Lernen an.

Interaktivität, flexibler Informationszugriff und Förderung selbstregulatorischer Fähigkeiten: Ein Grund für den Einsatz multimedialer Lernumgebungen ist dessen angenommenes Unterstützungspotenzial für den Lernenden aufgrund der angebotenen Interaktivität (Schnotz, Seufert, & Bannert, 2001). Interaktivität wurde nach dem Interaktionsprozessmodell (siehe Kap. 3) in Anlehnung an das „NDH-Modell“ (Niegemann et al., 2008) dann als effizient beschrieben, wenn die angebotene Interaktivität in Abhängigkeit von Personenmerkmalen, der Lernaufgabe und den Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes kognitive Prozesse bewirkt, die eine aktive Verarbeitung der angebotenen Lerninhalte ermöglicht sowie deren Verbindung mit bereits vorhandenem Wissen des Lernenden unterstützt. Ein entscheidender Einflussfaktor auf diesen Prozess sind die angebotenen Navigations- und Zugriffstools, die eine solche Interaktivität zulassen und unterstützen müssen. Das Interaktionsdesign der hier betrachteten Interaktionstypen navigating und searching umfassen u. a. Links, Menüs oder eine Suchfunktion. Eine umfangreichere Zusammenstellung der empirischen Forschungsergebnisse bietet Kap. 6 bzw. 6.3.2). Links können Lernende ermuntern sich aktiv Wissen anzueignen (Ruddle et al., 2000). Sie zeigen Lernenden die Relationen zwischen Sachverhalten auf und unterstützen sie dadurch auszuwählen, welchen Links sie folgen und welche Lerninhalte sie rezipieren wollen. Menüs, Inhaltsverzeichnisse oder „maps“ zeigen die Komplexität des Lerngegenstandes auf und strukturieren diesen (Müller-Kalthoff & Möller, 2000). Menüschlagworte und Linkbezeichnungen können dazu beitragen, dass Lernende ermuntert werden explorativ zu lernen, entdeckend zu lernen oder sich Informationen auszuwählen, die mit dem eigentlichen Lernziel zunächst nichts zu tun haben („serendipity-effect“).

Durch die Option des flexiblen Informationszugriffs bieten multimediale Lernumgebungen Möglichkeiten in Abhängigkeit von den eigenen Lernzielen sich den in der multimedialen Lernumgebung enthaltenen Inhalten auf sehr unterschiedliche Weise zu nähern (Jonassen & Grabinger, 1990; Rouet & Levonen, 1996; Tergan, 2002). Lernende können beispielsweise eine linear vorgegebene Rezeptionssequenz nachverfolgen, um etwa Zusammenhänge zwischen dem präsentierten Wissen zu erkennen und mit bereits vorhandenem Wissen in Verbindung zu bringen. Sie können aber auch selbstbestimmt jene Lerninhalte auswählen, die bei der Lösung der gestellten Aufgabe helfen. Dabei sollte sich der durch die multimediale Lernumgebung unterstützte Grad der Selbstregulation am Vorwissen des Lernenden orientieren. Tatsächlich ist das Vorwissen eine entscheidende Variable für die Effektivität und Effizienz der selbst regulierten Lernaktivitäten. Es hängt mit vom Vorwissen ab, wie produktiv Lernende mit der ihnen auferlegten Verantwortung der Selbstregulation ihrer Lernaktivitäten zum Lernziel gelangen (Gay, 1986; Hammond, 1993; McDonald & Stevenson, 1996) bzw. es hängt davon ab, ob sie adäquate instruktionale und navigationsbezogene Unterstützung erhalten (Chiu & Wang, 2000; Farrell & Moore, 2001; Müller-Kalthoff & Möller, 2000; Ruddle et al., 2000; Tergan, 2002). Im Gegensatz zu Laien können Experten mit domänenspezifischem Wissen ihre Lernaktivitäten produktiver steuern (Jacobson et al., 1995; Schnotz & Zink, 1997) und kommen zu besseren Lernergebnissen. Deshalb kann instruktionale und navigationsbezogene Adaptivität der multimedialen Lernumgebung, die sich an den Voraussetzungen und Fortschritten der Lernenden orientiert, sowohl selbstregulatorische Fähigkeiten unterstützen, fördern und erweitern, als auch bessere Lernergebnisse ermöglichen. Gerade bezüglich der Förderung von Fähigkeiten zur Selbstregulation wird Hypermedien ein großes Potenzial zugesprochen (Schnotz, Seufert, & Bannert, 2001).

Förderung von kontextgebundenem Wissen in einer flexiblen und kohärenten Wissensstruktur: Nach kognitionspsychologischen Erkenntnissen wird Wissen in hohem Maße situiert, an einen Kontext gebunden erworben (Mandl, Gruber, & Renkl, 2002). Das technische Potenzial multimedialer Lernumgebungen eröffnet Möglichkeiten, Konzepte durch Einbettung in verschiedene Anwendungssituationen zu vermitteln. Diesbezüglich postulieren verschiedene Instruktionsdesignansätze präskriptive Aussagen, wie der Erwerb situierten Wissens gefördert werden kann (Bransford et al., 1990; Collins, 2006; Collins, Brown, & Newman, 1989; Schank, 1998). Besondere Bedeutung kommt dem aktiven Lösen von Problemen zu (Mandl, Gruber, & Renkl, 2002; Renkl & Atkinson, 2007). Sie sollen den Lernenden anstoßen, vorhandene kognitive Konzepte zu aktivieren und ihn unterstützen diese zu präzisieren, zu erweitern, umzustrukturieren oder neue zu entwickeln, mit dem Ziel eine flexible und kohärente Wissensstruktur aufzubauen.

Sowohl mit linearen, als auch mit hypermedialen multimedialen Lernumgebungen ist es möglich, den Aufbau einer flexiblen und kohärenten Wissensstruktur zu unterstützen. In

linearen multimedialen Lernumgebungen kann durch die Verwendung Kohärenz stiftender Mittel, wie Anaphora oder Kataphora (Schnotz, Seufert, & Bannert, 2001; Schnotz & Zink, 1997), der Aufbau von vernetzten Wissensstrukturen beim Lernenden unterstützt werden. Zudem bieten nicht explizierte Beziehungen dem Lernenden Möglichkeiten zur intensiven konstruktiven Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt (Whalley, 1993). In Bezug auf hypermediale Lernumgebungen wird die Annahme vertreten, dass Hypermedien durch ihre netzwerkartige Repräsentation der Informationen über miteinander verbundene Links die aktive und konstruktive Auseinandersetzung mit dem Lerninhalt stattfindet (Cunningham, Duffy, & Knuth, 1993; Jonassen & Grabinger, 1990), die Kohärenzbildung zwischen den Informationen jedoch durch den Lernenden zu erbringen ist. Infolge der vernetzten Struktur der Informationen untereinander werden dem Lernenden vielfältige Verknüpfungen angeboten, die ihm Hinweise auf Zusammenhänge zwischen den Informationsfragmenten geben (Allinson & Hammond, 1999; Whalley, 1993). Dadurch kann er den Lerninhalt aus multiplen Perspektiven wahrnehmen, was nach der Theorie der kognitiven Flexibilität, zukünftig flexiblen Einsatz (Spiro & Jehng, 1990; Spiro et al., 1991) des erworbenen Wissens zu ähnlichen Problemstellungen erwarten lässt. Um Lernenden in hypermedialen Lernumgebungen eine Orientierungshilfe für die Kohärenzbildung zu geben und den Informationszugriff zu erleichtern, wurden unterschiedliche Zugriffstools etwa von Beishuizen et al. (1994), Jacobsen et al. (1995) oder Chou und Lin (1998) untersucht. Unter anderem für „advanced organizer“ in Form navigierbarer „concept-maps“ bestätigen mehrere Studien einen instruktionsunterstützenden Effekt (Müller-Kalthoff & Möller, 2000, 2005; Potelle & Rouet, 2003; Puntambekar, Stylianou, & Hübscher, 2003; Shapiro, 2000; Yeh & Lehman, 2001). Allerdings nicht jeder „organizer“ erleichtert die Navigation und fördert den Wissenserwerb (Nilsson & Mayer, 2002). Es scheint auf dessen Gestaltung anzukommen und in welcher Kombination mit anderen Zugriffstools er angeboten wird.

Motivation: Eine im Kontext multimedialen Lernens postulierte Annahme ist, dass multimediales Lernen durch seine vielfältigen Möglichkeiten dem Lernenden den Lerninhalt darzubieten, ihn zum Lernen anregen kann (Hammond, 1993), d.h., der Lernende nimmt aufgrund der Gestaltung der multimedialen Lernumgebung den Wunsch oder die Absicht wahr, sich bestimmte Inhalte und Fertigkeiten anzueignen (Schiefele, 1996). Motivation wird bei dieser Annahme als Lernmotivation aufgefasst, die sich auf ein aktuelles Merkmal, die Gestaltung einer multimedialen Lernumgebung richtet. Zur Annahme, dass durch multimediales Lernen die Motivation der Lernenden gesteigert werden kann, gibt es eine Reihe Forschungsarbeiten (einen Überblick gibt Astleitner, 2003). Ein motivationsfördernder Faktor scheint der Neuigkeitseffekt zu sein. Dennoch kann er in einigen Studien nicht nachgewiesen werden (Schweizer, Paechter, & Weidenmann, 2003), vor allem dann, wenn die Lernenden ohnehin multimedialem Lernen aufgeschlossen gegenüberstehen. Demnach kann von einer generell motivierenden Wirkung multimedialen Lernens wohl nicht ausgegangen werden. Generell wurde bisher in der kognitiven Lernfor-

schung Lernmotivation meist nicht oder nur marginal als Einflussfaktor auf den Lernerfolg mit berücksichtigt und dies häufig auch nur mit sehr vereinfachten Modellen (Stark, 2000), ohne Berücksichtigung von Kontextfaktoren (Wild, 2000a). Es scheint deshalb weitere Einflussparameter zu geben, beispielsweise in Analogie zum Grundmodell der klassischen Motivationspsychologie (Rheinberg, 2004, p. 70), Personenmerkmale oder weitere Situationsmerkmale aus deren Zusammenwirken die aktuelle Motivation resultiert, die schließlich das entsprechende Lernverhalten anregt. Zudem ist aus der Motivationsforschung bekannt, dass sich die aktuelle Motivation neben dem Lernerfolg auf weitere am Lernprozess beteiligte Prozesse auswirken kann, etwa auf die Lernzeit und die Informationsverarbeitungsressourcen, auf die Selbstregulation der Lernaktivitäten und die eingesetzten Lernstrategien (Schiefele & Rheinberg, 1997). Auch wenn im Kontext multimedialen Lernens zur Rolle der Motivation als mediiender Faktor noch Forschungsbedarf besteht, so kann dennoch davon ausgegangen werden, dass alle Navigationstools bzw. Zugriffstools, die geringe Informationsverarbeitungsressourcen, also geringen cognitive load beim Lernenden verursachen, selbst regulierte Lernaktivitäten und den Einsatz von adäquaten Lernstrategien unterstützen. Sie ermöglichen ihm die Kontrolle und Orientierung innerhalb der multimedialen Lernumgebung und halten so zumindest vorhandene Motivation aufrecht.

Darüber hinaus bieten Instruktionsdesignansätze präskriptive Aussagen an, wie die aktuelle Motivation im Kontext multimedialen Lernens gefördert werden kann. Das ARCS-Modell (Keller, 1983; Keller & Kopp, 1987; Keller & Suzuki, 1988) bietet diese Möglichkeit, indem es vier Strategien, zur gezielten und systematischen Förderung der Lernmotivation beschreibt, dies sind im Einzelnen: (1) die Aufmerksamkeit des Lernenden gewinnen, (2) ihm die Relevanz des Lernthemas aufzeigen, (3) seine Erfolgszuversicht entwickeln und fördern sowie (4) seine Zufriedenheit während des Lernens gewährleisten. Umsetzungen dieser Strategien zeigten zwar einerseits, dass die Motivation durch den Einsatz der vier Strategien verbessert werden kann, jedoch nur für bestimmte Lernende konnten für die motivierenden Maßnahmen auch Wirkungen auf den Lernerfolg festgestellt werden (Astleitner & Hufnagl, 2003).

Kollaboratives Lernen: Kollaboratives bzw. kooperatives Lernen (eine Begriffsabgrenzung findet sich bei Niegemann et. al. (2008) ermöglicht soziales Lernen in Gruppen mittels Unterstützung durch die multimediale Lernumgebung und verbindet Lernende über zeitliche und räumliche Grenzen hinweg. Dadurch können Lernende an unterschiedlichen Orten und zumindest teilweise verschiedenen Zeiten an einer gemeinsamen Aufgabe oder an einem gemeinsamen Lernziel arbeiten. Sie nutzen die multimediale Lernumgebung dazu, miteinander zu kommunizieren, ihr Lernen zu planen, zu koordinieren und zu organisieren oder Wissen und Teilergebnisse auszutauschen. Werden Gruppenbildungsprozesse, Kommunikations- und Lernorganisationsprozesse sowie Lernprozesse und der Wissensaustausch unter den Gruppenmitgliedern durch die multimediale Lern-

umgebung unterstützt, kann kollaboratives Lernen erfolgreich sein (Slavin, 1995). Dies ist jedoch nur dann der Fall, wenn auch die Nutzung der angebotenen Navigationstools möglichst wenige kognitive Ressourcen in Anspruch nimmt, damit die Lernenden diese primär auf die Lösung der Lernaufgabe konzentrieren können (Lauer et al., 2006). Insbesondere asynchrone Lerntools scheinen diesen Anspruch zu erfüllen (Ocker & Yaverbaum, 2001). Auch Teilautomatisierungen von Prozessen haben sich als vorteilhaft erwiesen (McGrath & Prinz, 2001).

5.4. Zusammenfassung

Ausgehend von den spezifischen Lernvoraussetzungen, den kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden sollte es das Ziel der Gestaltung computergestützter multimedialer Lernumgebungen sein, Instruktion und Usability sowie die äußeren Lernbedingungen so zu arrangieren, dass zielorientiertes, vertiefendes Lernen gefördert und ermöglicht wird. Um dieses Ziel zu erreichen, sind verschiedene Formen instruktionaler Unterstützung entwickelt worden, vom systematisch aktiven Lernen bis hin zu problembasiert entdeckendem Lernen, dessen Einsatz sich am Lernziel und Fähigkeitsniveau des Lernenden orientieren sollte. Es werden in der Literatur verschiedene instruktionale Gründe für den Einsatz multimedialen Lernens angegeben. Die Förderung von kontextgebundenem Wissen in einer flexiblen und kohärenten Wissensstruktur soll in multimedialen Lernumgebungen dadurch erreicht werden, dass sie Lernenden flexible Zugriffsmöglichkeiten auf die präsentierten Lerninhalte anbietet, die es dem Lernenden ermöglicht, den Lerninhalt aus verschiedenen Perspektiven zu explorieren. Allerdings ist dieses Potenzial von multimedialen Lernumgebungen fraglich, da „cognitive overhead“ und Desorientierung, die Folge erhöhter kognitiver Anforderungen an die Lernenden sein können. Sie müssen ihren Wissenserwerb selbst planen, parallel Navigationsentscheidungen treffen, diese ausführen und das ausgewählte Wissen miteinander zu einem kohärenten mentalen Modell des Lernthemas verbinden, Lücken im themenspezifischen mentalen Modell identifizieren und wiederum neue Navigationsentscheidungen treffen, um sukzessive das themenspezifische mentale Modell zu verbessern. Gerade Lernenden mit wenig themenspezifischen Vorwissen ist es ohne zusätzliche instruktionale Unterstützung häufig nicht möglich, das postulierte Potenzial multimedialen Lernens auszuschöpfen.

Neben der instruktionalen Gestaltung bestimmen die angebotenen Zugriffsmöglichkeiten den Grad der Interaktionsfreiheit für den Lernenden. Dieser kann auf einem Kontinuum zwischen niedriger und hoher Interaktionsfreiheit variieren. Multimediale Lernumgebungen, die geringe Interaktionsfreiheit anbieten, sind meist linear strukturiert und präsentieren die Lerninhalte in einer festgelegten Reihenfolge. „Drill- & practice“-Programme sind ein Beispiel für diese Interaktionsform. Multimediale Lernumgebungen können aber auch große Interaktionsfreiheit dem Lernenden anbieten, in denen er die Auswahl und die

Reihenfolge der rezipierten Lerninhalte selbst bestimmt, wie beispielsweise in hypermedialen Lernumgebungen. Im Argument der Selbstregulierung der eigenen Lernaktivitäten wird eines der Potenziale multimedialen Lernens gesehen. Der Lernende kann entsprechend seiner eigenen Präferenzen das Lernmaterial nutzen und seinen Lernweg planen und umsetzen. Jedoch Lernenden mit wenig Erfahrung im Umgang mit selbstregulierten Lernprozess fehlen möglicherweise Lernstrategien, um erfolgreich mit der angebotenen Interaktionsfreiheit umgehen zu können. Bisher ist wenig erforscht, welche Lernstrategien zur Unterstützung von multimedialen Lernprozessen erforderlich sind und wie fehlende Strategien entwickelt werden können, bzw. wenn sie latent vorhanden sind, Lernende ermutigt werden diese einzusetzen. Es fällt deshalb zum jetzigen Zeitpunkt schwer, abgesehen zur Wirkungsweise von „prompts“, Hinweise zur instruktionalen Unterstützung beim Erwerb und beim Einsatz metakognitiver Strategien aus der aktuellen Forschungslage abzuleiten, da fundierte empirische Studien (fast) ausschließlich zur lernunterstützenden Wirkung von „prompts“ vorliegen.

Hinzu kommt, fehlen dem Lernenden computer- und hypermediabezogenes Vorwissen, kann auch aus diesem Mangel „cognitive overhead“ und Desorientierung resultieren, die die Effektivität selbstregulierter Lernaktivitäten einschränken. Zu den Wirkungsweisen von computer- und hypermediabezogenem Vorwissen gibt es derzeit eine dünne Forschungslage. Sie lässt bisher keine stringenten Rückschlüsse zu, wie Desorientierung und „cognitive overhead“ mit computer- und hypermediabezogenes Vorwissen zusammenhängen, ganz abgesehen von ihren Wirkungen auf den Lernerfolg unterstützende Faktoren, wie etwa die Motivation beim multimedialen Lernen.

Trotz weniger empirisch belegter Gestaltungsempfehlungen lohnt sich der Versuch den Grad der Interaktionsfreiheit, am themenbezogenen sowie am computernutzungsbezogenen Vorwissen und an den Fähig- und Fertigkeiten der Lernenden zu orientieren und entsprechend dynamisch bei ansteigendem Vorwissen anzupassen. So können die negativen Folgen unangemessener Instruktions- und Navigationsgestaltung, wie Desorientierung oder „cognitive overhead“ gemindert werden.

6. AKTUELLER FORSCHUNGSSTAND ZUM THEMA NAVIGATIONSUSABILITY & MULTIMEDIALES LERNEN

Für das Design multimedialer Lernangebote spielen instruktionale Aspekte ebenso eine Rolle, wie die Auswahl, die Kombination und die Gestaltung der Zugriffstools auf die Lerninhalte. Ziel des Interaktionsdesigns multimedialer Lernumgebungen ist ein möglichst einfacher, übersichtlicher, zielführender und an die Bedürfnisse der Lernenden angepasster Informationszugriff, der den Lernprozess unterstützt. In diesem Kontext wurde eine wachsende Anzahl an Studien durchgeführt. Sie untersuchen mit einer Fülle von Variablen die Auswirkungen von Navigation und Orientierung auf effektives und effizientes Lernen. Die häufigsten unabhängigen Variablen sind u. a. Merkmale der Lernenden, Merkmale der Lernaufgabe und Merkmale des Lernthemas sowie systemorientierte Fragestellungen. In den Studien erfolgte entweder eine Variation einzelner Merkmale oder Lernende wurden nach ihren Fähigkeiten gruppiert. Als abhängige leistungsbezogene Variablen wurden u. a. Lernerfolg oder mentale Beanspruchung erhoben. In einigen Studien wurden zudem Motivation, Akzeptanz und Nutzungsverhalten erfasst.

Um die Vielzahl der einzelnen empirischen Studien zur Informationssuche und zum Informationszugriff strukturieren zu können, bietet das Tetraedermodell von Bransford (1989) und Jenkins (1979) an. Es postuliert Aufgabenmerkmale, Lernendenmerkmale und Merkmale der Technologie, im Kontext multimedialen Lernens, speziell Merkmale der multimedialen Lernumgebung, die die Interaktionen beim multimedialen Lernen beeinflussen. An diesen drei Merkmalen orientiert sich die folgende Darstellung der empirischen Ergebnisse.

1. **Aufgabenmerkmale:** Lernaufgaben formulieren das Lernziel und dadurch die Anforderungen an den Lernenden.
2. **Lernendenmerkmale:** Sie umfassen differenzielle Fähigkeiten sowie Fertigkeiten des Lernenden, zu denen u. a. auch das räumliche Vorstellungsvermögen gehört. Daneben sind domänenspezifisches und das computer- sowie hypermediabezogenes Vorwissen wesentliche Lernendenmerkmale. Auch metakognitive Strategien und die Lernmotivation charakterisieren nach dem Tetraedermodell den Lernenden.
3. **Merkmale der multimedialen Lernumgebung:** Im Tetraedermodell wird zwischen Lernmaterialien und Lernmethoden, die die Merkmale der Lernumgebung bestimmen, unterschieden. Bezüglich der Informationssuche und des Informationszugriffs liegt der Fokus ausschließlich auf dem Zugriff auf die Lernmaterialien. Dieser ist bestimmt durch die Art bzw. Strukturierung und Gestaltung der Zugriffstools.

Alle drei Merkmale beeinflussen das Navigationsverhalten bzw. den Navigationsprozess. Es scheint deshalb erfolgversprechend, die Auswirkungen verschiedener Zugriffstools

auf den Lernprozess festzustellen. Eine kleine Anzahl von Studien erfasst das Navigationsverhalten von Lernenden mit multimedialen Angeboten systematisch. Sie sollen hier unter:

4. **Merkmale des Navigationsprozesses** vorgestellt werden.

6.1. Studien zu Aufgabenmerkmalen

Lernaufgaben sind ein wesentlicher Aspekt des Lernprozesses. Sie können zur Aktivierung des Vorwissens eingesetzt werden, zur Förderung des Wissenserwerbs, zur Selbstregulation des Lernprozesses und zur Selbstüberwachung (Körndle, Narciss, & Proske, 2004). Lernaufgaben geben Lernaktivitäten einen Rahmen, regen Steuerungs- und Organisationsprozesse während des Wissenserwerbs an und ermöglichen dem Lernenden dadurch seine Lernprozesse auf ein Ziel auszurichten. Sie führen zu einem individuellen Lernergebnis, an dem auch die Lernfortschritte ablesbar sind (Seel, 1981). Lernaufgaben werden entweder vom Lehrenden bzw. der multimedialen Lernumgebung oder vom Lernenden selbst anhand bestimmter Zielvorstellungen generiert. Sie sollten auf seinem Vorwissen aufbauen und stehen in engem Zusammenhang mit dem Wissen sowie den Fähigkeiten und Fertigkeiten, die er erwerben soll oder erwerben will. Zudem enthalten Lernaufgaben meist Annahmen darüber, welche kognitiven Operationen erforderlich sind, aktiviert oder neu erworben werden müssen, um die Lernaufgabe lösen zu können. Die Lösung der Lernaufgabe ist abhängig vom Weltwissen des Lernenden, seinem Strategiewissen, seiner Motivation sowie seinen persönlichen Erfahrungen. Eine Lernaufgabe wirkt nach Astleitner (1997) nicht global auf den Lernprozess, sondern aufgrund spezieller Merkmale. Er untersuchte die Aufgabenmerkmale „Komplexität“, „Spezifität“, „Fokussiertheit“, „Pfadlänge“ und „Zugänglichkeit“. Mit Komplexität bezeichnet er die Anzahl von Begriffen, die sich aus der Aufgabenstellung ergeben. Spezifität bezieht sich auf die „Offenheit“ bzw. „Geschlossenheit der Aufgabe“. Unter Fokussiertheit fasst er die Bestimmbarkeit des Begriffskontextes zusammen. Je begrenzter der Kontext ist, desto leichter fällt der Einstieg in das Hypermedianetz. Die Pfadlänge bezeichnet die Anzahl der Knoten, die zur Lösung der Aufgabe aufgerufen werden müssen, wohingegen die Zugänglichkeit die Schwierigkeit betrifft, den richtigen Pfad für die Lösung der Aufgabe zu finden. In Asleitners (1997) Untersuchungen zeigte sich, dass für Lernende eine Lernaufgabe um so schwieriger war, je weniger begrenzt sie war (Spezifität). Zudem war eine Aufgabe schwer, wenn es den Lernenden schwerfiel, einen geeigneten Einstieg in das Hypermedianetz zu finden (Fokussiertheit) oder sie viele Informationsknoten (Pfadlänge) aufrufen mussten, um die Lösung der Aufgabe zu erreichen. In solchen Fällen konnte Astleitner (1997) auch häufiger Desorientierung feststellen. Eine Lernaufgabe ist jedoch auch dann schwer für den Lernenden zu lösen, wenn sie sehr spezifisch ist und die multimediale Lernumgebung nur wenige Informationen zu deren Lösung zur Verfügung stellt.

Darüber hinaus ist die erfolgreiche Aufgabenlösung auch von der inhaltlichen und didaktischen Gestaltung der multimedialen Lernumgebung abhängig sowie von der Gestaltung der Zugriffsmöglichkeiten auf die Lerninhalte. Sie müssen so arrangiert sein, dass effektives, effizientes, zufriedenstellendes und damit zielorientiertes Lernen möglich ist. Obwohl die Bedeutung von Lernaufgaben für den Wissenserwerb und auch für die Selbstregulation beim multimedialen Lernen von Bedeutung ist, wird in der Forschung teilweise noch immer die Frage vernachlässigt, ob bestimmte Zugriffstools für verschiedene Aufgaben gleich gut geeignet sind.

Die Nutzung von Navigations- und Orientierungsmitteln ist nach Unz (2000, 9) abhängig von Aufgabenfaktoren. Sie untersuchte die Aufgabentypen „Zusammenfassung“ und „Ausarbeitung“ und stellte fest, dass die Nutzung des Orientierungstools „Überblickskarten“, in der Treatmentgruppe häufiger erfolgte, als in der Gruppe Ausarbeitung (Unz, 2000). Auch in den Untersuchungen von Dee Lucas (1996), Jonassen und Wang (1993), Lai und Waugh (1995), Keventhal et al. (1994a), Samarapungavan und Beishuizen (1994b) sowie Minetou, Chen und Liu (2008) zeigten die Lernenden einen unterschiedlichen Umgang mit den angebotenen Navigations- und Orientierungsmitteln. Unz (2000, 11) konnte ebenso wie Dee-Lucas (1996) nachweisen, dass zunehmender Umgang und Übung mit dem Medium das Navigationsverhalten verbesserte und sich an die Erfordernisse der Aufgabe anpasste.

6.2. Studien zu Lernendenmerkmalen

Lernende unterscheiden sich in Lernsituationen nicht nur durch ihre spezifischen Eigenschaften, wie kognitive und metakognitive Fähig- und Fertigkeiten, ihre Motivation die Lernaufgabe zu lösen und diese Motivation während des Lösungsprozesses aufrecht zu erhalten, sondern auch in ihren Handlungen (Bandura, 1986). Während eines Lernprozesses müssen Lernende vielfältige Lernhandlungen bewältigen. Sie müssen u. a. Informationen aus der multimedialen Lernumgebung auswählen, sie unter Berücksichtigung ihres themenspezifischen Vorwissens bewerten, organisieren und mit dem bereits vorhandenen Wissen integrieren. Mit jeder Entscheidung darüber, welche Informationen zum Lernziel führen und mit welchen Informationen sie sich zukünftig beschäftigen wollen, steuern sie ihr eigenes Lernen, kontrollieren und verantworten sie ihren eigenen Wissens- und Fertigkeitserwerb (Zimmermann, 1989). Diese Entscheidungs-, Kontroll- und Lernprozesse beeinflussen die Motivation und die Einstellung gegenüber der gestellten Aufgabe. Es sind intrinsische und extrinsische Zielorientierungen, Bewertungen und Erwartungen gegenüber der Aufgabe und dem Lernziel, die mit darüber entscheiden, wie viel Lernaufwand für das Lösen der Aufgabe aufgewendet werden soll und wie lange die Beschäftigung andauert.

6.2.1. Differenzielle Aspekte

Lernen ist, auf einer sehr allgemeinen Ebene betrachtet, abhängig von der Intelligenz des Lernenden. Deshalb richten einige Studien ihren Fokus auf spezielle Aspekte der Intelligenz, wie schulische Fertigkeiten (Beasley & Waugh, 1995) oder akademische Fertigkeiten (Chang & McDaniel, 1995). Allerdings kommen diese Studien zu unterschiedlichen Ergebnissen und liefern keine klaren Hinweise bezüglich ihrer Bedeutung auf die Informationssuche und auf den Informationszugriff beim multimedialen Lernen. Weitere untersuchte differenzielle Aspekte von Intelligenz sind kognitive Stile. Sie sind relativ intelligenzverwandte Fähigkeiten. Ein kognitiver Stil wird als verhältnismäßig stabiler „trait“ angenommen. Ein „trait“ bezeichnet sich auf individuelle Vorlieben bezüglich der Art und Weise, wie Informationen erworben, verarbeitet und gespeichert werden. Im Hinblick auf kognitive Stile ist die Forschungslage uneinheitlich. Einige Studien (Beishuizen, Stoutjesdijk, & van Putten, 1994; Small & Grabowski, 1992) fanden keinen Einfluss des kognitiven Stils auf die Informationssuche. Korthauer und Koubeck (1994), Lee und Lehmann (1993) sowie Chen und Macedie (2002) bzw. Ford und Chen (2000) oder Liegle und Janicki (2006) konnten in ihren Studien zeigen, dass die Feldab- bzw. Feldunabhängigkeit die Informationssuche und den Wissenserwerb beeinflussen. Feldabhängige Personen überwachen in höherem Maße als feldunabhängige Personen ihre Informationsverarbeitungsprozesse unter Nutzung von Lernstrategien. Sie können leichter Muster wahrnehmen und analysieren, erkennen wichtige Details und können diese aus dem Muster herauslösen.

Ein Grund für die widersprüchlichen Ergebnisse könnte sein, dass nicht klar ist, ob das konkrete Verhalten eine Folge des stabilen „traits“ ist oder eine Folge situationsspezifisch angepasstem Verhaltens.

Andere Aspekte der Intelligenz scheinen die Informationssuche und den Informationszugriff beim multimedialen Lernen stärker zu beeinflussen. So wurde der Einfluss von räumlicher Intelligenz bzw. räumlich-visueller Fähigkeiten auf die Informationssuche und den Informationszugriff (Wenger & Payne, 1994) ebenso belegt, wie für die logisch-abstrakte Intelligenz, bzw. logisch-abstrakte Fähigkeiten, wie dem schlussfolgernden Denken (Cove & Walsh, 1988; Marchionini, 1995). Dowing, Moore und Brown (2005) fanden zudem einen Zusammenhang zwischen räumlich-visuellen Fähigkeiten und dem Vorwissen eines Lernenden. Je geringer das Vorwissen und die räumlich-visuellen Fähigkeiten von Lernenden sind, desto schlechter schnitten sie bei der Informationssuche ab.

Verbale Fähigkeiten hingegen sind bisher wenig untersucht. In einer Studie von Reynolds und Danserau (1990) hatten sie keinen Einfluss auf das Lernen mit computergestützten Informationssystemen. In einer späteren Studie von Reynolds et. al. (1991) erzielten Lernende mit hoher verbaler Intelligenz bessere Lernleitungen. Der Einfluss verbaler Fähigkeiten sollte zukünftig genauer untersucht werden, zumal in der bisherigen Forschung

keine Zusammenhänge zu Desorientierung und „cognitive overhead“ dargestellt wurden, obwohl es sich um zwei zentrale Probleme beim Lernen mit Hypermedien handelt. Wird die „cognitive load“ Theorie in die Überlegungen zu den Auswirkungen ausgeprägter verbaler Fähigkeiten auf den Wissenserwerb mit einbezogen, ist ein Einfluss des „cognitive overhead“ denkbar. Lernende erwerben ihr Wissen häufig aus verbal-auditivem Material oder aus Textmaterial und nutzen zur Informationssuche auf Text basierende Zugriffstools, wie Links oder „maps“. Ausgeprägte verbale Fähigkeiten könnten sich vermindern auf die Höhe des „extraneous cognitive load“ auswirken und dadurch den Wissenserwerb erleichtern.

Jeder Lernende hat eine individuelle Gedächtnisspanne seines Arbeitsgedächtnisses. Sie hängt davon ab, wie schnell die dargebotenen Informationen über die Sinnesorgane erfasst und innerlich nachgesprochen werden können. Unter Rückgriff auf das Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley und die „cognitive load“ Theorie könnte der im Kontext multimedialen Lernens festgestellte „cognitive overhead“, eine Folge zu großer Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis sein. Einige empirische Studien fokussieren auf die individuelle Belastung des Arbeitsgedächtnisses. So stellten Naumann (2004) sowie De Stefano und LeFevre (2007) einen Zusammenhang von individueller Arbeitsgedächtnisbelastung und Interaktion mit der multimedialen Lernumgebung fest. Weiterhin zeigte sich, dass eine zu große Anzahl von Links pro Informationsknoten, die auf weitere wichtige Informationsknoten im Lernmedium verweisen, zu erhöhter kognitiver Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses führen kann (Zhu, 1999). Zudem wurden längere Suchzeiten festgestellt, wenn eine große Anzahl weiterer Informationsknoten mit dem Ausgangsknoten verbunden war (Parush et al., 2005). Zwar wurde in den Studien „cognitive overhead“ festgestellt, dennoch werden die Ergebnisse nicht in Zusammenhang zur „cognitive load“ Theorie gesetzt, sodass die Ursachen für den festgestellten „cognitive overhead“ nicht weiter differenziert werden können.

6.2.2. Metakognitive und selbstregulatorische Fähigkeiten

Lernen bedeutet Wissenserwerb. Dieser kann plan- und ziellos verlaufen, z. B. allein motiviert durch das Handeln und durch das sich Auseinandersetzen mit einem interessierenden Sachverhalt. Meist jedoch ist Lernen geplant, kontrolliert und durch den gezielten Einsatz kognitiver Strategien charakterisiert. Lernende reflektieren über ihren Wissenserwerb, über ihre eigenen Denkprozesse, ihr Handeln, ihre eingesetzten kognitiven Strategien und regulieren so ihren Lernprozess. Phänomene, Aktivitäten und Erfahrungen, die es einem Lernenden ermöglichen, sein Wissen zu reflektieren und seinen Wissenserwerb zu steuern und zu regulieren, zählen zu den metakognitiven Strategien (Hasselhorn & Gold, 2006). Jedoch nutzen Lernende metakognitive Strategien nicht immer angemessen, vielmehr scheinen sie dazu zu tendieren, nur jene einzusetzen, die sie gewohnt sind oder jene, die sie einfach handhaben können (McKnight, Richardson, & Dillon, 1990). Aller-

dings unterstützen nicht immer die gewohnten oder die einfach zu bedienenden Navigationstools optimal den Lernprozess (Minetou, Chen, & Liu, 2008). Deshalb profitieren von hypermedialen Lernumgebungen vor allem jene Lernende, die ausgeprägte und adäquate selbstregulatorische Fähigkeiten nutzen (Azevedo, 2005; Schwartz et al., 2004; Zimmermann, 1989). Lernende, die nicht über umfangreiche metakognitive Strategien verfügen, fällt die Selbstregulation ihrer Lernprozesse schwerer. Es scheint deshalb sinnvoll die Anwendung metakognitiver Fähigkeiten instruktional zu unterstützen. In einigen Studien haben sich u. a., strukturierende Hinweise („structural cues“) (Shapiro & Niederhauser, 2004; Shapiro, 2000) oder „navigational-prompts“ (Bannert, 2006; Puntambekar & Stylianou, 2005) bewährt. Lernende werden durch „prompts“ beispielsweise dazu ermutigt, über ihre Lernziele nachzudenken und ihre Navigationsstrategien an ihnen zu orientieren oder sie weisen auf verfügbare Tools hin, die die Zielerreichung unterstützen könnten. Lernende mit geringeren metakognitiven Fähigkeiten können zudem von linearen multimedialen Lernumgebungen profitieren, da diese keine ausgeprägten selbstregulatorischen Fähigkeiten verlangen.

In der Untersuchung von Scott und Schwarz (2007) zeigte sich, dass metakognitive Fähigkeiten die Toolnutzung beeinflussen können. Lernende mit hohen metakognitiven Fähigkeiten erzielten bessere Lernleistungen, wenn sie mit einer Navigationsmappe arbeiteten, die sowohl semantische als auch räumliche Verknüpfungen zwischen den Inhalten visualisierte, hingegen Lernende mit niedrigen metakognitiven Strategien reichte eine räumliche Mappe. Demnach scheint es entgegen dem „expertise reversal effect“ (siehe Kap. 4.1.5) nicht so zu sein, dass mit zunehmender metakognitiver Expertise Navigationsunterstützung entfallen kann, sondern in komplexen multimedialen Lernumgebungen um die Ebene der Visualisierung semantischer Zusammenhänge zwischen den Inhalten erweitert werden sollte, um ein tieferes Verständnis des Lerninhaltes und einen effizienteren Informationszugriff auf den Lerninhalt zu ermöglichen.

6.2.3. Vorwissen und Erfahrung

Expertise bzw. domänenspezifisches Vorwissen ist ein entscheidender Faktor beim Lernen. Sachexpertise bezieht sich auf themenbezogene Fähigkeiten, Fertigkeiten und themenbezogenes Wissen über das der Lernende verfügt, bevor er mit der multimedialen Lernumgebung zu lernen beginnt und versucht sein Wissen zu erweitern. Lernenden hilft Sachexpertise, Aufgaben und Probleme schnell und effizient zu lösen. Experten können im Gegensatz zu Laien bei einer Problemlösung auf umfangreiches Sachwissen, in Form von deklarativem und prozeduralem themenbezogenen Wissen aufbauen (Ward & Sweller, 1990). Sie konzentrieren sich auf strukturelle Merkmale des Problems (Chi, Feltovich, & Glaser, 1981; Chi, Glaser, & Farr, 1988), erinnern sich an Problemlösungen ähnlicher Probleme (Greeno, 1978), nutzen spezifische Problemlösestrategien und erkennen Problemmuster (Larkin, 1981). Einen Überblick über die Unterschiede zwischen Experten

und Laien geben Chi, Glaser und Farr (1988). Nicht unerwartet interagieren in Studien Experten im Gegensatz zu Laien gezielter und effektiver mit elektronischen Informationsquellen und gelangen zu besseren Ergebnissen (Carmel, Craford, & Chen, 1992; Davidson-Shivers et al., 1999; Jones, Farris, & Johnson, 2005; Lawless & Kulikowich, 1998; Marchionini, 1995; Shin, Schallert, & Savenye, 1994). Das Vorwissen beeinflusst zudem, welche Arten von Zugriffstools effektiv und lernwirksam sind (Last, O'Donnell, & Kelly, 2001; McDonald & Stevenson, 1998). Menüs scheinen Lernende mit hohem domainspezifischen Wissen zwar nicht beim Lernen zu behindern, effektiver arbeiten sie jedoch mit Browsern und Suchtools (Farrell & Moore, 2001) oder mit alphabetischen Listen (Minetou, Chen, & Liu, 2008). Farrell und Moore (2001) untersuchten verschiedene Zugriffstools, lineares Menü, Hauptmenü und Suchfunktion. Sie konnten feststellen, dass eine Suchfunktion vor allem von Lernenden genutzt wurde, die über umfangreiches Vorwissen verfügten. Lineare oder hierarchische Menüs unterstützen hingegen vor allem Lernende mit wenig Vorwissen (McDonald & Stevenson, 1996; Müller-Kalthoff & Möller, 2000; Nilsson & Mayer, 2002; Potelle & Rouet, 2003; Shapiro, 2000; Tumpower & Goldsmith, 2004). Sie erfordern wenig Selbststeuerung bei der Auswahl relevanter Lerninhalte (Salmeron et al., 2005). Zur Navigation von einem Lernthema zum nächsten erwies sich ein Menü für Lernende mit geringen Vorwissen als hilfreich und zudem eine Fortbewegung innerhalb eines Themas über das Anklicken eines Vor- und Rückwärtsbuttons mit der Computermaus (Farrell & Moore, 2001; Williams, 1996), Hyperlinks oder hierarchischen Karten (Minetou, Chen, & Liu, 2008). Im Gegensatz zur linearen oder hierarchischen Strukturierung scheint eine Netzwerkstruktur der multimedialen Lernumgebung Lernende mit wenig thematischen Vorwissen zu überfordern (Hofman & van Oostendorp, 1999).

Auch die Computernutzungsexpertise und Expertise im Umgang mit Hypermedien beeinflusst neben der Sachexpertise multimediales Lernen. Computernutzungsexpertise bezieht sich auf Fähigkeiten und Fertigkeiten im Umgang mit dem Computer, z. B. der Nutzung von Maus, Tastatur, dem Starten eines Programms über den Desktop. Erfahrungen in der Nutzung von Hypertext beziehen sich z. B. auf Kenntnisse und Erwartungen über dessen Struktur (netzwerkartig, linear, ringförmig, sternförmig) und Navigationsoptionen (Menüs, „maps“, Links, Suchoptionen). Der in der Forschungsliteratur teilweise verwendete Begriff „computer literacy“ bezieht sich meist auf beide Expertisearten, die Computernutzungsexpertise und die Expertise im Umgang mit Hypermedien. Astleitner (1997) verwendet statt „computer literacy“ den Begriff „information literacy“. Im Gegensatz zur Sachexpertise zeigen die Studien zur Expertise bei Computernutzung und Hypermedianutzung ein uneinheitliches Bild. Einige Studien finden Zusammenhänge zwischen verschiedenen Arten der Computererfahrung und dem Navigationsverhalten (Brinkerhoff, Klein, & Koroghlanian, 2001; Otter & Johnson, 2000; Reed & Giessler, 1995; Su & Klein, 2006), insbesondere der Sucherfahrung und den von den Lernenden angewendeten Suchmustern (Qiu, 1993b) sowie der Leistung, die aus erfolgreicher Suche

resultierte (Korthauer & Koubek, 1994). Andere Studien konnten keinen Einfluss der Computer- bzw. Hypertextexpertise auf die Interaktion mit dem Medium und den erzielten Ergebnissen feststellen (Jones, 1989; Qiu, 1993a). Dennoch eine zunehmende Anzahl an Studien findet einen Zusammenhang zwischen Computer- bzw. Hypermediaexpertise und adäquater Nutzung von Navigationstools sowie dem Navigationsverhalten der Lernenden (Minetou, Chen, & Liu, 2008). Es scheint sicher, dass sowohl Computer- als auch Hypermediaexpertise vom Lernenden im Umgang mit multimedialen Angeboten sukzessive erworben werden müssen (Large, 1996). Marchionini (1995) stellte als Ergebnis seiner Studien fest, dass Computer- und Hypertextnutzungsexpertise weniger wichtig zu sein scheint als Sachexpertise. Lernende fanden auch dann die Informationen, die sie suchten, wenn sie „nur“ einfache Strategien zur Informationssuche anwendeten. Marchionini (1995) trifft in seinen Studien keine Aussage darüber, ob die Lerneffizienz durch die angewendeten Suchstrategien beeinflusst wurde. Spätere Studien zeigten jedoch diesbezüglich, dass umfangreiche Computernutzungsexpertise und Hypermediaexpertise es Lernenden ermöglichte, in größerem Umfang adäquate Optionen anzuwählen, das Lernmaterial gezielter zu nutzen und bessere Lernergebnisse zu erzielen (Large, 1996).

6.2.4. Motivationale Faktoren und Einstellungen

Neben kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten sind es motivationale Faktoren die den Lernverlauf und das Lernergebnis beeinflussen (Astleitner, 1997; Heller, 1990; Pintrich & Garcia, 1993; Zimmermann & Martinez-Pons, 1990). Motivation ist kein konstanter Faktor, der über den gesamten Lernprozess gleich bleibt, vielmehr ändert sich die Motivation während des Lernprozesses (Small & Grabowski, 1992). Sie hängt u. a. von den Erwartungen gegenüber dem Lerngegenstand, dem Interesse und der eigenen wahrgenommenen Kompetenz ab (Friedrich & Mandl, 1992). Je nachdem, wie hoch der Informationswert für den Lernenden ist, und ob er sich fähig fühlt mit dem Lernmedium angemessen umzugehen, und er sich darüber hinaus kompetent genug fühlt das Lernmaterial adäquat zu bearbeiten und zu verstehen, wird er mit hoher Motivation sein Lernen beginnen und weiterführen. Erlebt er sich hingegen als wenig kompetent und beurteilt den Lerninhalt als wenig interessant, wird auch seine Motivation während des Lernprozesses eher gering sein. Allerdings macht er mit Fortschreiten des Lernprozesses die Erfahrung, dass der Lerninhalt interessant ist und er mit ihm kompetent umgehen kann, wird seine Motivation ansteigen, da Interesse, Selbstwirksamkeitserwartung und Motive zusammenzuhängen scheinen (Krapp, 1992; Pintrich & Garcia, 1993; Zimmermann & Martinez-Pons, 1990). Deshalb ist auch nicht verwunderlich, dass sich mittlere und hohe Kontrollüberzeugungen als wirksam auf den Wissenserwerb und das Navigationsverhaltens erwiesen haben, also Überzeugungen der Lernenden, dass multimediale Lernprozesse im Prinzip kontrollierbar und steuerbar sind (Pökl, 2005). Sie sind die Voraussetzung für eine positive Selbstwirksamkeitserwartung, die dem Lernenden das Gefühl vermittelt,

kompetent im Umgang mit der multimedialen Lernumgebung zu sein und seine Lernprozesse gezielt kontrollieren und steuern zu können.

6.2.5. Geschlecht

Lernende unterscheiden sich nicht nur hinsichtlich ihrer kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten, der Motivation und ihren Einstellungen und Interessen sondern auch in ihrem Geschlecht. Da jedoch dieser Faktor mit allen anderen bereits beschriebenen Lernendenmerkmalen konfundiert ist, ist es nicht erstaunlich, dass die Bedeutsamkeit dieses Faktors gering zu sein scheint, denn Studien zeigen widersprüchliche Ergebnisse zur Bedeutsamkeit des Geschlechts (Astleitner, 1997; Beasley & Villa, 1992; Qiu, 1993a1993b; Small & Grabowski, 1992; Weller et al., 1995). Auch neuere Studien können keinen Effekt des Geschlechts nachweisen (Hsu, 2006).

6.3. Studien zu Merkmalen der multimedialen Lernumgebung

6.3.1. Strukturierungsmerkmale

Während Studien zur Navigation und Orientierung einerseits auf die Analyse von Lernendenmerkmalen und Merkmalen der multimedialen Lernumgebung fokussieren, vergleichen andererseits verschiedene Untersuchungen die Strukturierung unterschiedlicher Lernangebote. Dabei lag der Forschungsfokus auf dem Vergleich linearer traditioneller Medien wie etwa einem Buch mit linear multimedialen Medien bzw. nichtlinearen multimedialen Lernumgebungen (Jacobson et al., 1995; McKnight, Richardson, & Dillon, 1990) oder auf dem Vergleich unterschiedlicher Strukturierungsvarianten multimedialer Lernumgebungen, etwa linearer versus vernetzter Strukturierung (Chen & Rada, 1996; Niederhauser et al., 2000; van Nimwegen, Pouw, & van Oostendorp, 1999; Zumbach, Reimann, & Koch, 2001). Diese Studien sollten herausfinden, ob ein untersuchtes Medium bzw. eine Strukturierungsvariante überlegen ist. Nach Unz (2000, 11) lässt sich ein generell erhöhtes Lernpotenzial von Hypertext gegenüber Print-Text nicht belegen und auch die Forschungsergebnisse zum Vergleich unterschiedlicher Strukturierungsvarianten multimedialer Lernumgebungen zeigen ein uneinheitliches Bild. So unterstützt in Niederhausers (2000) Studie die lineare Strukturierung das Lernen besser als die nichtlineare Variante. Hingegen fanden Zumbach und Kollegen (2001) keine Unterschiede in den Lernergebnissen, wenn Lernende mit unterschiedlichen Strukturierungsvarianten lernten. Auch Naumann (2004), die eine lineare Struktur mit einer hierarchischen Hypertextstruktur verglich, konnte keine Unterschiede zwischen den Strukturierungsvarianten finden. Andere Studien stellten nicht lineare Strukturierung Vernetzter gegenüber, sondern verglichen andere Strukturierungsvarianten von Lernumgebungen. In einer Studie von Wright und Lickorich (1990) wurde eine sternförmige Hypertextstruktur mit einer vernetzten Hypertextstruktur hinsichtlich Fehler und Suchzeit zur Beantwortung gestellter

Fragen miteinander verglichen. Sie konnten keine Unterschiede zwischen den Strukturierungsvarianten finden. Schoon und Cafolla (2002) untersuchten lineare, sternförmige und hierarchische Strukturierungsvarianten und fanden hinsichtlich der Navigationseffizienz Unterschiede zugunsten der Sternstruktur und der hierarchischen Struktur. Wird die Genauigkeit in Bezug auf die Beantwortung der gestellten Fragen betrachtet, so fanden sich bei Edwards und Hardman (1989), Cordell (1991) sowie Mohageg (1992), Lai und Waugh (1995) sowie Zumbach (2006) Leistungsunterschiede für verschiedene Arten von Verknüpfungsstrukturen. Auch scheint es Lernenden zu helfen, wenn die zugrundeliegende Struktur der multimedialen Lernumgebung visuell auf der Oberfläche der Lernumgebung expliziert wird (Dee-Lucas, 1996; Simpson & McKnight, 1990). Zhu (1999) weist darauf hin, dass Lernende in seinen Studien überfordert waren, wenn sie sehr viele Links pro Informationsknoten angeboten bekamen, die sie selbstständig strukturieren, priorisieren und filtern mussten.

Diese Forschungsergebnisse legen den Schluss nahe, dass eine lineare oder hierarchische Strukturierung einer multimedialen Lernumgebung nur unter bestimmten Bedingungen bzw. in Abhängigkeit bestimmter Faktoren lernförderlich ist. Einer der Faktoren, die Einfluss darauf haben, welche Art der Strukturierung den Lernprozess am ehesten unterstützt, scheint neben dem Vorwissen, räumlich-visuellen und metakognitiven Fähigkeiten (siehe Kap. 6.2), die Lernaufgabe zu sein. Schnotz und Zink (1997) konnten zeigen, dass Lernende ohne ein spezifisches Lernziel bessere Ergebnisse mit linear strukturierten Texten im Vergleich zu Hypertexten erzielten.

Somit scheint die Art der Leistungsmessung, die Lernaufgabe, die Anzahl der angebotenen Informationen, das Vorwissen des Lernenden und die Art des Navigationsdesigns bzw. dessen Gestaltungsmerkmale Einfluss darauf zu haben, ob die gewählte Art der Strukturierung ihn bei seiner Lernaufgabe adäquat unterstützt.

6.3.2. Gestaltungsmerkmale von Zugriffstools: Maps, Browser, Hot-Words

Neben den Lernendenmerkmalen untersucht eine große Anzahl von Studien Merkmale der Lernumgebung, um festzustellen, welche Design- und Instruktionsfaktoren Lernen unterstützen und den Informationsabruf erleichtern. Mit der Gestaltung und Verbesserung von Merkmalen befassen sich häufig auch Evaluationsstudien. Deren Ziel ist es meist nicht allgemeine Gestaltungsprinzipien zu formulieren, sondern ein konkretes Produkt hinsichtlich seiner Eigenschaften zu analysieren und Vorschläge zu dessen Verbesserung aufzeigen (Burton, Moore, & Holmes, 1995).

6.3.2.1. Systemmerkmale

Studien die unterschiedliche Arten von Menüs, „maps“ oder Browsern miteinander vergleichen, konzentrieren ihren Forschungsfokus darauf, wie Lernen und Informationssuche durch die Gestaltung der untersuchten Tools beeinflusst werden können. Denn es wird davon ausgegangen, dass unterschiedliche Tools, wie „maps“, Browser oder Menüs zu unterschiedlichen Lernergebnissen führen können, ebenso wie unterschiedliche Strukturierungsvarianten eines Zugriffstools. Jedoch fanden mehrere Studien keinen Unterschied in der Lernleistung, wenn die Zugriffstools variiert wurden (Jones, 1989; Schroeder & Grabowski, 1995; Welsh, 1995; Wenger & Payne, 1994; Wright & Lickorish, 1990). Andere berichten Effekte auf die Leistung durch Variation der Zugriffstools (Eliassen et al., 1997; Gay, Tumbull, & Mazur, 1991; Hall, Balestra, & Davis, 2000; Lai & Waugh, 1995; Müller-Kalthoff & Möller, 2005; Naumann, 2004; Puntambekar, Stylianou, & Hübscher, 2003; Reynolds & Dansereau, 1990). Reynolds und Dansereau (1990) konnten durch die Variation der Systemmerkmale neben Effekten auf die Leistung auch Effekte auf die Zufriedenheit feststellen, Beasley und Waugh (1995) und Naumann (2004) sowie Chiu & Wang (2000) sowie Salmeron et al. (2005) auf die Desorientierung.

6.3.2.2. Unterstützung der Instruktion durch advanced organizer als Zugriffstools, strategische Hinweise und Verarbeitungshinweise, mappingtools, Analogien

„Advanced organizer“, strategische Hinweise, „mapping-tools“ oder Analogien untersuchten Beishuizen et al. (1994), Jacobsen et al. (1995), Lee und Lehmann (1993), Reader und Hammond (1994) oder Chou und Lin (1998). Sie konnten in ihren Studien instruktionsunterstützende Wirkungen finden. Insbesondere für „advanced organizer“ in Form navigierbarer „concept-maps“ bestätigen mehrere Studien den instruktionsunterstützenden Effekt (Müller-Kalthoff & Möller, 2000, 2005; Potelle & Rouet, 2003; Puntambekar, Stylianou, & Hübscher, 2003; Shapiro, 2000; Yeh & Lehman, 2001). Allerdings nicht jeder „organizer“ erleichtert die Navigation und fördert den Wissenserwerb. Dies mussten Nilsson und Mayer (2002) feststellen. In ihrer Studie schnitten die Lernenden mit „organizer“ bezüglich der Lernergebnisse schlechter ab, als ohne. Eine Erklärung war, dass sich möglicherweise die lernunterstützenden Wirkungen gegenseitig aufhoben, wenn verschiedene Tools miteinander kombiniert wurden (Nilsson & Mayer, 2002). Zumindest für „advanced organizer“ kombiniert mit visuellen Metaphern mussten diesen Effekt Tripp und Roby (1990) bezüglich der Recall- und Recognitionsleistungen der Lernenden feststellen. Atkinson und Renkl (2007) untersuchten interaktive Elemente, wie „gaps“, „prompts“ und „help devices“. Sie konnten zumindest für „worked examples“ eine instruktionsfördernde Wirkung der untersuchten Zugriffstools finden, wenn sie direkt helfen, das Lernziel zu erreichen. „Prompts“ haben sich auch in einer Studie von Bannert (2006) als lernförderlich herausgestellt, da sie zielorientiertes Lernen unterstützen. Des

Weiteren erwiesen sich „pop-up“ Fenster als lernförderlich, sofern sie auf lernaufgabenrelevante Informationen hinweisen (Cress & Knabel, 2003). Jedoch berichteten die Teilnehmer in einer Studie von Stark (1990) eine hohe Arbeitsgedächtnisbelastung, wenn „pop-up“ Fenster für die Präsentation von Lerninhalten verwendet wurden. Lernunterstützende Einsatzbedingungen für „pop-up“ Fenster lassen sich aus diesen beiden Studien nicht ableiten. Es ist weitere Forschung erforderlich, um festzustellen, bei welchen Lernvoraussetzungen und bei welchen Strukturierungsvarianten multimedialer Lernumgebungen der Einsatz von „pop-up“ Fenstern lernförderlich ist. Eventuell verspricht dieses Zugriffstool auch Potenzial zur Unterstützung metakognitiver Strategien. Beispielsweise könnten „pop-up“ Fenster eingesetzt werden, um dem Lernenden die metakognitive Überwachung zu erleichtern. Sie könnten ihm aufzuzeigen, welches Lernziel er hat, welche Informationsknoten er bereits besuchte und welche Lücken in seinem Wissen noch bestehen. Darüber hinaus wären Empfehlungen denkbar, welche Informationsknoten der multimedialen Lernumgebung für ihn noch relevant wären.

6.3.2.3. Design der Zugriffstools

Neben der Art der Zugriffstools spielt auch das Design eine Rolle. Das Menü- bzw. „map“-Design von hypermedialen Lernumgebungen kann stark variieren. Einige Lernumgebungen bieten sehr breite Menüformen an, bei denen Lernende direkt den gewünschten Lerninhalt auswählen können andere offerieren verschiedene Menülevels, die das Menü hierarchisieren. Erst über die Auswahl eines Inhaltsaspektes auf dem ersten Level können anschließend tiefer liegende Informationen aus dem nächsten Menülevel angewählt werden. Während in Yu und Rohs (2002) Studien breite „pull-down“-Menüs, welche die Sichtbarkeit weiterführender Inhalte unterer Menülevel gewährleisteten, sich als förderlich für die Suchschnelligkeit herausstellten, konnten dieses Ergebnis Zaphiris, Shneiderman und Norman (2002) nicht bestätigen. Vor allem zwei Level Menüs scheinen, im Vergleich zu drei oder vier Level Menüs, vorteilhafter bezüglich der schnellen Lokalisation des gesuchten Inhaltes (Larson & Czerwinski, 1998) zu sein, wobei eine hierarchische Gestaltung der Zugriffstools zumindest für Lernende mit wenig Vorwissen von Vorteil sein kann (Chang, Sung, & Chiou, 2002; De Stefano & LeFevre, 2007; Dee-Lucas, 1996; Potelle & Rouet, 2003). Auch die Nutzung von Metaphern unterstützt Lernende bei der Informationssuche und beim Informationszugriff (Hsu & Schwen, 2003). Referentielle (Ruddle et al., 2000) in den Text eingebettete (Bernhard, Hull, & Drake, 2001) Links, die als Orientierungshinweis ihre Farbe ändern, können dem Lernenden helfen, besuchte Informationsknoten von nicht besuchten zu trennen. Auch gibt es Hinweise darauf, dass die Visualisierung der Relationen zwischen den einzelnen Informationsknoten Lernen ebenso unterstützten kann (Dee-Lucas, 1996; Schwartz et al., 2007; Scott & Schwartz, 2007; Simpson & McKnight, 1990) wie die permanente Sichtbarkeit des Zugriffstools auf dem Computerbildschirm (Danielson, 2002).

Ein sehr wesentlicher Aspekt scheint eine kohärente Navigationsgestaltung für eine erfolgreiche Informationssuche und einen erfolgreichen Informationszugriff zu sein. Eine kohärente Navigationstoolgestaltung unterstützt den Lernenden, ein kohärentes Situationsmodell, der in der multimedialen Lernumgebung angebotenen Zugriffstools und Zugriffsmöglichkeiten zu entwickeln (Wanick et al., 2003), dass ihm wiederum die adäquate Lösung von Lernaufgaben erleichtert.

Zugriffstools wurden zur Vermeidung mindestens aber zur Reduzierung von Desorientierung und „cognitive overhead“ entwickelt. Allerdings nicht alle der Studien nehmen Bezug zu einem oder beiden Problemen multimedialen Lernens. Nur in einigen Studien wurde Desorientierung über Befragung (Gay, Tumbull, & Mazur, 1991; Naumann, 2004) erhoben und in einigen Studien aufgrund des Navigationsverhaltens auf Desorientierung geschlossen (Tripp & Roby, 1990). Es fällt deshalb schwer abzuschätzen, welche Systemmerkmale und welches Zugriffstooldesign in Abhängigkeit von Aufgaben- und Lernendenmerkmalen sowie der Strukturierung der multimedialen Lernumgebung tatsächlich Desorientierung mindern oder vermeiden. Diesbezüglich sind weitere Forschungsarbeiten notwendig. Zum Problem des „cognitive overhead“ nehmen einige Studien Bezug, beispielweise die Studie von Naumann (2004). Jedoch bleibt dennoch unklar, welche Merkmale von Zugriffstools in welchem Umfang unter welchen Bedingungen, in welcher Höhe „cognitive load“ verursachen. Übersteigt der „cognitive load“ allerdings die individuelle Arbeitsgedächtnisspanne eines Lernenden wird er als „cognitive overhead“ von ihm wahrgenommen oder zeigt sich in seinem Verhalten.

6.4. Studien zu Merkmalen des Navigationsprozesses

Wenn Lernen ein zielgerichteter Prozess ist, dann müsste sich diese Zielgerichtetheit mehr oder weniger auch im Navigationsverhalten zeigen. Die Frage allerdings, wie Lernende vorgehen, wenn sie zur Lösung einer Aufgabe relevante Informationen in der multimedialen Lernumgebung suchen, betrifft ganz unterschiedliche Aspekte des Navigationsverhaltens. Es kann die Reihenfolge der aufgerufenen Knoten untersucht werden. Dabei geht es darum festzustellen, wie sich der Lernende durch die multimediale Lernumgebung bewegt, z. B. linear oder nicht linear. Des Weiteren zielt die Analyse des Navigationsprozesses darauf Navigations- und Suchstrategien zu identifizieren, mithilfe derer auf Strategien, Orientierungen und Ziele der Lernenden während des Suchprozesses geschlossen werden kann. Schließlich können die Häufigkeit, der Zeitpunkt und das Ausmaß der Nutzung von Navigationstools betrachtet werden.

Wahrscheinlich wird durch Systemmerkmale das Navigationsverhalten ebenso beeinflusst wie durch Lernendenmerkmale. Denn es ist denkbar, dass z. B. Systemmerkmale, wie das Nichtvorhandensein bestimmter Tools das Navigationsverhalten ebenso veränderte, wie z. B. die Domänenexpertise.

6.4.1. Pfadmuster und Navigationsstrategien

Um verschiedene Lernende in ihrem Navigationsverhalten miteinander vergleichen zu können, wird dieses in Pfadmustern oder Navigationsstrategien operationalisiert, die über Kategorienbildung nach bestimmten Kriterien oder über quantitative Maße, z. B. Häufigkeit des Aufrufs bestimmter Knoten, gebildet wurden. Ziel ist es Systematiken im Navigationsverhalten zu identifizieren. Dabei erfassen Pfadmuster diskrete Navigationsaktivitäten, wie einen Menüpunkt auswählen, einen Button anwählen oder einen Link anklicken. Navigationsstrategien erfassen auf globaler Ebene die Herangehensweise an die Lösung einer Aufgabe. Etwa, ob ein Lernender systematisch oder unsystematisch vorgeht, Informationsknoten nur einmal oder wiederholt besucht.

Je nach Autoren werden sehr unterschiedliche Kategorien sowohl für Pfadmuster als auch für Navigationsstrategien gebildet, die mehr oder weniger ausdifferenziert wurden.

Pfadmuster unterscheiden Beasley und Villa (1992) sowie Bert (1995) und McGrath (1992) nach der Linearität in der Abfolge der Navigationshandlungen, zwischen linearer und nicht-linearer Bewegung, Mohageg (1992) als Abweichung vom optimalen Pfad. Horney (1993) oder Canter et al. (1985, p. 96) nach bildlichen Vorstellungen des Navigationsvorgehens (siehe Abb. 6-1):

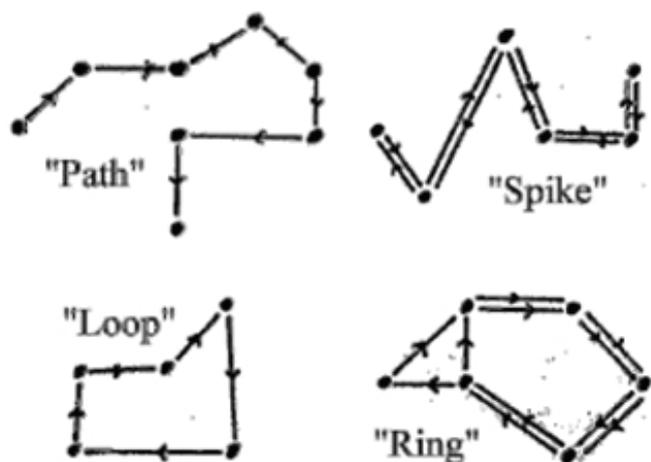


Abb. 6-1: Navigationsmuster nach Canter, Rivers und Storrs (1985, p. 96)

(1) Als „path“ bezeichnet Canter et al. (1985), jene Navigationshandlungen, bei denen jeder Knoten nur ein Mal berührt wird. (2) Als „ring“ wird eine Abfolge von Navigationshandlungen angesehen, bei denen der Anfangsknoten dem Endknoten entspricht und ein Ring weitere Ringe enthält. Ringe, die keine weiteren eingebetteten Ringe enthalten, werden (3) als „loop“ bezeichnet, wobei mit „loop“ ein Verlauf gemeint ist, bei dem der Navigationspfad dort endet, wo er ursprünglich begonnen hatte. Als letzte Kategorie differenziert Canter et al. (1985) (4) „spikes“ aus, bei dem Hinweg und Rückweg in umgekehrter Reihenfolge die gleichen Knoten berühren. Als eine der wenigen Kategorien-

schemata wurde Canters et al. (1985) versucht zu validieren, um Artefakte in den gefundenen Kategorien auszuschließen. Weitere Klassifizierungen wurden etwa nach Inhalt oder medialen Merkmalen von Knoten, wie Text oder Bildern getroffen.

Pfadmuster sind nicht unabhängig von Systemmerkmalen. So konnte Canter et al. (1985) zeigen, dass sich das Navigationsverhalten je nach dem änderte, ob Menü- oder Kommandomodus zum Navigieren angeboten wurden. Auch die Strukturierung der Knoten hatte Auswirkungen auf das Navigationsverhalten (Mohageg, 1992). Eine hierarchische Struktur oder eine Kombination aus hierarchischer und netzförmiger Struktur unterstützt, hinsichtlich Zeit und Anzahl der zur Aufgabenlösung benötigten Navigationsschritte, besser das effiziente Navigieren als eine reine netzförmige Struktur. Auch interne Faktoren spielen eine Rolle bei der Entscheidung des Lernenden für ein bestimmtes Navigationsverhalten. Small und Grabowski (1992) konnten in einer explorativen Studie zeigen, dass Pfadmuster und Motivation Zusammenhänge aufweisen.

Navigationsstrategien werden u. a. kategorisiert nach „search-oriented browse“, „review-browse“ und „scan-browse“ (Carmel, Craford, & Chen, 1992). Canter et al. (1985) unterscheidet zwischen:

1. **„Scanning“** als Mischung aus tiefen „spikes“ und kurzen „loops“. Mit dieser Strategie versucht der Nutzer, ein großes Wissensgebiet zu erkunden.
2. **„Browsing“**, als Mischung aus langen „loops“ und wenigen Ringen, dabei informiert sich der Nutzer eher unsystematisch und interessengeleitet.
3. **„Searching“** als Mischung aus Spikes und sich erweiternden „loops“. Nutzer dieser Strategie gehen zielgerichtet vor und suchen nach einem bestimmten Ziel.
4. **„Exploring“**, das aus verschiedenen Pfaden besteht. Der Nutzer versucht mit dieser Strategie, das Ausmaß der angebotenen Informationen zu erkunden.
5. **„Wandering“** mit vielen mittelgroßen Ringen. Es ist vergleichbar mit unsystematischem Navigieren, wobei der Nutzer immer wieder eher zufällig auf schon besuchte Knoten trifft.

Andere Kategorisierungen unterscheiden auf einem Kontinuum zwischen systematischer Orientierung vor dem Lesen („exhaustive reading“) mit anschließendem selektiven Lesen („selective reading“) bzw. unsystematischer Orientierung („orientation“) und unorientiertem erschöpfenden Lesen („reviewing“) im Anschluss (Beishuizen, Stoutjesdijk, & van Putten, 1994). Rezende und De Souza Barros (2008) unterscheiden drei Navigationsstrategien in Bezug auf das domänenspezifische Vorwissen „organized navigation“, „conceptual navigation“ und „disoriented navigation“. Lernende für die die Navigationsstrategie „organized navigation“ festgestellt wurde, erzielten den größten Lernzuwachs, hingegen Lernende mit einer „disoriented navigation“, rezipierten die wesentlichen Aspekte des Lernmaterials kürzer und erzielten die schlechtesten Lernergebnisse. Nielsson und Mayer

(2002) unterscheiden zwischen „strukturorientiertem Navigationsvorgehen“ („structural strategies“) und „aufgabenorientiertem Navigationsvorgehen“ („task strategies“). Beim „strukturorientierten Navigationsvorgehen“ wählen die Lernenden einen Lerninhalt aus und folgen dann, den jeweils angebotenen themenbezogenen Links. Beim „aufgabenorientierten Navigationsvorgehen“ wird der Inhalt eines Navigationsknotens ebenso wie die angebotenen Links hinsichtlich ihrer Aufgabenbezogenheit beurteilt. Wurden die im aktuell ausgewählten Informationsknoten angebotenen aufgabenbezogenen Informationen gelesen, werden neue Informationsknoten ausgewählt, die nicht mit dem aktuellen Knoten verknüpft sein müssen.

Navigationsstrategien hängen mit Systemmerkmalen (Beishuizen, Stoutjesdijk, & van Putten, 1994) zusammen. Zudem hat der Umfang der angebotenen Informationen, also der Umfang des Informationsnetzes starken Einfluss auf die verwendeten Suchstrategien und auf die Suchleistung (Astleitner, 1997). Je umfangreicher das Informationsangebot der multimedialen Lernumgebung ist, desto schwerer kann es Lernenden fallen dieses zu explorieren und gezielt jene Informationen zu finden, die gesucht wurden.

Navigationsstrategien hängen auch von Lernendenmerkmalen ab, etwa von kognitiven Faktoren der Lernenden, wie kognitive Komplexität, akademische Fähigkeiten (Chang & McDaniel, 1995) metakognitive Fähigkeiten (Puntambekar & Stylianou, 2005; Puntambekar, Stylianou, & Hübscher, 2003) und vom Vorwissen (Carmel, Craford, & Chen, 1992; Marchionini, 1995; Nilsson & Mayer, 2002). Je umfangreicher das Vorwissen der Lernenden und ihre kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten sind, desto wahrscheinlicher setzen sich auch effektive und effiziente Navigationsstrategien ein, um ihre Lernaufgabe erfolgreich lösen zu können.

Bei der Informationsauswahl orientieren sich Lernende an ihren Zielen, an Begriffsbedeutung und an der Struktur der multimedialen Lernumgebung (Astleitner, 1997). Ein Beweggrund für die Auswahl einer Information gilt nur für kurze Zeit und wird dann wieder entsprechend des Ziels, den zur Verfügung stehenden Begriffsbedeutungen und der Struktur der multimedialen Lernumgebung gewechselt. Zudem kombinieren Lernende die Beweggründe für die Informationswahl.

Laien neigen dazu, aufgrund spezieller Interessen Inhalte aufzurufen. Experten hingegen nutzen ihr Wissen als Basis für Entscheidungen, welche Inhalte sie aufrufen. Auch können sie sicherer die Relevanz der aufgerufenen Informationen beurteilen (Marchionini et al., 1993). Zudem benutzen erfolgreiche Lerner lernzielorientiert multiple ringförmige Navigationspfade (Puntambekar & Stylianou, 2005).

6.4.2. Toolnutzung

Toolnutzung als Mittel zum Informationsabruf kann allein oder im Zusammenhang mit Aufgabenmerkmalen, instruktionsunterstützenden Tools, dem Lernsetting oder den Lernendenmerkmalen betrachtet werden. Ziel ist es, ähnlich wie bei Navigationspfaden und Navigationsstrategien, Nutzungsmuster zu identifizieren.

Nilsson und Mayer (2002) untersuchten Unterschiede zwischen den von den Lernenden verwendeten Navigationsstrategien bei einer, mit der Computermaus, anklickbaren „map“ und einer nichtanklickbaren „map“. Sie stellten fest, dass die Variation der Zugriffstools auch zur Entwicklung unterschiedlicher Navigationsstrategien führte. So entwickelten Lernende mit der nichtanklickbaren „map“ eine aufgabenorientierte Navigationsstrategie, Lernende hingegen mit der anklickbaren „map“ eine strukturorientierte Navigationsstrategie. Zudem erzielten Lernende ohne anklickbare „map“ im Vergleich zu Lernenden mit anklickbarer „map“ bessere Ergebnisse im Leistungstest. Die Studien von Qui (1993a; , 1993b) fragten nach dem Zusammenhang zwischen Toolnutzung und Lernaufgabe. Es zeigte sich, dass bei spezifischen Aufgaben eine Suche mittels Zeichenketten erfolgte, indem Lernende etwa verschiedene Suchbegriffe aneinanderreiheten und dann die Suchabfrage starteten. Im Vergleich dazu wurde zur Lösung von allgemeinen Aufgaben auf browsing zurückgegriffen als explorierendes Verfahren zu Suche nach relevanten Informationen. Die Studie von Glowalla, Hasebrook, Häfele und Fezzardi (nach Hasebrook (1995)) untersuchte den Einfluss des Vorwissens auf die Toolnutzung. Sie stellten fest, dass Anfänger überwiegend im Lernmaterial blättern und Sprünge vermeiden.

6.5. Zusammenfassung

Seit Desorientierung und „cognitive overhead“ als Probleme beim Lernen mit multimedialen Lernumgebungen beschrieben wurden, gibt es eine wachsende Anzahl Studien (u.a. Chen & Macredie, 2002; Dee-Lucas, 1995; Farrell & Moore, 2001; u.a. Shapiro & Niederhauser, 2004; Zumbach, 2006), die die Auswirkungen von Navigation und Orientierung auf das Lernen und den Lernprozess untersuchen. Vor allem Leistungs-, Motivations- und Akzeptanzmaße wurden zur Messung der Wirkungsweisen verschiedener Strukturierungsvarianten oder Zugriffstools eingesetzt.

Einen entscheidenden Einfluss auf die Informationssuche hat die Lernaufgabe (Astleitner, 1997). Eine Lernaufgabe erschwert oder erleichtert die Informationssuche, je nachdem, wie spezifisch sie gestellt ist, wie viele Informationsknoten aufgerufen werden müssen, um sie adäquat zu lösen und ob es dem Lernenden gelingt, einen geeigneten Einstieg zur Aufgabenlösung in einer hypermedialen Lernumgebung zu finden. Je spezifischer die Lernaufgabe gestellt ist und desto weniger Konten zur Lösung der Lernaufgabe in der multimedialen Lernumgebung verfügbar sind, desto schwerer ist die Lernaufgabe.

Dies ist auch der Fall, wenn vom Lernenden viele Informationsknoten für die Lösung einer Aufgabe aufgerufen und miteinander in Verbindung gesetzt werden müssen oder der Lernende keinen geeigneten Einstieg zur Aufgabenlösung findet. Zugriffstools könnten, vor allem bei unspezifischen, komplexen Aufgaben, bei denen ein Lernender keinen Einstieg in das Informationsnetz findet, durch Visualisierung oder Typisierung von, für die Lösung der Aufgabe dienlichen, Zusammenhängen helfen, die Informationssuche für den Lernenden zu erleichtern und Desorientierung sowie „cognitive overhead“ zu vermindern. Allerdings besteht diesbezüglich noch Forschungsbedarf. Es ist nicht klar, welche Zugriffstools, welche Arten von Lernaufgaben am besten unterstützen.

Insgesamt zeigen bisherige Studien zur Strukturierung von Hypermedien und zur Zugriffstoolgestaltung widersprüchliche Ergebnisse. In einigen Untersuchungen wurden Unterschiede zwischen verschiedenen Strukturierungsvarianten und unterschiedlichen Zugriffstools festgestellt (u.a. Beishuizen, Stoutjesdijk, & van Putten, 1994; Müller-Kalthoff & Möller, 2005; Qiu, 1993a) in anderen nicht (u.a. Naumann, 2004; u.a. Zumbach, Reimann, & Koch, 2001). Es scheint vom gegebenen Hypermedium abzuhängen und den dort angebotenen Zugriffstools, ob lernunterstützende Effekte festgestellt werden konnten oder nicht. Eine weitere Erklärung sind möglicherweise die eingesetzten Messmethoden. Zum Beispiel kamen Qui (1993a; Qiu, 1993b) und auch Zumbach (2006) mit unterschiedlichen Messmethoden zu verschiedenen Ergebnissen, Qui bezüglich der Suchleistung und Zumbach bezüglich der Lernleistung. Dies zeigt, wie bedeutend die Auswahl der Indizes ist, mit denen Navigationsverhalten, kognitive und metakognitive Aspekte gemessen werden.

Dennoch scheint sich die Art des Hypermedianetzes und dessen Größe entscheidend auf die Informationssuche auszuwirken. In großen Netzen fällt es Lernenden ohne Unterstützung schwerer, effektiv und effizient alle zur Aufgabenlösung erforderlichen Informationen zu finden. Insbesondere hierarchische Netze scheinen diesbezüglich Vorteile, zumindest für Lernende mit geringerem Vorwissen, aufzuweisen.

Das domänenspezifische Vorwissen hat sich in mehreren Untersuchungen als bedeutender Prädiktor für den Lernerfolg beim multimedialen Lernen herausgestellt. Je umfangreicher das themenbezogene Vorwissen ist, desto bessere Lernleistungen konnten die Lernenden erzielen. Für das computer- und hypermediabezogene Vorwissen gibt es eine dünnere Befundlage, als für das domänenspezifische Vorwissen. Es scheint weniger bedeutend zu sein, als das domänenspezifische Vorwissen. Dennoch sollte zukünftig geklärt werden, ob das computer- und hypermediaspezifische Vorwissen Auswirkungen auf Desorientierung und cognitive overhead hat. Denn bisher sind die Faktoren die Desorientierung und cognitive overhead verursachen, noch nicht ausreichend geklärt, sodass eine Einflussmöglichkeit besteht.

Bisher ist ebenfalls wenig erforscht, welchen Einfluss visuell-räumliche und vor allem verbale Fähigkeiten auf die Informationssuche haben. Aber auch metakognitive Strate-

gien finden bisher wenig Berücksichtigung in der Forschung. Bis auf eine Studie von Bannert (2006) und eine Studie von Puntambekar und Stylianou zum Einsatz von „prompts“, als auch Studien zu strukturellen Hinweisen (Shapiro & Niederhauser, 2004; Shapiro, 2000) gibt es wenige konkrete Hinweise, wie die Anwendung vorhandener adäquater metakognitiver Strategien durch die multimediale Lernumgebung stimuliert werden kann oder Hilfen für den Erwerb gegeben werden können. Zudem muss der „cognitive load“ berücksichtigt werden, soll der Einsatz metakognitiver Strategien trainiert werden. Lernende mit geringem Vorwissen und dadurch hoher Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses hatten in einer Studie von Naumann et. al (2008) Probleme die neu erworbenen metakognitiven Strategien adäquat für ihre Informationssuche und ihren Wissenserwerb einzusetzen. Zukünftige Forschung müsste deshalb stärker beachten, bei welchen Kombinationen von System- und Gestaltungsmerkmalen sowie Lernendenmerkmalen Lernende metakognitive Unterstützung benötigen und neu erworbene Strategien effektiv anwenden können.

Obwohl die Lernmotivation als wesentlicher vermittelnder Faktor für den Lernerfolg beschrieben wird (Schiefele, 1996; Schiefele & Rheinberg, 1997), gibt es nur eine rare Forschungslage. Wie und in welchem Umfang Motivation die Informationssuche, den Einsatz von Navigationsstrategien und den Informationszugriff beeinflusst und damit auch Auswirkungen auf den Lernerfolg hat, ist bisher noch nicht umfassend untersucht. Zudem fehlen Studien, die einen Zusammenhang zu Desorientierung und „cognitive overhead“ herstellen.

7. INTEGRIERTE KONZEPTION – DAS ARBEITSMODELL

In den vorangegangenen Kapiteln zeigte sich, dass die vorgestellten Ansätze, das Interaktionsprozessmodell, die Faktoren der Mensch-Computer-Interaktion (Winograd & Flores, 1986) und das Tetraedermodell (Bransford, 1989; Jenkins, 1979) aus verschiedenen Perspektiven mögliche Einflussparameter auf den Informationsverarbeitungsprozess beim multimedialen Lernen postulieren.

Deshalb ist es nun angebracht diese Einflussparameter auf multimediales Lernen zusammenzustellen und miteinander zu einem Arbeitsmodell zu verknüpfen. Besonders berücksichtigt wird bei der Konstruktion des Arbeitsmodells der Einfluss der Usability, insbesondere der Navigationsgestaltung bzw. der Gestaltung von Zugriffstools auf den Lernerfolg.

Ziel der Gestaltung von Zugriffstools ist es, dass diese vom Lernenden leicht und intuitiv handhabbar sind sowie ihn durch ihre Usability beim effektiven, effizienten und zufriedenstellenden Lernen unterstützen. Nach dem Interaktionsprozessmodell wird jedoch effektives, effizientes und zufriedenstellendes Lernen nur erreicht, wenn die Interaktionen zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung kognitive Prozesse anregen, die den Wissenserwerb fördern und zur schrittweisen Lösung der Lernaufgabe beitragen.

Das Interaktionsprozessmodell geht ebenso von den drei Faktoren der Mensch-Computer-Interaktion aus (Winograd & Flores, 1986) wie das Tetraedermodell (Bransford, 1989; Jenkins, 1979). Beide Modelle unterscheiden zwischen dem Menschen bzw. dem Lernenden, der Aufgabe und der Technologie bzw. der multimedialen Lernumgebung. Da die drei Faktoren der Mensch-Computer-Interaktion und die im Tetraedermodell formulierten Einflussfaktoren auf multimediales Lernen, inhaltlich Ähnliches bzw. Gleiches bezeichnen, sollen sie nachfolgend bezeichnet werden als (1) Merkmale des Lernenden, (2) Merkmale der multimedialen Lernumgebung, die sich aus der inhaltlichen, der didaktisch-instruktorischen und der technologischen Komponente zusammensetzen sowie den (3) Merkmalen der Lernaufgabe.

1. **Merkmale des Lernenden:** Im Zentrum des Lernprozesses steht der Lernende mit seinen individuellen Dispositionen und Merkmalen, u. a. seinem bisherigen Wissen, seinen vorhandenen kognitiven und metakognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten, seinen Interessen, Einstellungen und seinen motivationalen und emotionalen Dispositionen. Insbesondere hohes domänenspezifisches, computer- und hypermediaspezifisches Vorwissen, ausgeprägte räumliche Fähigkeiten und metakognitive Strategien sowie Interesse am Lernthema helfen ihm, gute Lernergebnisse zu erzielen. Er lernt aktiv, indem er permanent versucht neues und bereits vorhandenes Wissen durch bewusste Selektion, Organisation und Integration von Informationen zu einem kohärenten mentalen Modell zusammenzufügen. Dabei setzt er seine kognitiven Ressourcen möglichst sparsam ein, da sie begrenzt sind. Er kon-

trolliert seine Aufmerksamkeit, seine Emotionen, seine Motivation und wägt Lernzeit, Lernziele und Lernerfolg permanent gegeneinander ab. Er kann allein lernen oder in eine Lerngruppe eingebunden sein.

- 2. Merkmale der multimedialen Lernumgebung - Lerninhalt, Präsentation, Technologie und Zugriffsmöglichkeiten auf die Lerninhalte:** Ein weiterer wesentlicher Faktor, der den Lernprozess und den Lernerfolg beeinflusst, ist das verfügbare multimediale Lernmaterial. In Abhängigkeit von den Lernvoraussetzungen einzelner Lernender, dem Lernthema, dessen Komplexität und Schwierigkeit kann für den einzelnen Lernenden die gewählte didaktische Gestaltung und Präsentationsform der Lerninhalte den Lernprozess unterstützen oder behindern. Eine ungünstige Kombination, aus geringem domänenspezifischen Vorwissen und unzureichenden metakognitiven Strategien sowie geringem Interesse verursacht hohen „intrinsic cognitive load“. Kommt zu den ungünstigen Lernvoraussetzungen eine ungünstig gewählte instruktionale Gestaltung hinzu, die hohen „extraneous cognitive load“ erfordert, hat der Lernende keine oder nur noch geringe Ressourcen für den „germane cognitive load“ frei, so dass erfolgreicher effizienter Wissenserwerb misslingen kann. Dies ist bei geringem Vorwissen beispielsweise der Fall, wenn die Möglichkeiten zur Aufmerksamkeitssteuerung, der Auslastung beider Sinnes- und Verarbeitungskanäle, der Optimierung des „intrinsic cognitive load“, des „extraneous cognitive load“ und des „germane cognitive load“ sowie von Hilfen zur mentalen Modellbildung bei der Instruktionsgestaltung missachtet werden.

Auch die gewählte Technologie mit ihren angebotenen Zugriffsmöglichkeiten auf die Lerninhalte kann Lernen fördern oder beeinträchtigen (siehe Kap. 6). Insbesondere hierarchisch strukturierte multimediale Lernumgebungen, mit Zwei-Level-Menüs, typisierten Links und visualisierten Relationen zwischen den angebotenen Informationsknoten haben sich in einigen Studien als hilfreich bei der Informationssuche herausgestellt. „Advanced organizer“ als anklickbare „concept-maps“ und „prompts“ zeigten zudem positive Wirkungen auf den Wissenserwerb. Ein großer Teil der Studien zum Design von Zugriffstools zeigen hingegen widersprüchliche Ergebnisse, die sich schwer interpretieren lassen. Ein Ansatzpunkt zur Erklärung könnte die „cognitive load“ Theorie sein. Bisher wurde sie eher selten zur Erklärung der Wirkungsweise von Zugriffstools in multimedialen Lernumgebungen herangezogen. Dennoch finden sich Verweise auf die Möglichkeit, dass „intrinsic cognitive load“, „extraneous cognitive load“ oder „germane cognitive load“, meist summarisch mit „cognitive overhead“ bezeichnet, Einfluss auf die Wirkungsweise von Zugriffstools und den mit ihnen erreichten Lernerfolg haben kann (Astleitner, 1997; Niederhauser et al., 2000). Vor dem Erklärungshintergrund der „cognitive load“ Theorie verursacht die Gestaltung der Zugriffstools, ebenso wie die Präsentation des Lerninhaltes, „extraneous cognitive load“. Je geringer er ist, desto mehr

kognitive Ressourcen, also desto mehr „germane cognitive load“, steht für den Wissenserwerb zur Verfügung. Die in mehreren Studien positive Wirkung von „advanced organizers“ als anklickbare „concept-maps“ könnte beispielsweise in zweierlei Hinsicht positiv auf den „extraneous cognitive load“ wirken. Einerseits erleichtern „advanced organizer“ die Informationssuche, da zentrale Konzepte des Lernthemas als anklickbare Informationskonten visualisiert werden und andererseits unterstützen sie den Wissenserwerb, da die visualisierten zentralen Konzepte, das Lernthema vorstrukturieren und helfen bereits vorhandenes Wissen mit Neuem zu verknüpfen und damit zur tieferen Auseinandersetzung mit dem Lernthema anregen. Beide Aspekte konnten bisher in Studien getrennt voneinander nachgewiesen werden. Mayer (1979) untersuchte die instruktionale Wirkung von „advanced organizer“ auf den Wissenserwerb und Müller-Kalthoff und Möller (2000; , 2005) die Wirkung von „advanced organizer“ auf die Informationssuche.

3. **Merkmale der Lernaufgabe:** Neben den Merkmalen des Lernenden und den Merkmalen des Lernmaterials ist die Lernaufgabe ein Einflussparameter auf multimediales Lernen. Egal, ob sich der Lernende die Aufgabe selbst gestellt hat oder sie durch den Lehrenden oder das Lernmedium vorgegeben wurde, sie leitet die Nutzung der multimedialen Lernumgebung. Durch die Aufgabe hat der Lernende in der Regel das Ziel bestimmte Fakten im Lernmaterial zu finden, Wissen über das angebotene Thema zu erwerben, eine Idee, eine Konzeption, ein Modell oder eine Theorie zu verstehen oder ein Problem zu lösen.

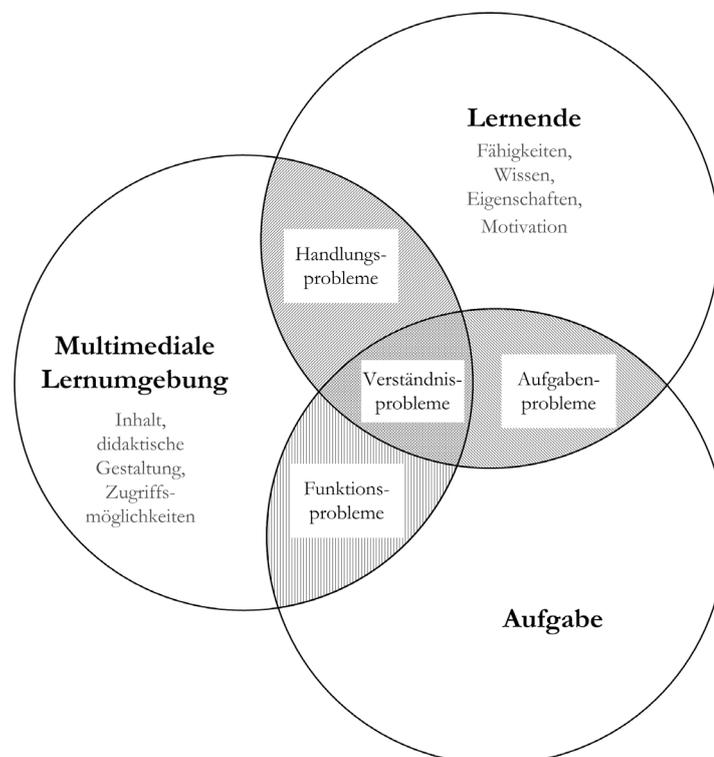


Abb. 7-1: Einflussfaktoren auf die Interaktionen beim multimedialen Lernen als Quellen für Interaktionsprobleme

In einem multimedialen Lernarrangement kann es zu Interaktionsproblemen kommen, wenn lernerleichternde Gestaltungsaspekte unberücksichtigt bleiben. Sie können aber auch auftreten, wenn nicht alle drei Einflussfaktoren, die Merkmale des Lernenden, die Merkmale der Lernumgebung und die Merkmale der Aufgabe, aufeinander abgestimmt beim Inhalts-, Instruktions- und Zugriffstooldesign eingesetzt wurden. Folgende Interaktionsprobleme sind dann erwartbar (siehe Abb. 7-1):

1. **Aufgabenprobleme** bei Diskrepanzen zwischen Aufgabe und Lernvoraussetzungen,
2. **Funktionsprobleme** bei Diskrepanzen zwischen Aufgabe und angebotenen Zugriffsmöglichkeiten auf den Lerninhalt der Lernumgebung,
3. **Handhabungsprobleme** bei Diskrepanzen zwischen den Lernvoraussetzungen und der Funktionalität der Lernumgebung und
4. **Verständnisprobleme** bei Diskrepanzen zwischen Lernvoraussetzungen und Lerninhalt, etwa wenn der Lerninhalt für die Lernvoraussetzungen des Lernenden zu komplex oder zu umfangreich ist oder unverständlich dargeboten wird.

Werden nun die möglichen Quellen für Interaktionsprobleme bezüglich deren Auswirkungen auf den Informationsverarbeitungsprozess beim Lernenden betrachtet, so spielen die Prozesse im Arbeitsgedächtnis eine zentrale Rolle, insbesondere die kognitive Beanspruchung. Ein zentrales Erklärungsmodell, das Annahmen zum Arbeitsgedächtnis macht, ist das Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin (1971). Aus der multimedialen Lernumgebung entnommene Informationen erreichen je nach dem über welchen Kanal sie aufgenommen wurden, den visuellen oder den auditiven Kanal (Paivio, 1986), das sensorische Gedächtnis und über weitere Selektionsprozesse das in seiner Kapazität begrenzte Arbeitsgedächtnis (Baddeley, 2003, 2007; Miller, 1956; Simon, 1974), von Atkinson und Shiffrin (1971) noch Kurzzeitgedächtnis genannt. Das Arbeitsgedächtnis ist der zentrale Ort der Informationsverarbeitung. So werden nach Baddeley (2003; , 2007) im Arbeitsgedächtnis die Informationen getrennt verarbeitet, visuell/bildhafte Informationen im räumlich- visuellen Notizblock und auditiv/verbale Informationen in der phonologischen Schleife gesteuert durch die zentrale Exekutive. Das „matchen“ bzw. zusammenfügen oder aufeinander abbilden der Informationen aus dem räumlich-visuellen Notizblock und aus der phonologischen Schleife erfolgt, wiederum gesteuert durch die zentrale Exekutive, im episodischen Puffer. Das „matchen“ als zentrale Verarbeitungsprozesse konkretisiert für multimediales Lernen das CTML-Modell von Mayer (2005a) und das ITPC-Modell (Schnotz, 2005). Nachdem Textinformationen und Bildinformationen jeweils als getrennte Modelle (pictoriales und verbales Modell) im Arbeitsgedächtnis vorliegen, werden entsprechend dem CTML-Modell beide getrennten Modelle zu einem mentalen Modell miteinander verbunden. Für Textinformationen gilt jedoch nach dem ITPC-Modell die Besonderheit, dass sie erst über mehrere mentale Repräsentationen in

propositionale Repräsentationen umstrukturiert werden müssen, bevor sie mit den Bildinformationen kombiniert werden können. Die Wissensorganisation, also der Aufbau jeweils getrennter Modelle für Text- und Bildinformationen und die Wissensintegration von beiden Modellen mit aus dem Langzeitgedächtnis abgerufenem themenbezogenen Vorwissen kennzeichnen die zentralen Verarbeitungsprozesse im Arbeitsgedächtnis. Ziel ist es kohärentes, hierarchisch organisiertes Wissen zu erwerben, das als möglichst ein Element im Langzeitgedächtnis gespeichert werden kann und viele Verknüpfungen zu thematisch ähnlichem Wissen aufweist. Diese Art der Wissensstrukturierung entspricht der von Experten (Seel, 1991a, 350 ff.). Laien hingegen speichern ihr Wissen häufig unsystematisch isoliert in kleineren Einheiten. Unterstützt die Usability nicht den Lernprozess kommen weitere verarbeitungsintensive Prozesse hinzu, die Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses beanspruchen. Laien erreichen dann schnell die Kapazitätsgrenzen ihres Arbeitsgedächtnisses und können ab diesem Zeitpunkt kein weiteres Wissen erwerben. Der Zustand bei dem ein Lernender die Kapazitätsgrenze seines Arbeitsgedächtnisses erreicht, wird mit „cognitive overhead“ (Conklin, 1987) bzw. „cognitive overload“ (Mayer, 2005a; Tripp & Roby, 1990) bezeichnet (siehe auch Kap. 5.2). Sowohl „cognitive overhead“, als auch „cognitive overload“ können ihre Ursache in unterschiedlichen Quellen mentaler Beanspruchung haben, beispielsweise aus Verständnisproblemen oder Handhabungsproblemen resultieren, wobei Verständnisprobleme den Wissenserwerb beeinträchtigen, Handhabungsprobleme jedoch die Informationssuche und den Informationszugriff. Ein Modell, das verschiedene Quellen mentaler Beanspruchung beschreibt, ist der „cognitive load“ Ansatz (Chandler & Sweller, 1991). Neben der Schwierigkeit und dem Umfang des Lehrstoffes, für dessen Verständnis der Lernende „intrinsic cognitive load“ aufwenden muss, bedingt die multimediale Vermittlung des Lernstoffes sowie die über die Navigation angebotenen Zugriffsmöglichkeiten „extraneous cognitive load“. Die noch verbleibende freie Gedächtniskapazität („germane cognitive load“) kann der Lernende für das Verständnis des Lernmaterials aufwenden, also die Organisation und die Integration der neuen Information mit dem bereits vorhandenen Wissen. Lernunterstützende Usability hat demnach zum Ziel möglichst wenig kognitive Ressourcen für nicht lernrelevante Prozesse, etwa die Bedienung der angebotenen Navigation zu beanspruchen und damit den „extraneous cognitive load“ zu minimieren. Nicht lernunterstützende Usability und nicht lernunterstützende Navigationsgestaltung ist demnach eine Quelle erhöhten „extraneous cognitive load“ (siehe auch Kap. 5.2). „Cognitive overhead“ kann, wenn die „cognitive load“ Theorie (Chandler & Sweller, 1991) als Erklärungsgrundlage angenommen wird aus verschiedenen Quellen mentaler Beanspruchung resultieren. Sowohl ein zu hoher intrinsic, als auch eine Kombination aus intrinsic und zu hohem „extraneous cognitive load“ oder hohem „intrinsic cognitive load“ und hohem „extraneous cognitive load“ führt, wenn die Arbeitsgedächtniskapazität des Lernenden ausgeschöpft ist, zu „cognitive overload“. Der subjektiv wahrgenommene „cognitive overload“ wird ebenso mit „cognitive overhead“ bezeichnet, wie beobachtete Änderungen im Lern-

und Navigationsverhalten, deren Ursache „cognitive overload“ sein könnte. „Cognitive overhead“ kann mit „cognitive overload“ gleichgesetzt werden, denn auch beim „cognitive overload“ beansprucht die Summe aller drei Loadformen die maximale Arbeitsgedächtniskapazität (siehe Kap. 4.1.2). Allerdings trennt der Begriff „cognitive overhead“ nicht klar subjektive Wahrnehmung kognitiver Beanspruchung von objektiv durch die Lernendenmerkmale, die Lernaufgabe und die Merkmale der multimedialen Lernumgebung messbare kognitive Beanspruchung, sodass diesbezüglich zukünftig eine genauere Begriffsdifferenzierung angebracht scheint.

Das aufbauend auf diesen Annahmen konzipierte Arbeitsmodell greift die drei Einflussfaktoren auf multimediales Lernen auf, den Lernenden mit seinen Merkmalen, die multimediale Lernumgebung mit ihren Merkmalen und die Merkmale der Lernaufgabe (Abb. 7-2).

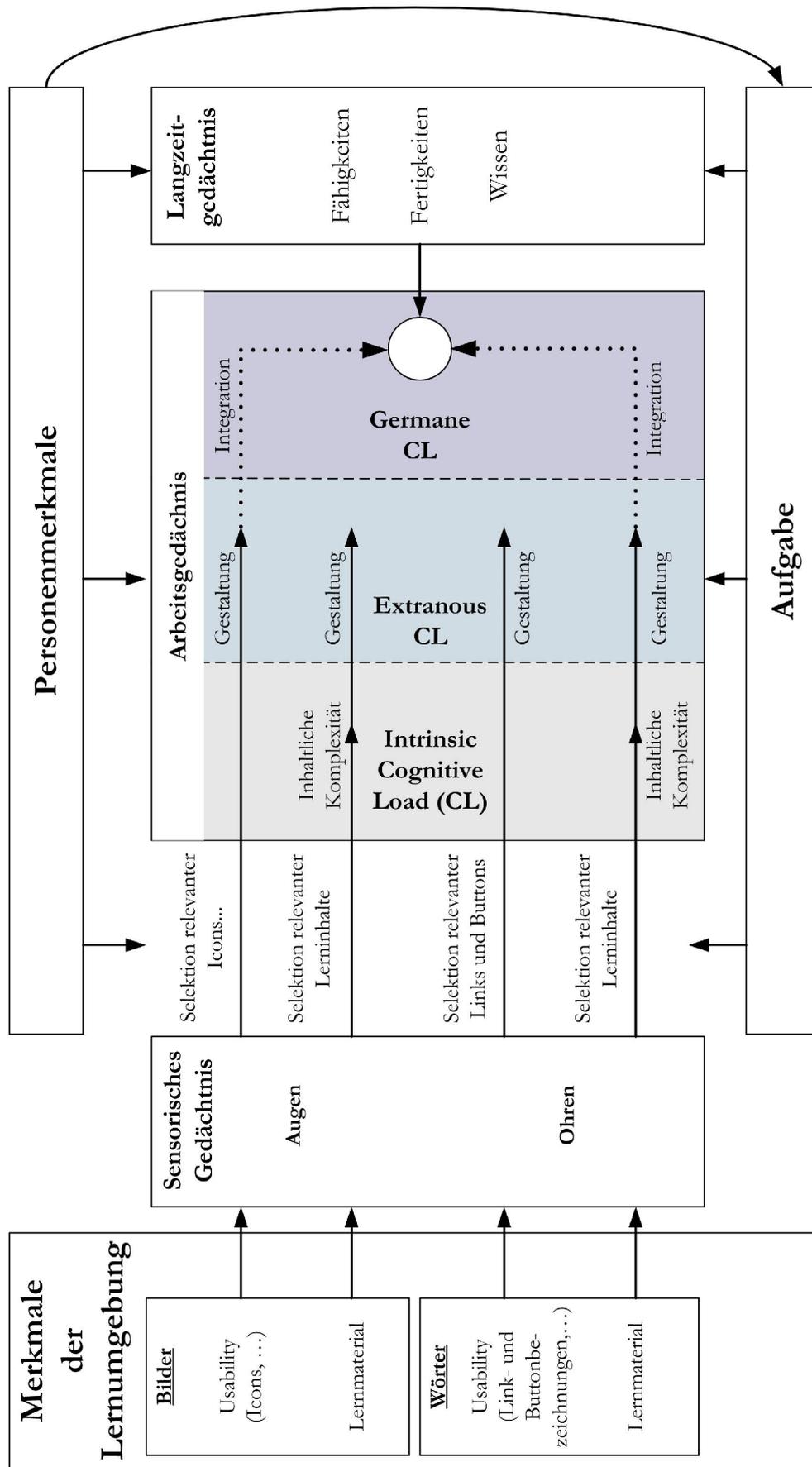


Abb. 7-2: Arbeitsmodell

Es begreift Usability nicht als absoluten Gestaltungsparameter der technologischen Seite multimedialen Lernens. Vielmehr modelliert es das Gütemerkmal Usability als dynamisches Merkmal, abhängig von den Merkmalen des Lernenden und untrennbar von den während des multimedialen Lernens seitens des Lernenden ablaufenden Informationsverarbeitungsprozessen. Somit postuliert das Arbeitsmodell Informationsverarbeitungsprozesse zum Verständnis des Lerninhaltes und parallel dazu ablaufende Prozesse des Informationszugriffs. Beide Prozesse konkurrieren miteinander um die begrenzten Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses vor allem des „germane cognitive load“. Dabei geht das Modell davon aus, dass die für die Lösung der Lernaufgabe aufgewendete Arbeitsgedächtniskapazität zunächst bis zur maximal verfügbaren Arbeitsgedächtniskapazität erhöht werden kann. Stellt der Lernende fest, dass er nicht genügend Anstrengung zur Lösung der Lernaufgabe aufwendet, richtet er zusätzliche kognitive Anstrengung auf die Aufgabenlösung. Reicht jedoch die verfügbare kognitive Kapazität dennoch nicht aus oder richtet er bereits seine maximal mögliche Arbeitsgedächtniskapazität auf die Aufgabenlösung verteilt er je nach den Anforderungen der Lernaufgabe die verfügbaren kognitiven Ressourcen um, damit er die Lösung der Lernaufgabe doch noch erreichen kann.

Nachfolgend sollen nun die beiden zentralen im Arbeitsmodell postulierten kognitiven Prozesse des Wissenserwerbs, die Informationsverarbeitungsprozesse und die Prozesse des Informationszugriffs näher erläutert werden.

7.1. Informationsverarbeitungsprozesse zum Verständnis des Lerninhaltes

Das Arbeitsmodell geht in Analogie zum CTML-Modell (Mayer, 2005a) und dem ITPC-Modell (Schnotz, 2005) davon aus, dass eine multimediale Lernumgebung aus Bildern und Wörtern, in Form geschriebener oder gesprochener Texte besteht, die den Lerninhalt vermitteln. Der Lerninhalt wird über die Augen und Ohren aufgenommen dual kodiert und ins sensorische Gedächtnis übertragen. Anschließend erfolgt eine Relevanzprüfung auf Basis der als wesentlich erkannten Informationen aus beiden Kanälen. Als wesentlich erkannte Informationen werden selektiert und anschließend im Arbeitsgedächtnis weiterverarbeitet. Sowohl gesprochener als auch aus geschriebener Text wird in Analogie zu Baddeleys Arbeitsgedächtnismodell (2003; , 2007) in der phonologischen Schleife repräsentiert und nach dem ITPC-Modell (Schnotz, 2005) über mehrere mentale Repräsentationen zu einem verbalen Modell ausdifferenziert. Bildhafte Informationen hingegen werden im visuell-räumlichen Notizblock des Arbeitsverhältnisses zu einem bildhaften Modell ausdifferenziert. Je nachdem, ob es sich während der Modellausdifferenzierung um Organisationsprozesse des dargebotenen Lerninhaltes handelt oder um Organisationsprozesse die didaktische Gestaltung der Wissensvermittlung betreffend, sie verursachen im Arbeitsgedächtnis „cognitive load“, Organisationsprozesse des Lerninhaltes „intrinsic cognitive load“, Organisationsprozesse, ausgelöst durch die didaktische Gestal-

tung „extraneous cognitive load“. Der noch verfügbare „germane cognitive load“ steht dem Lernenden zur Wissensintegration zur Verfügung, also zur Kombination des Vorwissens mit dem pictoralen Modell und dem verbalen Modell zu einem mentalen Modell des Lernthemas, das die Informationen aus beiden Modellen und dem Vorwissen beinhaltet. Alle drei Prozesse, die Wissensselektion, Wissensorganisation und Wissensintegration werden durch die Lernaufgabe und die Personenmerkmale, etwa verfügbare Lernstrategien, wie Fähigkeiten zum Entwickeln von Lernzielen, dem Planen und Regulieren des Lernprozesses, dessen Einstellungen zum Lerninhalt oder ihre Motivation beeinflusst.

7.2. Prozesse des Informationszugriffs

Damit ein Lernender in einer multimedialen Lernumgebung auf die angebotenen Wissensinhalte zugreifen kann, muss er bildhafte oder verbale Elemente nutzen. Es eignen sich zur Navigationsgestaltung etwa Icons oder Metaphern als bildhafte Elemente, als verbale beispielsweise Link- oder Buttonbezeichnungen. Navigationsinformationen müssen ebenso wie Informationen, die dem Wissenserwerb dienen im Arbeitsgedächtnis verarbeitet werden. Die Verarbeitung von Navigationsinformationen erfolgt nach dem Arbeitsmodell getrennt, je nach dem ob es sich um bildhafte oder verbale Navigationselemente handelt. Zur Navigation dienende Bilder werden über die Augen, verbale Navigationsinformationen über die Ohren aufgenommen, dual codiert (Paivio, 1986) und ins sensorische Gedächtnis übertragen. Dort erfolgt die Selektion aufgabenrelevanter Buttonbezeichnungen, deren Informationen anschließend dual codiert ins Arbeitsgedächtnis transferiert werden. Im Arbeitsgedächtnis werden die selektierten Navigationsinformationen organisiert, etwa indem festgestellt wird, welche Zugriffstools überhaupt zur Verfügung stehen und welche einen aufgabenbezogenen Nutzen erwarten lassen. Darüber hinaus legt der Lernende während der Organisation selektierter Navigationsinformationen fest, welche Menüpunkte er als Nächstes mit der Maus anklicken möchte und welche er weggelassen will. Die Rezeption und kognitive Verarbeitung von Navigationsinformationen benötigt kognitive Ressourcen. Dies betrifft sowohl die kognitiven Prozesse der Organisation von Navigationsinformationen, als auch den Abruf vorhandener Schemata und Skripte aus dem Langzeitgedächtnis sowie den Vergleich, ob die existierenden Schemata und Skripte auch in der aktuellen Lernsituation hilfreich sind oder ggf. erweitert und angepasst werden müssen (Integration). Nach dem Arbeitsmodell erfordert die Handhabung der angebotenen Navigationsmöglichkeiten und Zugriffstools „extraneous cognitive load“. Unter Aktivierung von vorhandenem computernutzungsbezogenem Vorwissen, etwa im Form von im Langzeitgedächtnis repräsentierter Schemata zur Nutzung von Menüs, Links oder Fortbewegungstools erfolgt die Integration bzw. Handlungsplanung. In dieser Phase entscheidet sich der Lernende, welche Navigationsstrategien er zur Lösung der Lernaufgabe nutzen wird. Für die Lösung spezifischer Teilprobleme der Lern-

aufgabe für deren Lösung der Lernende schon teilweise über domänenspezifisches Vorwissen verfügt, kann er beispielsweise die Navigationsstrategie „searching“ verwenden. Vorausgesetzt er besitzt computerspezifische Schemata und Skripte zur Nutzung der Suchfunktion. Anderenfalls, fehlt dem Lernenden noch das zur Formulierung spezifischer Teilfragestellungen erforderliches domänenspezifisches Wissen oder verfügt er über zu wenig Erfahrung und Vorwissen im Umgang mit einer Suchfunktion wird er sich eher für die Navigationsstrategie „browsing“ entscheiden.

Allerdings, nicht selten favorisiert der Lernende eine Navigationsstrategie, zu deren erfolgreicher Anwendung keine geeigneten Zugriffstools in der multimedialen Lernumgebung zur Verfügung stehen, sei es, dass beispielweise die favorisierte Suchfunktion in der multimedialen Lernumgebung nicht implementiert ist oder deren Usability ungünstig gewählt wurde, so dass für den Lernenden unklar ist, wie er die Suchfunktion aufrufen kann oder welche Suchbegriffe lösungsrelevante Informationsknoten ansprechen.

Treffen ungünstige Inhaltsauswahl, didaktische Gestaltung und Usability der Zugriffstools aufeinander, kann es sowohl zu erhöhtem „intrinsic cognitive load“, instruktionalem „extraneous cognitive load“ und navigationsbedingten „extraneous cognitive load“ kommen, die gemeinsam die Arbeitsgedächtniskapazität des Lernenden überschreiten und es zum temporären Abbruch der Lern- oder Navigationshandlungen kommt. Die Folge können sowohl Beeinträchtigungen beim Wissenserwerb etwa Verständnisprobleme sein, als auch Beeinträchtigungen bei der Auswahl adäquater Zugriffsstrategien und Zugriffstools, die sich als Handhabungs-, Funktions- und Aufgabenprobleme äußern können und im Kontext von Lernen mit Hypertexten bzw. Hypermedien als „cognitive overhead“ (siehe Kap. 5.2) problematisiert wurden. Beeinflusst wird die Selektion, Organisation und Integration aufgabenrelevanter Zugriffstools durch die Aufgabe und durch die Personenmerkmale, wie räumlich-visuelle Fähigkeiten, den kognitiven Stil oder Lernstil oder durch computerbezogenes Nutzungsvorwissen.

Nach dem Arbeitsmodell ist die Gestaltung der angebotenen Zugriffstools möglichst auf die Lernaufgabe und die Personenmerkmale des Lernenden abzustimmen. Darüber hinaus sollte die Gestaltung der Zugriffstools die Selektion, Organisation und Integration relevanter Navigations- und Zugriffsoptionen beim Lernenden wenig „cognitive load“ verursachen. Eine Möglichkeit den „germane cognitive load“ positiv zu beeinflussen, ist der Rückgriff auf in ihrer Gestaltung und Handhabungsweise bekannte Zugriffstools. Für diese kann der Lernende aus dem Langzeitgedächtnis schon vorhandene Schemata und Skripte abrufen und muss keine neuen konstruieren.

TEIL B: NAVIGATIONSUSABILITY MULTIMEDIALEN LERNENS – EINE EMPIRISCHE STUDIE

8. KONZEPTION DER STUDIEN ZUR UNTERSUCHUNG DER BEDEUTUNG AUSGEWÄHLTER NAVIGATIONSTOOLS FÜR MULTIMEDIALES LERNEN

Multimediales Lernen kann vielseitig gestaltet sein, als lineare multimediale Lernumgebung oder als Hypermediale. Sie kann als zentrale Elemente Text, Bild, Audio, Animationen oder Videos enthalten und darüber hinaus auch kooperatives Lernen anbieten. Entscheidende Kriterien für den Lernerfolg mit einem multimedialen Lernangebot sind neben den kognitiven und den metakognitiven Voraussetzungen der Lernenden, der vermittelte Inhalt und die didaktische Konzeption sowie die angebotenen Zugriffstools. Zugriffstools sind Gegenstand der im Folgenden vorzustellenden Studien, die an den aktuellen Forschungsstand anknüpfen.

8.1. Problemstellung

Ein Hauptproblem bezüglich der Navigationsgestaltung ist bisher die mangelnde theoretische Fundierung, welche die Wirkungsweisen der Navigationsgestaltung auf den Wissenserwerb erklärt. Es scheint so zu sein, dass sich die kognitiven Prozesse, die zum Auffinden relevanter Informationen benötigt werden, von denen unterscheiden die der Wissenserwerb erfordert (siehe Abb. 7-1). Die Modelle CTML (Mayer, 2005b), ITML (Schnotz, 2005) oder die „cognitive-load“ Theorie (Chandler & Sweller, 1991; Sweller & Chandler, 1991) bieten zwar jeweils Erklärungsansätze für kognitive Prozesse des Wissenserwerbs an, jedoch für die ablaufenden kognitiven und metakognitiven Prozesse beim Navigieren lassen sie widersprüchliche Erklärungen der Wirkungsweisen zu. Die Folge ist, dass sich das Zusammenwirken von informationsverarbeitenden Prozessen und Navigationsprozessen bisher nicht eindeutig erklären lässt.

Ausgehend von den theoretischen Ausführungen und der Diskussion bisheriger Forschungsergebnisse zu Navigations- und Orientierungsaspekten kann die Grundlage für die Konzeption einer Studie zum Thema „Wirkungsweisen von Zugriffstools auf multimediales Lernen“ deren Gestaltung sein. Daneben wäre als anderer Ausgangspunkt ein Fokus der Studie auf den Interaktionsprozess denkbar.

Potenzielle Untersuchungsfragestellungen zum Navigationsdesign: Eine systemorientierte Perspektive untersucht die Auswirkungen verschiedener Gestaltungsvarianten von Zugriffstools auf die Interaktion zwischen Lernendem und multimedialer Lernumgebung, meist bezogen auf den Navigations- und Lernerfolg, die Informationsverarbei-

tion oder die Motivation. Ziel solcher Untersuchungsfragestellungen ist es festzustellen, welche Art und Gestaltung von Zugriffstools Lernende während ihres Lernprozesses beim Wissenserwerb unterstützen und welche eher behindern. Zudem richten sich solche Untersuchungsfragestellungen auf die Untersuchung von Wechselwirkungen zwischen der Art und der Gestaltung von Zugriffstools und Aufgaben- sowie Lernendenmerkmalen. Strukturierungsaspekte sowie Aspekte der Gestaltung von Menüs, grafischen Browsern, „maps“ oder Links wären unter dieser Perspektive typische Untersuchungsgegenstände.

Potenzielle Untersuchungsfragestellungen zum Interaktionsprozess betrachten den Lernprozess eines Lernenden in Abhängigkeit von den Merkmalen der Lernumgebung. Darüber hinaus werden seine Navigationspräferenzen, seine Navigationsmuster und seine Suchstrategien untersucht. Auch die Auswirkungen navigationsbezogener Restriktionen auf das Lernverhalten, die Informationsverarbeitung, die Lernstrategien, die Navigationsentscheidungen oder die Motivation sowie die Gründe für deren Auftreten können ein weiterer Fokus von Untersuchungsfragestellungen zum Interaktionsprozess sein.

Ausgewählte Untersuchungsfragestellung: Im Zusammenhang mit multimedialem Lernen wird immer wieder das Problem des „cognitive overhead“ beschrieben. Allerdings ist die empirische Befundlage uneindeutig. Studien zur Lernwirksamkeit verschiedener Zugriffstools berichten teilweise Wirkungen auf den Lernerfolg oder die Lernzufriedenheit, andere jedoch nicht. Es kann aus den Untersuchungsergebnissen geschlossen werden, dass „cognitive overhead“ sowohl aus der inhaltlich-didaktischen Gestaltung resultieren kann, als auch aus dem Design der Zugriffstools. Da es kein einheitlich anerkanntes Instrument zur Messung des „cognitive overhead“ gibt und Untersuchungen zur Lernwirksamkeit verschiedener Zugriffstools, diesen Aspekt nicht systematisch kontrollieren, lässt sich nicht explizit schlussfolgern, welche Ursachen den festgestellten „cognitive overhead“ ausgelöst hatten. Wird „cognitive overhead“ als Summe des auftretenden „intrinsic cognitive load“, „extraneous cognitive load“ und „germane cognitive load“ aufgefasst, ist „cognitive overhead“ dann feststellbar, wenn die Summe des auftretenden „cognitive load“ die Arbeitsgedächtnisspanne eines Lernenden übersteigt, also „cognitive overload“ auftritt. Für die Interpretation der empirischen Befundlage bedeutet diese Annahme, dass die uneinheitlichen Befunde darauf basieren könnten, dass in Studien, die „cognitive overhead“ berichten, inhaltlich-instruktionale Faktoren und die Gestaltung der Zugriffstools dazu führten, dass die Arbeitsgedächtnisspanne der Lernenden während ihres Lernprozesses zeitweise überschritten wurde, wodurch „cognitive overload“ auftrat. In Studien, die keinen „cognitive overhead“ berichteten, kann es durchaus zu einem hohen „cognitive load“ gekommen sein, ausgelöst durch die inhaltlich-instruktionale Gestaltung und die Gestaltung der Zugriffstools. Die Beanspruchung des Arbeitsgedächtnisses überstieg jedoch nicht die Kapazitätsgrenzen des Arbeitsgedächtnisses der Lernenden. Die Folge waren möglicherweise Unterschiede in den Lernergebnissen.

sen, obwohl kein „cognitive overhead“ von den Lernenden berichtet wurde. Die empirische Forschungslage erlaubt bisher jedoch keine Trennung zwischen didaktisch-instruktional bedingtem „cognitive overhead“ und navigationsbedingtem „cognitive overhead“, wie im Arbeitsmodell angenommen. Zur inhaltlich-didaktischen Gestaltung gibt es einige Anhaltspunkte, wodurch erhöhter „cognitive load“ verursacht (Sweller, 1999, 2005) und auch wie er instruktional unterstützt verringert werden kann (Renkl, 2005). Zur Gestaltung von Zugriffstools gibt es bisher eine solche empirische Befundlage noch nicht. Es scheint demnach sinnvoll, festzustellen, welche Zugriffstools unter welchen Bedingungen, welchen „cognitive load“ auslösen. Bislang haben noch keine Untersuchungen, systematisch verschiedene Zugriffstools variiert und die Auswirkungen auf den verursachten „cognitive load“ gemessen. Zugriffstools zeichnen sich, nicht nur über ihre Art aus, beispielsweise ob ein Inhaltsverzeichnis oder ein grafischer Browser als Zugriffstool angeboten wird sondern auch, über ein Kontinuum an Funktionalität in der Handhabung für den Lernenden. Wobei das Kontinuum an Funktionalität von eher handhabungsfreundlich bis handhabungsunfreundlich reicht. Neben der Art des eingesetzten Zugriffstools ist demnach auch ein Einfluss der Gestaltung denkbar.

Aus den bisherigen Überlegungen lassen sich somit zwei Forschungsfragen zum Navigationsdesign formulieren: Welche Bedeutung haben unterschiedliche Arten von Zugriffstools auf multimediales Lernen? Welchen Einfluss hat eine Variation der Usability der Zugriffstools auf multimediales Lernen?

8.2. Forschungsfragen

8.2.1. Welche Bedeutung haben unterschiedliche Arten von Zugriffstools auf multimediales Lernen?

Zugriffstools können einen eher statischen oder einen eher dynamischen Informationszugriff erlauben. Statische Formen präsentieren alle verfügbaren Lerninhalte auf einmal über das Zugriffstool. Der Lernende kann durch Anklicken mit der Maus den gewünschten Inhalt anwählen und gelangt zu weiteren Informationen des Informationsknotens über „seitenweises Weiterblättern“ von einer Bildschirmseite zur nächsten. Dynamische Zugriffstools erlauben den Zugriff auf den gewünschten Informationsknoten sequenziell über zusätzliche Mausklicks und den Zugriff auf die Inhalte des Knotens über „vertikales Herunterscrollen“ mit der Maus. Aus der Perspektive notwendiger Handlungen für die Informationssuche und den Informationszugriff stellen sich mehrere Fragen. Welche Arten von Zugriffstools unterstützen den Wissenserwerb am besten, indem sie den geringsten „cognitive load“ bei der Informationssuche und beim Informationszugriff verursachen? Welchen Einfluss hat die Lernaufgabe auf die Informationssuche und den Informationszugriff?

Im Rahmen dieser Forschungsfrage sollen die Auswirkungen unterschiedlicher Zugriffstools in ihrer Handhabung auf den „cognitive load“ während des Lernens, in Abhängigkeit von der gestellten Lernaufgabe untersucht werden. Als Indikator für mentale Beanspruchung des Lernenden durch das Zugriffstool dient, der gemessene cognitive load.

8.2.2. Welchen Einfluss hat eine Variation der Usability von Zugriffstools auf multimediales Lernen?

Zugriffstools erlauben, auf die einzelnen Knoten und die dahinter verborgenen Informationen zuzugreifen, aber auch auf Informationen innerhalb eines Knotens. Es stellt sich nun die Frage danach, wie groß die Segmente sein können, die sich hinter einer Navigationsoption verbergen. Sind zu große Segmente tatsächlich in ihrer Handhabung lernerunfreundlich oder ungünstig bezüglich des „cognitive load“, den sie vom Lernenden verlangen? Ist die gestellte Lernaufgabe von Bedeutung? Nehmen Lernende die Veränderung der Usability wahr und wie beurteilen sie diese bezüglich ihrer lernunterstützenden Funktion? Im Rahmen dieser Forschungsfragen rückt die Gestaltung der Zugriffstools in den Forschungsfokus. Insbesondere mögliche Auswirkungen der Toolhandhabung auf die Bewältigung der gestellten Lernaufgabe und den auftretenden cognitive load sollen untersucht werden.

8.3. Konzeption der Studie

Entsprechend dem Arbeitsmodell (siehe Kap. 7) wird davon ausgegangen, dass die Ergebnisse der Informationssuche von der Unterstützung durch die angebotenen Zugriffstools bei der Informationssuche und Informationsselektion abhängig sind. Weiterhin wird angenommen, dass sich „cognitive overhead“ aus der Summe des „intrinsic cognitive load“, „extraneous cognitive load“ und „germane cognitive load“ ergibt, bei der die individuelle Arbeitsgedächtnisspanne des Lernenden überschritten wird und die Informationsverarbeitung abgebrochen wird (siehe Kap. 5.2). Wenn verschiedene Zugriffstools unterschiedlich bei der Informationssuche und beim Informationszugriff unterstützen, müssten sie, unterschiedlichen „cognitive load“ beim Lernenden verursachen. Dabei hängt die Höhe des aufzuwendenden cognitive load davon ab, wie viel cognitive load ein Lernender auf die Textrezeption im Verhältnis zur Informationssuche aufwenden muss. Je mehr „cognitive load“ ein Lernender auf die Informationssuche und den Informationszugriff richten muss, und je weniger kognitive Ressourcen deshalb für den Wissenserwerb zur Verfügung stehen, umso weniger unterstützt das angebotene Zugriffstool den Wissenserwerb. Es wird auch davon ausgegangen, dass die gestellte Lernaufgabe entsprechend des Arbeitsmodells eine Rolle spielen könnte. Zudem wird im Arbeitsmodell einen Einfluss der Personenmerkmale auf den Wissenserwerb postuliert. Wie im Kapitel Teil A:6 zum Forschungsstand dargestellt, kann das Navigationsverhalten nicht nur vom

Vorwissen beeinflusst werden, sondern auch von der Computererfahrung oder von den computerbezogenen Einstellungen. Deshalb werden in beiden Studien diese Faktoren kontrolliert.

In denen zu den Forschungsfragen konzipierten, durchgeführten und ausgewerteten Studien wurden die Fragen zum Einfluss der Art des Zugriffstools und zur Bedeutung der Usability von Zugriffstools unter möglichst realitätsnahen, aber dennoch kontrollierten Laborbedingungen untersucht. Es wird das Navigationsverhalten der Lernenden zunächst auf der Ebene von Einzelaktionen beschrieben, bevor die Einzelaktionen aggregiert wurden und auf dahinterliegende kognitive und metakognitive Prozesse geschlossen wird. Die Forschungsfragestellungen machen zwei Studien erforderlich, eine zu jeder Forschungsfrage. Die Variation der Zugriffstools musste, aufgrund der Erhebungsmethode des cognitive load (Brünken, Plass, & Leutner, 2003), in beiden Studien über ein „within subject“ Untersuchungsdesign realisiert werden. Die erste Studie prüft den Einfluss der Art der Zugriffstools und die zweite Studie die Auswirkungen der Usability auf multimediales Lernen.

8.4. Forschungshypothesen und Forschungsannahmen

Die beiden Forschungsfragestellungen implizieren die Annahme, dass verschiedene Zugriffstools, möglicherweise aufgabenabhängig, unterschiedlich den Wissenserwerb eines Lernenden unterstützen. Es wird weiterhin angenommen, dass die postulierte unterschiedliche Lernunterstützung verschiedener Zugriffstools sich in Leistungs- und Akzeptanzmaßen äußert. Als Leistungsmaße wurden der Lernerfolg, der auftretende cognitive load sowie die Reaktionszeiten des Auges bei der Rezeption des Lerninhaltes und bei der Informationssuche (Blickverhalten) ausgewählt. Als subjektives Akzeptanzmaß dient die vom Lernenden während des Wissenserwerbs erlebte Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit bezüglich der Handhabung der in der multimedialen Lernumgebung angebotenen Zugriffstools.

8.4.1. Hypothesen und Annahmen zur Art der Zugriffstools

Unterschiede durch die Variation der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ sollten sich entsprechend des Arbeitsmodells in unterschiedlichem „cognitive load“ des Arbeitsgedächtnisses äußern.

H1: Es gibt einen Effekt der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ auf den gemessenen „cognitive load“ des Lernenden: Die statischen Zugriffstools verursachen eine geringere Arbeitsgedächtnisbelastung beim Lernenden, als die dynamischen Zugriffstools.

Carpenter und Just (1976) zufolge fixiert das Auge genau die Information, die es gerade verarbeitet („eye-mind“ Hypothese). Nach der „eye-mind“ Hypothese kommt es zu längeren Fixationszeiten und Rücksprüngen zu bereits zuvor fixierten Informationen, wenn Schwierigkeiten bei der Informationsverarbeitung auftreten. Das Blickverhalten kann demnach als Indikator für kognitive Belastung genutzt werden. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine möglichst geringe kognitive Belastung während der Informationssuche und des Informationszugriffs dem Lernenden ermöglicht, die restlichen verfügbaren kognitiven Ressourcen auf den Wissenserwerb zu fokussieren. Eine günstige Toolgestaltung äußert sich dementsprechend, im Verhältnis zwischen Blicken auf den Lerninhalt zu Blicken auf die Navigationselemente. Eine geringere Anzahl und eine kürzere Verweildauer des Auges auf Navigationselementen im Verhältnis zum Lerninhalt sowie eine geringere Anzahl und kürzere Blicksprünge zwischen dem Lerninhalt und den Navigationselementen führen zu einem höheren Quotienten, der auf mehr verfügbare kognitive Ressourcen für den Lerninhalt und somit auf mehr kognitive Ressourcen für den Wissenserwerb hinweist.

H2: Es gibt einen Effekt der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ auf das Blickverhalten beim Lernen: Das Verhältnis zwischen dem Blickverhalten auf die Navigationselemente zum Lerninhalt weist für die statischen Zugriffstools einen größeren Quotienten auf, als für die dynamischen Zugriffstools.

Da einige empirische Studien (Gerdes, 1997; Zumbach, 2006) Effekte auf den Lernerfolg berichten, ist es darüber hinaus plausibel anzunehmen, dass sich der Lernzuwachs durch die Variation der Zugriffstools unterscheidet.

H3: Die statischen Zugriffstools führen zu höherem Wissenszuwachs, als die dynamischen Zugriffe.

Ein weiterer Leistungsparameter ist die Lerndauer. Je nach Unterstützungspotenzial des angebotenen Zugriffstools ist es wahrscheinlich, dass der Gebrauch der verschiedenen Zugriffstools unterschiedlichen Zeitaufwand vom Lernenden erfordert und deshalb auch zu unterschiedlichen Lerndauern führen könnte.

H4: Es gibt einen Effekt der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ auf die Lerndauer. Lernende, die mit den statischen Zugriffstools lernen, weisen kürzere Lernzeiten auf, als Lernende, die mit den dynamischen Zugriffstools lernen.

Im Kontext von Evaluationsstudien multimedialer Lernangebote wurde die Akzeptanz des angebotenen Lernangebotes „Bio Prinz“ mittels des Akzeptanzfragebogens ISO-NORM 9241-10 von Prümper und Anft erhoben (Wiemeyer, 2003). Es kann demnach

davon ausgegangen werden, dass Unterschiede in der Usability der unabhängigen Variablen „Zugriffstools“ von den Lernenden wahrgenommen und subjektiv beurteilt werden können.

H5: Die unabhängige Variable „Zugriffstooltyp“ beeinflusst die subjektive Bewertung der Usability. Die Lernenden schätzen die statischen Zugriffstools günstiger ein, als die dynamischen Zugriffstools.

Neben den Forschungshypothesen soll ausgehend von theoretischen Überlegungen noch nach weiteren Effekten der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ gefragt und diese Effekte explorativ untersucht werden.

Smith und Wilson (1993) teilen die fünf Navigationsstrategien von Canter et al. (1985) danach auf, welche Zielsetzung der Lernende bei der Aufgabenbearbeitung verfolgt. Verschafft sich der Lernende einen Überblick über das angebotene Wissen oder versucht er es zusammenzufassen und in sein bisheriges Wissen zu integrieren, so treten „scanning“ und „exploring“ als Navigationsverhalten nach Canter auf. Es ist gekennzeichnet durch tiefe „spikes“ und kurze „loops“. Lernende folgen beim Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ eher der vom Autor der multimedialen Lernumgebung vorgegebenen hierarchischen Struktur. Verfolgt der Lernende hingegen einen eigenen Gedanken (Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“), versucht er beispielsweise eine klar definierte Lernaufgabe zu lösen, so treten „browsing“ und „searching“ als Navigationsstrategien auf, mit langen „loops“ und (wenigen) großen Ringen als Navigationsmuster. Der Lernende sucht nacheinander gezielt bestimmte aufgabenrelevante Informationen und verlässt dabei die hierarchische Struktur. Beide Aufgabentypen, zum einen der Typ „Überblick und Zusammenfassung“ und zum anderen der Typ „Elaboration und Ausarbeitung“ unterscheiden sich hinsichtlich der Anforderungen an die Navigationsgestaltung. Es ist deshalb erwartbar, dass die verschiedenen Arten von Zugriffstools (statisch vs. dynamisch) jeweils in unterschiedlichem Ausmaß den Lernenden bei der Aufgabenbewältigung unterstützen. Es wird deshalb ein Zusammenhang zwischen Art des angebotenen Zugriffstooltyps und der Aufgabe angenommen mit Unterschieden in den beiden Leistungsmaßen Blickbewegungen und dem „cognitive load“.

A1: Es wird ein Interaktionseffekt der unabhängigen Variablen „Zugriffstools“ x „Aufgabe“ erwartet, der das Blickverhalten beeinflusst. Der Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ wird von den statischen Zugriffstools besser unterstützt als durch die dynamischen Zugriffstools. Das Verhältnis zwischen dem Blickverhalten auf die Navigationselemente und dem Lerninhalt sollte für die statischen Zugriffstools einen größeren Quotienten aufweisen, als für die dynamischen Zugriffstools. Der Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ wird durch die dynamischen Zugriffstools besser unterstützt, als durch die statischen Zugriffs-

tools. Das Verhältnis zwischen den Blicken auf die Navigationselemente und den Blicken auf den Lerninhalt sollte für die statischen Zugriffstools einen größeren Quotienten aufweisen, als für die dynamischen Zugriffstools.

- A2:** Es wird ein Interaktionseffekt der unabhängigen Variablen „Zugriffstools“ x „Aufgabe“ bezüglich des gemessenen cognitive load erwartet. Für die statischen Zugriffstools sollte der cognitive load dann geringer ausfallen, wenn die Aufgabe des Typs „Überblick und Zusammenfassung“ bearbeitet und höher, wenn der Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ bearbeitet wurde. Für die dynamischen Zugriffstools sollte der „cognitive load“ dann geringer ausfallen, wenn die Lernenden mit dem Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ lernen und höher, wenn sie mit dem Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ lernen.

8.4.2. Hypothesen und Annahmen zur Usability der Zugriffstools

Mc Donald und Stevenson (1996) konnten zeigen, dass Lernende durch eine schlechte Usability überfordert waren, direkte Routen zur gewünschten Information zu planen und umzusetzen. Ein entscheidender Faktor der Zugänglichkeit zur gewünschten Information scheint deren Strukturierung zu sein, denn Strukturierungshilfen konnten Überforderung verhindern (Salmeron et al., 2003; Shapiro, 2000).

Es müssen zwei Arten der Strukturierung von Informationen in multimedialen Lernumgebungen unterschieden werden, zum einen die Strukturierung der Hypertextbasis an sich. Zu diesem Aspekt liegen Untersuchungen vor, in denen sich eine hierarchische Strukturierung (Mohageg, 1992; Niederhauser et al., 2000) oder eine Kombination aus netz- und hierarchischer Struktur (McDonald & Stevenson, 1998; Mohageg, 1992; Schoon & Cafolla, 2002) als lernförderlich herausgestellt haben. Zum anderen muss die Strukturierung des Inhalts eines einzelnen Informationsknotens abgegrenzt werden. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, wie umfangreich die Informationen, die ein Informationsknoten anbietet, sein können, um Lernen zu unterstützen und vom Lernenden als leicht zugänglich eingeschätzt zu werden. Unterschiede durch die Variation der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“, die über den Umfang der Segmentierung, also der direkt über die angebotenen Zugriffstools ansteuerbaren Inhaltssegmente, realisiert wurde, müssten sich demnach in der subjektiven Bewertung der Usability ebenso widerspiegeln, wie in den drei Leistungsmaßen „cognitive load“, Blickverhalten und Lernleistung.

- H6:** Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools hat einen negativen Effekt auf den „cognitive load“ des Arbeitsgedächtnisses des Lernenden. Lernende beider alternativer Zugriffstooltypen weisen einen höheren „cognitive load“ auf, wenn sie mit den geringer segmentierten Zugriffstools lernen müssen.

-
- H7:** Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools hat einen Effekt auf das Blickverhalten der Lernenden. Das Verhältnis zwischen den Blicken auf die Navigationselemente zu den Blicken auf den Lerninhalt weist für die geringer segmentierten statischen Zugriffstools und die geringer segmentierten dynamischen Zugriffstools einen niedrigeren Quotienten auf, als für die statischen und dynamischen Zugriffstools ohne Segmentierungsveränderung.
- H8:** Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools führt zu schlechteren Lernergebnissen. Lernende beider verschlechterter Zugriffstooltypen erzielen, wenn sie mit der geringer segmentierten Navigationsvariante lernen müssen, schlechtere Lernergebnisse.
- H9:** Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ der angebotenen Zugriffstools beeinflusst die subjektive Bewertung der Usability. Lernende beider Zugriffstooltypen schätzen die Usability negativer ein, wenn sie mit der geringer segmentierten Variante der Zugriffstools lernen mussten.

Auch für den Einfluss der Usability lassen sich aus theoretischen Überlegungen weitere Annahmen zu Aufgabeneffekten treffen, die explorativ untersucht werden sollen.

Chang und McDaniel (1995) ordnen Navigationsverhalten auf einem Kontinuum von zufälliger bis geplanter Suche ein. Dabei leitet die Lernaufgabe das Navigationsverhalten. Die Kompatibilität zwischen Lernaufgabe und Systemmerkmalen stellen etwa DeLucas (1995) oder Mohageg (1992) heraus. Wenn nun davon ausgegangen wird, dass je nach spezifischer Lernaufgabe entweder eher zufällige oder eher geplante Suchaktivitäten des Lernenden den Lernerfolg forcieren, dann müsste sich die Veränderung der Zugänglichkeit zu den angebotenen Informationen aufgabenspezifisch auswirken.

- A3:** Es wird ein Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ x Aufgabe auf die Höhe des gemessenen „cognitive load“ erwartet. Der Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“, als auch der Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ werden durch den Gestaltungstyp „Alternativvariante“ der angebotenen Zugriffstools weniger unterstützt als durch die Bedienung „Grundvariante“.
- A4:** Es wird ein Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ x „Aufgabe“ auf die Blickbewegungen erwartet. Beide Aufgabentypen werden weniger durch den Gestaltungstyp „Alternativvariante“ unterstützt, als durch den Gestaltungstyp „Grundvariante“. Das Verhältnis zwischen den Blicken auf die Navigationselemente zu den Blicken auf den Lerninhalt sollte für die geringer segmentierten statischen Zugriffstools und dynamischen Zugriffstools einen kleineren Quotienten aufweisen, als für die statischen und dynamischen Zugriffstools ohne Segmentierungsveränderung.

8.4.3. Annahme zu den Einflussfaktoren auf den Lernerfolg

Im Arbeitsmodell wurden verschiedene Einflussfaktoren auf den Lernerfolg beim multimedialen Lernen postuliert. Es soll deshalb explorativ geprüft werden, ob sich für einige der postulierten Einflussfaktoren auch empirische Belege finden lassen. Basierend auf dem Forschungsüberblick wurden „computer literacy“, Einstellungen und das Vorwissen ausgewählt, ebenso wie der cognitive load und die Blickbewegungen sowie die Lerndauer und die Usability der angebotenen Zugriffstools.

A5: Es wird ein Einfluss der Usability, der „computer literacy“, der Einstellungen, des Blickverhaltens, des cognitive load, der Lerndauer und des Vorwissens (allg._Vorwissen) auf den Lernerfolg angenommen.

8.4.4. Ergänzende Annahme zu Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability multimedialer Lernumgebungen

Einer der drei zentralen Usabilityeigenschaften ist die Effizienz (DIN-ISO9241-11, 1998; Nielsen, 1993). Sie wird beschrieben als Verhältnis der eingesetzten Ressourcen zum Lernergebnis. Neben finanziellen Kosten oder Material spielen für den Lernenden wahrscheinlich der aufgewendete „cognitive load“ zur Lösung der Aufgabe und die Lernzeit eine entscheidende Rolle bei der Effizienzbeurteilung seines Wissenserwerbs, vermutlich aber auch bei der Effektivitäts- und Zufriedenheitsbeurteilung.

Nach der cognitive load Theorie (Sweller & Chandler, 1991) wird der „extraneous cognitive load“, durch die Instruktionsgestaltung, aber auch durch die Usability beeinflusst. Es wird deshalb angenommen, dass insbesondere die subjektive Wahrnehmung der beiden Usability-Aspekte Effektivität und Effizienz (DIN-ISO9241-11, 1998) durch den Lernenden vom aufzuwendenden „cognitive load“ für die Informationsverarbeitung und für die Informationssuche beeinflusst werden könnte.

Des Weiteren wird angenommen, dass auch das Blickverhalten Einfluss auf die Beurteilung der Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenheit“ mit den angebotenen Zugriffstools hat. Nach der „eye-mind“ Hypothese (Carpenter & Just, 1976; Just & Carpenter, 1980) kommt es zu längeren Fixationszeiten und Rücksprüngen zu bereits zuvor fixierten Informationen, wenn Schwierigkeiten bei der Informationsverarbeitung auftreten. Es ist anzunehmen, dass Lernende insbesondere Rücksprünge als Handhabungsprobleme der Zugriffstools wahrnehmen und diese Wahrnehmung mit in die Beurteilung der Usability-Eigenschaften einfließen lassen. Es ist darüber plausibel anzunehmen, dass die „computer literacy“ und die computerbezogenen Einstellungen auf die subjektive Beurteilung der Usability Einfluss haben. In einer explorativen Analyse soll der Einfluss der einzelnen Faktoren abgeschätzt werden.

A6: Es wird angenommen, dass die „computer literacy“, die Einstellungen, das Blickverhalten, der „cognitive load“, die Lerndauer und das erworbene Wissens Auswirkungen auf die Bildung eines subjektiven Urteils zur Akzeptanz einer multimedialen Lernumgebung haben.

8.5. Methode

8.5.1. Untersuchungsdesign

Zur Untersuchung der Forschungsfragestellungen wurden zwei Experimente konzipiert. Die erste Studie fokussiert auf die Art der angebotenen Zugriffstools und ihre Auswirkungen auf das Lernen. Die zweite Studie soll den Einfluss der Zugriffstoolgestaltung, also die Bedeutung der Usability, auf das Lernen explorieren.

8.5.1.1. Studie 1 zur Untersuchung der Frage: Welche Bedeutung haben unterschiedliche Arten von Zugriffstools auf multimediales Lernen?

Um diese Frage zu beantworten, wurden zwei Zugriffstooltypen konstruiert, ein statischer und ein dynamischer, die experimentell variiert wurden. Der statische Zugriffstooltyp besteht aus einem Inhaltsmenü in Kombination mit dem Fortbewegungstool „seitenweises Weiterblättern“ innerhalb eines Lernthemas. Wohingegen der dynamische Zugriffstooltyp die Lerninhalte eines Lernthema sequenziell über ein „pull-down“ Menü präsentiert und die Fortbewegung innerhalb eines Lernthemas über „vertikales Herunterscrollen“ ermöglicht. Neben der Frage, welche Auswirkungen die Art eines Zugriffstools auf die Informationsverarbeitung hat, soll auch die Annahme exploriert werden, ob Auswirkungen der Art des Zugriffstools für bestimmte Aufgaben nachweisbar sind. Um diese Annahme zu prüfen, wurden Aufgaben des Typs „Überblick und Zusammenfassung“ und „Elaboration und Ausarbeitung“ an die Lernenden gestellt. In Studie 1 sollen die Hypothesen H1-H5 sowie die Annahmen A1 und A2 untersucht werden.

8.5.1.2. Studie 2 zur Untersuchung der Frage: Welchen Einfluss hat eine Variation der Usability von Zugriffstools auf multimediales Lernen?

Zur Beantwortung dieser Frage bearbeiten die Lernenden zwei aufeinander folgende Kapitel des Lernprogramms. Im ersten Kapitel des Lernprogramms erhalten sie eine in ihrer Bedienbarkeit benutzerfreundliche Variante entweder des statischen Zugriffstooltyps oder des dynamischen Zugriffstooltyps. Im zweiten Kapitel arbeiten sie mit in ihrer Bedienbarkeit veränderten Tools des gleichen Zugriffstooltyps, wie im ersten Kapitel. Mithilfe der zweiten Studie sollen die Hypothesen H6-H9 geprüft sowie die Annahmen A3-A6 explorativ untersucht werden.

In Studie 1 wurden in einem 2x2 faktoriellen Messwiederholungsdesign für die unabhängigen Variablen „Zugriffstooltyp“ und „Aufgabentyp“ die Auswirkungen der Art des Zugriffstools auf das multimediale Lernen (siehe Tab. 8-1 und Tab. 8-2) mit insgesamt 71 Probanden untersucht. Sequenzeffekte kontrollierte die interindividuelle Ausbalancierung der Reihenfolge. Die Untersuchung der Auswirkungen der Usability auf das Lernen wurde in Studie 2 mit einem 2x2x2 Messwiederholungsdesign erforscht. Als unabhängige Variablen wurden der „Zugriffstooltyp“, der „Aufgabentyp“ und der „Gestaltungstyp“ variiert und mit insgesamt 79 Probanden erforscht. Das Design der Studie 2 wurde um eine Treatmentgruppe im Design der Studie 1 mit 39 Testteilnehmern ergänzt, um die Hypothesen zum Blickverhalten beantworten zu können, da dies in Studie 1 aufgrund technischer Zwänge nur teilweise möglich war.

Messwiederholungen				
Zugriffstooltyp				
statisch		dynamisch		
Aufgabentyp				
VP	Überblick	Elaboration	Überblick	Elaboration
1				
2				
3				
...				
62				

Tab. 8-1: Übersicht Untersuchungsdesign für die Studie 1

Messwiederholungen

		Gestaltungstyp				
		Grundvariante		Alternativvariante		
		Aufgabentyp				
VP		Überblick	Elaboration	Überblick	Elaboration	
Navigationstyp	statisch	1				
		2				
		3				
		...				
		40				
	dynamisch	1				
		2				
		3				
		...				
		39				

Tab. 8-2: Übersicht Untersuchungsdesign für die Studie 2

8.5.2. Untersuchungsmittel (Lernprogramm)

Für die Untersuchung wurde ein hierarchisches multimediales Hypertext-Lernprogramm zum Thema „Logik von Signifikanztests“ für Studierende im BA-Studium mit deskriptiven Statistikvorkenntnissen entwickelt. Zwei beispielhafte Screenshots des multimedialen Lernprogramms zeigen die Abb. 8-1 und die Abb. 8-2.

The screenshot displays a learning program interface. At the top, there is a navigation bar with buttons for 'Lerninhalt', 'Aufgaben', 'Glossar', 'Formeln', and '?'. Below this, a header area contains the text 'gerichtete - ungerichtete Hypothese' and 'kennwort'. On the left side, a vertical navigation menu is visible, listing various topics such as 'Hypothesen und Signifikanz', 'Grundlagen Hypothesen', 'Alternativ- und Nullhypothese', 'gerichtete - ungerichtete Hypothese', 'Bedeutung der Signifikanz', 'Fehler', 'Effektstärke', and 'Signifikanztests'. The main content area is divided into two columns. The left column contains text explaining 'gerichtete - ungerichtete Hypothesen' and provides an example: 'Bei einer gerichteten Hypothese legt man fest in welche Richtung sich etwas entwickeln wird. Ein Beispiel ist die eben genannte Forschungsfrage: „Studenten sind intelligenter als der Durchschnitt aller Bundesbürger.“' It also states: 'Hierbei wird also festgelegt, in welche Richtung die Intelligenz geht, nämlich der Durchschnitt der Bundesbürger ist weniger intelligent als die Studenten.' The right column is titled 'gerichtete Hypothese:' and features a diagram. The diagram shows two stick figures, 'Studenten' and 'Bundesbürger', each holding a hammer. Below them are two boxes representing IQ scores. The 'Studenten' box contains six 'IQ' labels arranged in two columns of three. The 'Bundesbürger' box contains four 'IQ' labels arranged in two columns of two. A red arrow points from the 'Bundesbürger' box towards the 'Studenten' box, with a red '>' symbol below it, indicating a directional hypothesis that students have higher IQ.

Abb. 8-1: Bsp. Screenshot zum Lerninhalt



Abb. 8-2: Bsp. Screenshot zu den Aufgaben

Das multimediale Lernprogramm vermittelt Basisinformationen zu den Themen Hypothesenbildung, Signifikanzbegriff, Signifikanzniveau sowie Effektstärken und stellt ausgewählte parametrische und nichtparametrische Signifikanztestverfahren vor. Ziel ist die Vermittlung von Fakten- und Zusammenhangswissen, damit Lernende schrittweise Fähigkeiten und Fertigkeiten erwerben, Ergebnisse von Signifikanztests richtig zu interpretieren. Das multimediale Lernprogramm gliedert sich in zwei Kapitel, welche jeweils die Teile (a) Vermittlung des Lerninhaltes, (b) Aufgabenbearbeitung und (c) Lösung der Lerntestaufgaben beinhalten. Es umfasst ca. 140 Bildschirmseiten mit themenbezogenen Text- und Bildinformationen. Die Lerninhalte der multimedialen Lernumgebung sind vertikal hierarchisch und horizontal hierarchisch strukturiert. Die vertikale Strukturierung gliedert wichtige Konzepte. Sie wird als hierarchische textorientierte Übersicht in Form eines mit der Computermaus anklickbaren Menüs visualisiert. Das Menü dient zudem der Orientierung und zur Vermeidung von Desorientierung. Die horizontale Vernetzung verbindet bedeutsame Informationseinheiten eines Konzeptes miteinander. Sie wird je nach Treatment über die Fortbewegungstools „vertikales Herunterscrollen“ oder durch „seitenweises Weiterblättern“ visualisiert. Textlinks, als assoziative Querverweise, verbinden Lerninhalte mit Glossarbegriffen und Lerninhalte untereinander. Sie durchbrechen damit die durch die Lernumgebung vorgegebene Hierarchie.

Als Gestaltungsgrundsätze für das multimediale Lernprogramm wurden, um eine akzeptable Usability für die multimediale Lernumgebung zu gewährleisten, Niensens (1994a)

zehn Prinzipien guten Designs verwendet (siehe auch Kap. 2.2). Die Tab. 8-3 stellt die zehn Prinzipien zusammen, kombiniert mit der im Lernprogramm vorgenommenen Umsetzung.

Nielsens 10 Gestaltungsprinzipien	Umsetzung im multimedialen Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“
<i>Visibility of system status: Der Benutzer sollte stets darüber informiert sein, was der Computer gerade tut.</i>	Die Menge des Lernstoffes wurde, sowohl beim Lerninhalt als auch bei den Aufgaben, als Zahlenwert visualisiert. Inaktive Schaltflächen wurden ausgegraut dargestellt, Aktive hervorgehoben. „Breadcrumbs“ als Pfadbeschreibung führen zur aktuellen Position in der Lernumgebung.
<i>Match between system and the real world: Anweisungen, Erläuterungen etc. sollten so formuliert sein, wie es der Nutzer aus seinem natürlichen Sprachkontext heraus kennt.</i>	Der Sprachgebrauch entspricht dem der Zielgruppe. Inhalte des Menüs wurden auf dem Einführungsbildschirm erklärt, wodurch das Inhaltsmenü selbsterklärend wird. Neue Fremdwörter werden sukzessive eingeführt und erklärt.
<i>User control and freedom: Unbeabsichtigte Aktion sollten rückgängig gemacht oder müssen abgebrochen werden können.</i>	Ungewollte Aktionen können mittels gewollter Aktion, etwa Anklicken einer gewünschten Information im Menü, beendet werden. Ein Warnhinweis unterstützt Lernende zu entscheiden, ob sie weiter lernen wollen oder den Wissenstest beginnen, bei dessen Beginn kein Rücksprung mehr zum Lerninhalt und den Aufgaben möglich ist.
<i>Consistency and standards: Konsistenz in der Gestaltung ist wesentlich bezüglich der Farb-, Schrift- oder Iconggestaltung, im Layout, in der Reihenfolge wiederkehrender Aktionen, in der Funktionalität von Menüs und Beschriftungen sowie in der Button- oder Mausbedienung, denn Konsistenz vereinfacht die Handhabung.</i>	Konsistenz wird erreicht durch einheitliche Farbgestaltung des Layouts in grün, beige und aubergine. Der Text, dargestellt in der Mitte des Bildschirms, wird schwarz dargestellt, wesentliche Inhalte rot hervorgehoben. Am oberen Bildschirmrand findet sich die Hauptnavigation, am linken Rand die Inhaltsnavigation und am rechten Rand oder am unteren mittleren Rand die Fortbewegungstools.
<i>Error prevention: Hilfen Fehler zu vermeiden, und sofern sie dennoch aufgetreten sind, Hilfen zu deren Behebung anzubieten, erleichtert die Handhabung.</i>	Zu Fehlervermeidung wird vor Beginn der Arbeit mit der multimedialen Lernumgebung deren Handhabung erklärt. Neuen möglichen Aktionen wird, bevor sie angeboten werden, eine Erklärung zur Handhabung vorangestellt.

Nielsens 10 Gestaltungsprinzipien	Umsetzung im multimedialen Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“
<i>Recognition rather than recall: Der Nutzer sollte möglichst wenige kognitive Verarbeitungsprozesse auf die Bedienung des Angebots lenken müssen.</i>	Lernende müssen sich für die Handhabung der multimedialen Lernumgebung keine Navigationsinformationen merken, außer dass alle gewünschten Informationen über Mausklicks abrufbar sind.
<i>Flexibility and efficiency of use: Für jeden Nutzer sollte die Schnittstelle möglichst eine passende Interaktionsform anbieten.</i>	Da die Zielgruppe für das multimediale Lernprogramm „Logik des Signifikanztest“ Anfänger mit deskriptiven Statistikvorkenntnissen sind, die zudem auch in der Handhabung der Lernumgebung Anfänger sind, werden die Inhalte der Lernumgebung über ein Menü präsentiert und alle Interaktionen zwischen Lernendem und multimedialem Lernprogramm, die dem Informationszugriff dienen, mittels Computermaus ermöglicht.
<i>Aesthetic and minimalist design: Dialoge sollten nur die nötigsten Informationen enthalten und das gesamte Design des Angebotes „schön“ aber minimalistisch gestaltet sein.</i>	Im multimedialen Lernprogramm wurde ausschließlich die Schriftart „Arial“ verwendet und über die Farben „schwarz“ dargestellt. Rot wurde für Hervorhebungen verwendet. Das Farbkonzept kommt mit 4 Farben für das Layout aus.
<i>Help users recognize, diagnose, and recover from errors: Gute Fehlermeldungen sind dadurch charakterisiert, dass sie klar, einfach und nicht beleidigend formuliert sind, systemorientierte Informationen an den Schluss stellen und konstruktive Hinweise zur Fehlerbehebung bzw. Fehlervermeidung beinhalten sowie höflich formuliert sind.</i>	Da systemseitige Fehler zum Beenden der Erfassung des cognitive load führten, wurden keine Fehlermeldungen implementiert. Falls Fehler auftraten, wurde der Test beendet.
<i>Help and documentation: Komplexe Systeme müssen über eine Bedienungsanleitung und Hilfefunktion verfügen..</i>	Hinter dem Button „Fragezeichen“ verbirgt sich die Hilfe zur Handhabung des multimedialen Lernprogramms .

Tab. 8-3: Nielsens 10 Prinzipien guten Designs und ihre Umsetzung im Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“

Bei der Gestaltung der multimedialen Lernumgebung wurde auf eine einheitliche Farbgestaltung und eine konsistente Zugriffstoolgestaltung geachtet (siehe Tab. 8-3), um dem Lernenden die Anwendung einmal erworbenen Wissens zur Handhabung der angebotenen Zugriffstools zu ermöglichen. Da die Lernenden aus Erfahrung eine eher hohe Hemmschwelle aufweisen, sich mit statistischen Sachverhalten zu beschäftigen, wurde über Gestaltungsaspekte hinausgehend auf eine möglichst einfache Vermittlung der wesentlichen Fakten und Zusammenhänge geachtet. Zudem sollen Beispiele aus dem päd-

gogisch-psychologischen, aber auch aus dem alltäglichen Kontext, den Zugang zum Thema für die Lernenden erleichtern.

8.5.3. Untersuchungsvariablen

8.5.3.1. Unabhängige Variablen

Die Auswahl meiner Forschungsfragestellungen sowie die aufgestellten Hypothesen und Annahmen ergibt eine experimentelle Manipulation der Art und Gestaltung der untersuchten Zugriffstools sowie der Lernaufgabe.

Zugriffstooltyp: Durch die Verwendung eines statischen und eines dynamischen Typs von Zugriffstools ergibt sich für die beiden Studien eine zweifach gestufte unabhängige Variable „Zugriffstooltyp“. Sie bietet dem Lernenden zwei verschiedene Möglichkeiten an, durch die multimediale Lernumgebung zu navigieren. Der statische Typ (siehe Abb. 8-3) präsentiert dem Lernenden sämtliche Navigationsoptionen gleichzeitig und minimiert so die erforderlichen Navigationshandlungen. Der Lernende erreicht in der Regel über einen Mausklick, die gewünschte Information, da alle in der Lernumgebung verfügbaren Themen in einem hierarchischen Inhaltsmenü auf der linken Bildschirmseite dargestellt werden. Alle zu diesem Lernthema verfügbaren Informationen können Bildschirmseite für Bildschirmseite über einen „Vorwärts-Button“ oder „Zahlen-Button“ an der unteren Bildschirmkante angesteuert werden. Dabei wurde der gesamte Lerninhalt so segmentiert, dass alle Informationen zu einem Teilaspekt unter einer Überschrift auf einer Bildschirmseite Platz fanden.

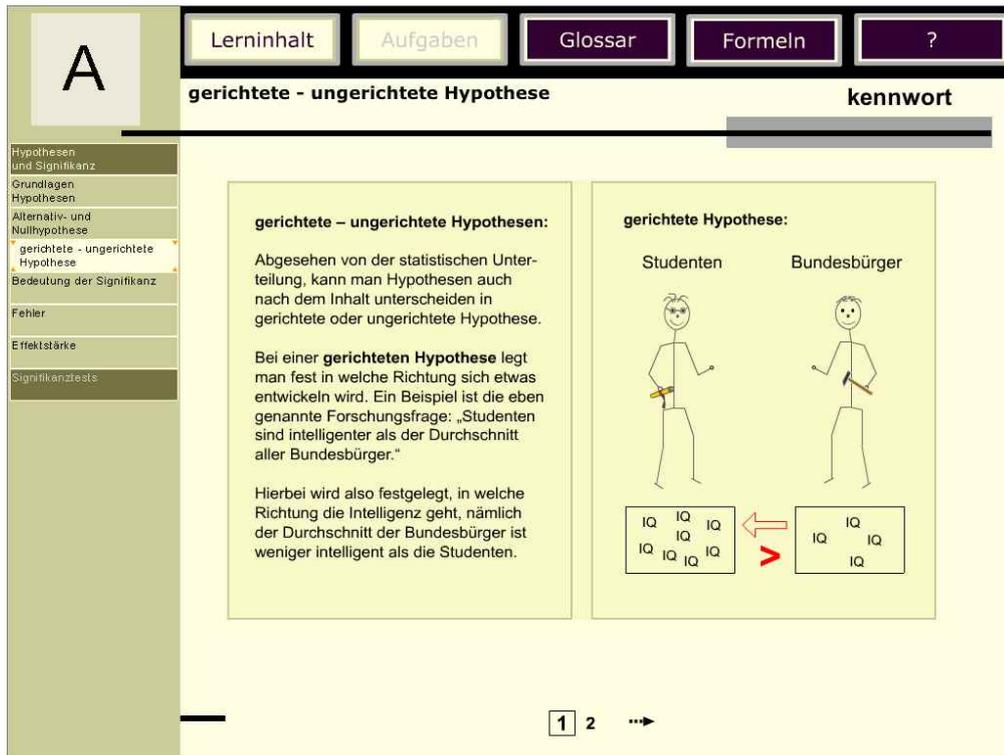


Abb. 8-3: Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ statischer Zugriffstooltyp

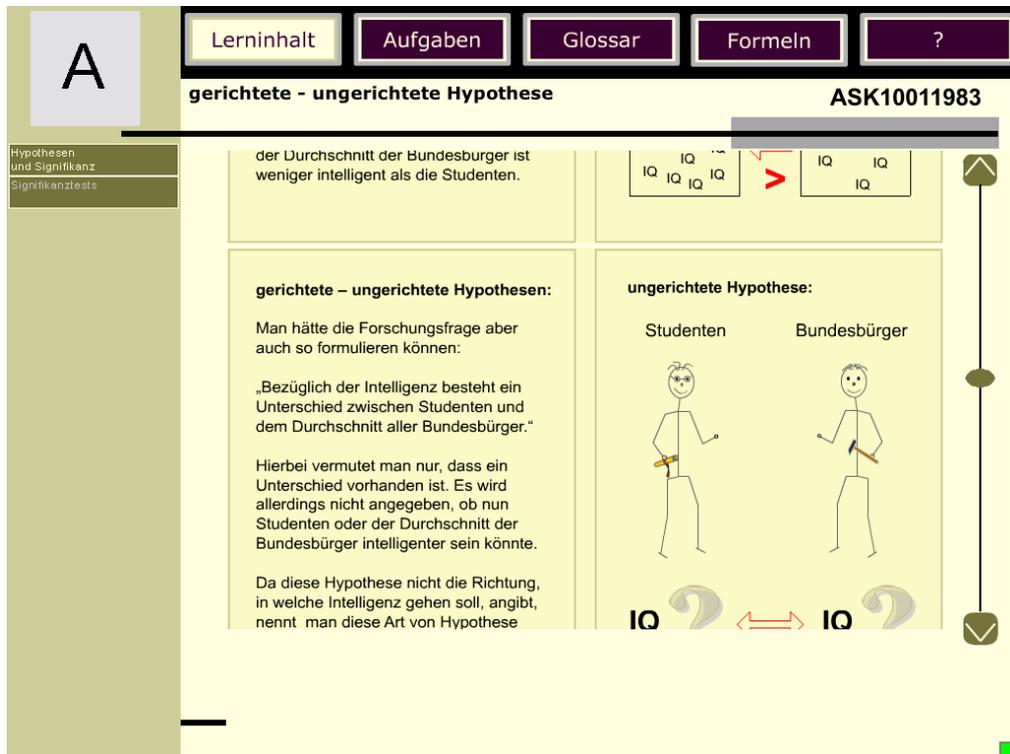


Abb. 8-4: Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ – dynamischer Zugriffstooltyp

Der dynamische Typ (siehe Abb. 8-4) sequenziert die Navigationsoptionen an den Entscheidungen, die der Lernende durch seine Vorauswahl trifft. Zum Erreichen des gesuchten Lerninhaltes sind deshalb, im Gegensatz zum statischen Typ, mehrere Mausklicks notwendig. Der Erste, um ein Thema im hierarchischen Inhaltsmenü anzuwählen, ein Zweiter um ein Unterthema auszuwählen usw. Die Fortbewegung zwischen den einzelnen Inhaltssegmenten eines Lernthemas wurde über „vertikales Herunterscrollen“, an der linken Bildschirmseite ermöglicht. Die Inhaltssegmente des Lerninhaltes waren identisch denen des statischen Typs, jedoch musste von einem zum nächsten Segment vertikal Heruntergescrollt werden. Um die Vergleichbarkeit beider Zugriffstooltypen zu gewährleisten und Unterschiede in den Leistungen der Lernenden auf Unterschiede in der angebotenen Navigation zurückführen zu können, war der angebotene Lerninhalt egal mit welchem Zugriffstooltyp gelernt wurde identisch, genügend umfangreich, um Navigationsverhalten untersuchen zu können und die angebotenen Tooltypen in ihrer Usability zum Lernen geeignet.

In einem Pretest wurden der Lerninhaltsumfang und die Usability geprüft. Der Pretest wurde im Oktober und November 2004 mit 104 Teilnehmern (86 weiblich, 17 männlich, Altersdurchschnitt 22 Jahre) nach dem Design der Studie 1 durchgeführt (siehe Tab. 8-1). Er bestätigte, eine akzeptable zum Lernen geeignete Usability* ($MW_{\text{Skala Usability}} = 3,90$; $SD_{\text{Skala Usability}} = 0,6074$) der multimedialen Lernumgebung zum Thema „Logik des Signifikanztests“, erhoben auf einer fünfer Ratingskala. Der Pretest zeigte jedoch auch auf, dass eine Anpassung des Inhaltsumfangs für den ersten Testteil erforderlich war, da er sich signifikant vom Zweiten unterschied ($F_{\text{Testdauer}} = 1876$, $df_{\text{Testdauer}} = 1$, $\eta^2_{\text{Testdauer}} = 0,95$).

Aufgabentyp: Für die Konstruktion der Aufgabentypen scheinen die Art und Anzahl der gestellten Aufgaben sowie die Herangehensweise an deren Lösung entscheidend zu sein. Sie bestimmen vor allem, welche Navigationsstrategien (siehe Kap. 6.4.1) angewendet werden. Marchionini (1995) sieht bezogen auf die Art der Aufgabe Zielbezogenheit, Quantität und Spezifität als charakteristische Merkmale. Wobei beim multimedialen Lernen, insbesondere dann, wenn die Lernzeit vom einzelnen Lernenden mitbestimmt werden kann, die Merkmale Spezifität und Zielbezogenheit an Bedeutung gewinnen. In mehreren Studien konnte nachgewiesen werden, dass Lernende, die eine Lernaufgabe mit unspezifischem Lernziel erhielten, anderes Wissen, in Umfang und Tiefe erwarben, als Lernende die ein spezifisches Ziel genannt bekamen (Geddes & Stevenson, 1997; Vollmeyer & Burns, 2002; Vollmeyer, Burns, & Holyoak, 1996)

* Die Skala Usability der multimedialen Lernumgebung bildet die Usabilitykriterien Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität und Lernförderlichkeit mit je einem repräsentativen Item ab. Das Kriterium Fehlerrobustheit wurde nicht erfragt, da der Test bei auftreten von Fehlern beendet werden musste. Der Aspekt Individualisierbarkeit wurde ebenfalls nicht erhoben, da alternative Navigationsmöglichkeiten nicht zur Verfügung standen.

Eine Lernaufgabe mit konkretem (spezifischen) Lernziel beinhaltet, z. B. die Aufgabenstellung: „Informiere dich über das Thema „Usability“, bis du den Begriff „Usability“ definieren kannst.“ Eine Lernaufgabe mit unspezifischem Lernziel wäre z. B.: „Informiere dich über das Thema Usability. Gib dein Bestes“. Für beide Studien wurden analog Aufgaben mit unspezifischem Lernziel und Aufgaben mit spezifischem Lernziel konstruiert. Für beide Lernaufgaben ist das Vergleichen von bereits erworbenem Wissen mit neu durch die multimediale Lernumgebung angebotenem Wissen die zentrale Lernaufgabe. Die Lernenden müssen bei beiden Aufgabentypen Informationen zusammentragen, recherchieren und beim spezifischen Aufgabentyp zusätzlich ihr Wissen mit eigenen Worten wiedergeben. Der unspezifische Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ greift in seiner Aufgabenstellung die Themen des angebotenen Inhaltsmenüs auf und ermutigt den Lernenden sich an der hierarchischen Gliederung der Lerneinheit bei der Lösung der Aufgabenstellung zu orientieren. Der spezifische Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ greift in der Aufgabenstellung zwar ebenfalls auf Themen des angebotenen Inhaltsmenüs zurück, jedoch sollte der Lernende weniger pfadorientiert beim Wissenserwerb vorgehen. Da die Lösung der Aufgabe die Rezeption von Inhalten verschiedener Themen der hierarchischen Gliederung erfordert, müssen Lernende selektiv bestimmte Themen auswählen, diese rezipieren, Querverweise wahrnehmen und zum nächsten relevanten Gliederungspunkt weiterspringen. Die Aufgabenstellung zum unspezifischen Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ fordert den Lernenden im Kapitel 1 des Lernprogramms auf, sich über das Thema „Signifikanz und Hypothesenbildung“ zu informieren und dabei anzustrengen. Für das Kapitel 2 des Lernprogramms wurde eine analoge unspezifische Aufgabenstellung dem Lernenden präsentiert. Sie lautete: „Informieren Sie sie über das Thema Signifikanztests und geben sie dabei ihr Bestes“. Die spezifischen Aufgabenstellungen des Aufgabentyps „Elaboration und Ausarbeitung“ gliederten sich in die Aufgabenkategorie „Behalten“ und in die Aufgabenkategorie „Transfer“. Dabei müssen vom Lernenden, um die Aufgaben der Kategorie „Behalten“ beantworten zu können, Begriffe und Fakten erinnert werden. Die richtige Lösung von Aufgaben der Aufgabenkategorie „Transfer“ erfordert vom Lernenden zusätzlich zum Erinnern von Begriffen und Fakten, das Herstellen von Zusammenhängen zwischen ihnen. Für das Kapitel 1 des Lernprogramms lauteten die Fragestellungen u. a. „Welcher Kennwert gibt das Signifikanzniveau an und welcher die Effektstärke?“ (Behalten), „Welche Zusammenhänge bestehen zwischen beiden Kennwerten“ (Transfer). Für das Kapitel 2 des Lernprogramms lauteten sie z. B. „Wie lautet die Entscheidungsregel beim t-Test.“ (Behalten), „Welche Gemeinsamkeiten und Unterschiede gibt es zwischen t-Test und Mann-Whitney U-Test“ (Transfer).

Gestaltungstyp: Die Forschungsfrage der zweiten Studie fokussiert auf den Einfluss der Usability von Zugriffstools. Sie konkretisiert sich in der Frage, wie wirkt sich eine verän-

derte Gestaltung der statischen und dynamischen Zugriffstools auf den „cognitive load“, die Blickbewegungen, den Lernerfolg und die Akzeptanz beim Lernen aus?

In der Hypertextliteratur wird im Kontext des Problems der Desorientierung und des Problems des „cognitive overhead“ eine Ursache ungünstiger Gestaltung in der Segmentierung bzw. Kontextualisierung vermutet. Sowohl „cognitive overhead“ als auch Desorientierung treten im Zusammenhang mit sehr kleinen Inhaltssegmenten auf. Sie hatten zur Folge, dass Lernende den aktuellen Lerninhalt nicht mehr in Beziehung zu in diesem Kontext schon rezipierten Inhaltssegmenten setzen konnten. Im Umkehrschluss wirkt dieses Ergebnis die Frage auf, ob das Problem der Segmentierung auch bei großen Inhaltssegmenten auftritt. Diese Fragestellung soll durch die Manipulation der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ über die Bedingung „Grundvariante“ und über die Bedingung „Alternativvariante“ untersucht werden.

Segmentierung kann auch ein Faktor für erhöhten „cognitive load“ sein. Dies ist etwa dann der Fall, wenn, wenige oder keine inhaltlichen Segmente von den Autoren der multimedialen Lernumgebung gebildet wurden, das Vorwissen der Lernenden aber noch nicht ausreicht eine sinnvolle Segmentierung selbst herzustellen („segmenting principle“) (Mayer, 2005c) oder wenn inhaltlich zusammengehörige Segmente eines Lerninhaltes auf verschiedene Bildschirmseiten verteilt dargeboten werden, der Lernende somit nur durch erhöhten Navigationsaufwand eine globale Kohärenzbildung zum Lerninhalt erreichen kann („splitt-attention-effect“) (Ayres & Sweller, 2005). Je weniger die Präsentation des Lernmaterials auf die inhaltliche Segmentierung abgestimmt ist, desto wahrscheinlicher wird nach der „cognitive-load“ Theorie (siehe Kap. 4.1.4) ein erhöhter „extraneous cognitive load“. Dennoch, auch wenn durch das eingesetzte Messverfahren der Teilload, der durch die Variation der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ hervorgerufen wurde, nicht direkt bestimmt werden kann, so lässt sich doch vom gemessenen gesamten „cognitive load“ auf Basis der Additivitätsannahme darauf schließen, dass unter konstant gehaltenen Versuchsbedingungen weniger gemessener „cognitive load“ dem Lernenden im Vergleich zur Versuchsbedingung mit höherem gemessenen „cognitive load“ mehr freie kognitive Ressourcen zur Bearbeitung des Lerninhaltes zur Verfügung stehen. Auf Basis dieser Annahme sollen in der zweiten Studie die Auswirkungen der veränderten Gestaltung der statischen und dynamischen Zugriffstools auf den „cognitive load“, aber auch auf das Blickverhalten und den Lernerfolg untersucht werden. Nach Astleitner (1997) werden dann Informationsknoten vom Lernenden aufgerufen und längere Zeit bearbeitet, wenn sie viele lernaufgabenrelevante Begriffe enthalten. Astleitner (1997) differenziert allerdings nicht, welche Rolle die Gestaltung der Zugriffstools spielt. Deshalb sollen Auswirkungen unterschiedlicher Gestaltung der Zugriffstools in Studie 2 untersucht werden.

Sie sah eine Variation der Gestaltung der statischen und dynamischen Zugriffstools vor, bei der jeder Proband jeweils einen Teil des multimedialen Lernprogramms bearbeitet, in dem die inhaltliche Segmentierung und die Präsentationseinheiten aufeinander abgestimmt wurden und einen Teil, bei dem dies nicht der Fall war. In der Bedingung „Grundvariante“, der Segmentierungsabstimmung zwischen Inhalts- und Präsentationssegmenten wurde jedes inhaltliche Segment im Menü (Präsentationsebene) als Informationsknoten dargestellt, der über die Computermaus vom Lernenden angewählt werden konnte. Alle zentralen Begriffe zur Lösung der Lernaufgabe präsentierte in dieser Variante die multimediale Lernumgebung dem Lernenden als Informationsknoten direkt über das Menü. In der Bedingung „Alternativvariante“ wurde der Inhaltsumfang eines Informationsknotens vergrößert. Zentrale Begriffe zur Lösung der Lernaufgabe konnten nun nicht mehr direkt über das Menü angewählt werden, sondern strukturierten die Inhalte des Informationsknotens. Es entstand eine semantische Distanz zwischen zentralen Begriffen der Lernaufgabe und den Begriffen, die direkt über das Menü angewählt werden konnten.

Die experimentelle Variation der Menüs (siehe Abb. 8-5 und Abb. 8-6) umfasste in der veränderten Zugriffstoolgestaltung (Bedingung „Alternativvariante“) weniger thematische Haupt- und Untergliederungspunkte über die direkt zum gewünschten Lerninhalt gesprungen werden konnte. Analog zur Vergrößerung der Segmente im Menü wurden auch die direkt über die Computermaus anwählbaren Segmente der Fortbewegungsnavigation vergrößert, sodass es beim „seitenweisen Weiterblättern“ nicht mehr möglich war einzelne Seiten über die Seitennummerierung am unteren Bildschirmrand direkt anzuwählen, sondern es gab nur noch einen „Vor-“, und „Zurück-Button“ (siehe Abb. 8-5). Beim „vertikalen Herunterscrollen“ entfiel, die Möglichkeit durch Anklicken der oberen oder unteren Pfeile des Scrollbalkens „in kleinen Schritten“ herunter scrollen zu können (siehe Abb. 8-6).

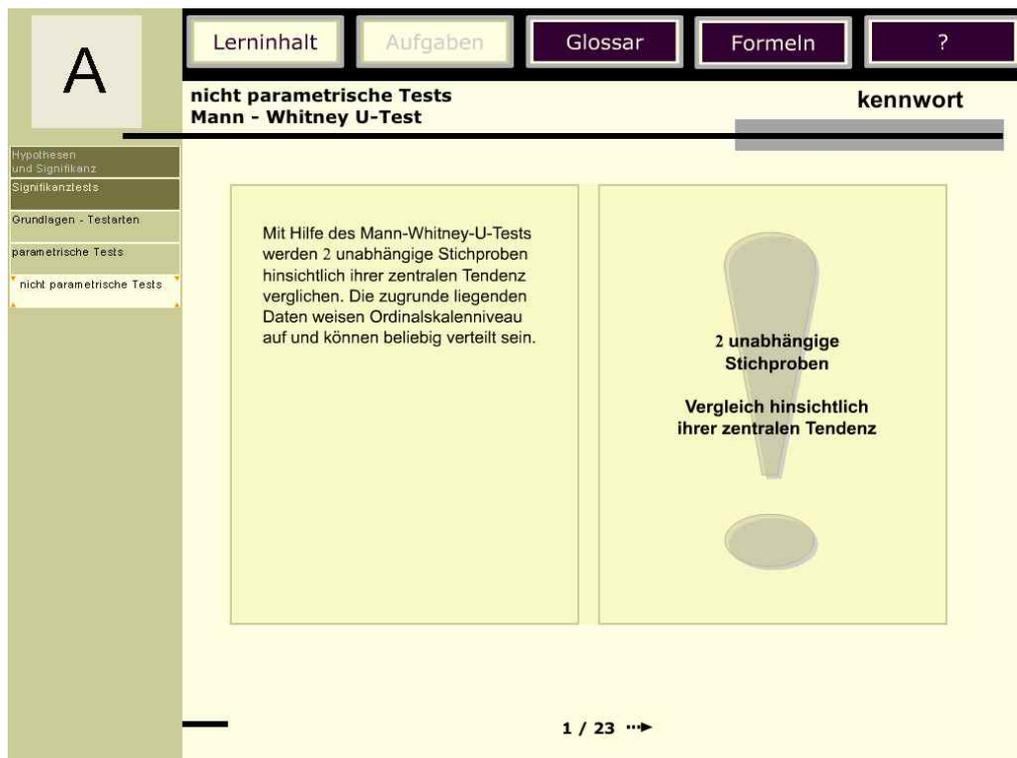


Abb. 8-5: Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ – statische Variante verschlechtert

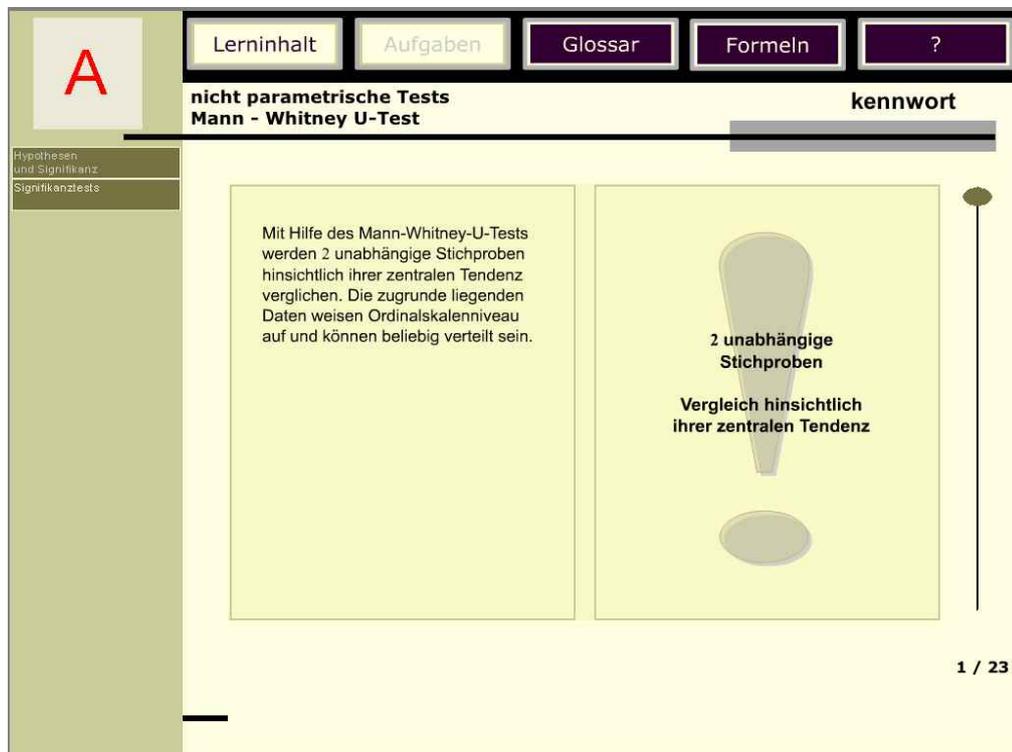


Abb. 8-6: Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ – dynamische Variante verschlechtert

8.5.3.2. Abhängige Variablen

Die Wirkungsweise der experimentellen Manipulation von Art und Gestaltung der angebotenen Zugriffstools wird in Form von Performanz- und Akzeptanzdaten erhoben. Dabei umfasst die Performanzmessung die Erhebung von Daten zum „cognitive load“, zum Navigationsverhalten, über die Erfassung des Blickbewegungsverhaltens der Lernenden und zum Lernerfolg. Als Akzeptanzdaten wurden die subjektive Bewertung der Usability durch die Lernenden erfasst, in Studie 1, jeweils für den statischen und den dynamischen Tooltyp und in Studie 2, jeweils für den statischen und den veränderten statischen Tooltyp sowie für den dynamischen und den veränderten dynamischen Tooltyp.

Akzeptanz: Bevan, Kirakowski und Maissel (1991) schlagen zur Messung der Usability vier Gruppen von Messansätzen vor, die sich durch ihre Betrachtungsperspektive auf das zu analysierende Angebot unterscheiden.

Der **formal-analytische Messansatz (FM)** bestimmt Usability über formale Eigenschaften der der Lernenden und Eigenschaften des multimedialen Lernangebotes. Er wird besonders in frühen Phasen der Entwicklung eingesetzt. Es werden Performanz und psychomentele Leistungen der potenziellen Lernenden gemessen. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist das „keystroke-level-model“, mit dem versucht wird, auf der Basis von Leistungsdaten Voraussagen über Usability-Schwächen zu generieren (Card, Moran, & Newell, 1990). Erweiterungen und Differenzierungen dieses Modells sind die „cognitive complexity theory“ (Kieras & Polson, 1985) und das SANE-Modell (Gunsthövel, Bösser, & Amsterdam, 1991). Obwohl die Erweiterungen des „keystroke-level-model“ nun auch unterschiedliches Vorwissen und unterschiedliche Fähigkeitslevel und Fertigeitslevel der Nutzer bzw. Lernenden mit in die Beurteilung der Usability des multimedialen Angebotes mit einbeziehen, bleibt die Analyse auf Leistungsdaten beschränkt und subjektive Erfahrungen der Nutzer unberücksichtigt.

Der **produktzentrierte Messansatz (PM)** misst die Benutzerfreundlichkeit des multimedialen Angebotes über dessen ergonomische Eigenschaften, z. B. entweder über Heuristiken, wie die 10 Prinzipien guten Designs (Nielsen, 1993), den „cognitive walkthrough“ (Lewis & Wharton, 1997) oder über Checklisten, wie EVADIS (Oppermann et al., 1992), IsoMetrics (Gediga, Hamborg, & Düntsch, 1999), PUTQ (Lin, Choong, & Salvendy, 1997) oder QUIS (Chin, Diehl, & Norman, 1988), die von Experten bearbeitet werden müssen. Auch wenn Expertenurteile eine Vielzahl an Usability-Schwächen aufdecken, die Nutzer beim Gebrauch des multimedialen Angebotes haben könnten, so messen sie nicht tatsächliche Nutzerbeurteilungen und deren subjektive Erfahrungen mit dem Angebot.

Der **interaktionszentrierte Messansatz (IM)** bestimmt Usability über Eigenschaften der Interaktion zwischen Lernendem und dem multimedialen Angebot. Es werden Per-

formanz, psychomentale Leistungen gemessen und subjektive Erfahrungen erfasst, etwa über Beobachtungsprotokolle (Müller-Holz, 1991), „screen-recording“, „logfile-recording“ (Crellin, Horn, & Preece, 1990), „eye-tracking“ (Carpenter & Just, 1976). Methoden des interaktionszentrierten Messansatzes erfassen zwar Leistungsdaten und subjektive Erfahrungen, um jedoch die Intention und Ziele der Lernenden, die ihren Handlungen zugrunde liegen, den Beobachtungsdaten zuordnen zu können, empfiehlt sich eine Kombination mit anderen Methoden.

Der **benutzerzentrierte Messansatz (BM)** erfasst subjektive Beurteilungen des multimedialen Angebotes durch den Lernenden selbst, z. B. über subjektive Ratings, jedoch keine Performanzdaten. Diese Art der Datenerfassung wird auch als Usability-Test bezeichnet (Rubin, 1994). Erhebungsmethoden des Ansatzes sind u. a. die „thinking-aloud“ Methode (Lewis, 1982), die Videokonfrontationsmethode (Neal & Simons, 1984), die „fokus groups“ (Morgan, 1997) (Gruppendiskussion) oder Checklisten, die Nutzerurteile erfassen, wie SUMI (Kirakowski & Cierlik, 1993), ISONORM 9241/10 (Prümper, 1997; Prümper & Anft, 1993) AttrakDiff (Hassenzahl, Burmester, & Koller, 2003).

Jede der Methoden hat spezielle Vor- und Nachteile. Formal-analytische Messmethoden analysieren Usability stark effizienzbezogen. Interaktionszentrierte und benutzerzentrierte Messmethoden erfassen neben dem Effizienz-Kriterium auch die Kriterien Effektivität und Zufriedenheit. Beide Messmethoden gelten als sehr aufwendig (Dumas, 1993). Eine Alternative sind Inspektionsmethoden, wie der „cognitive walkthrough“ bzw. die heuristische Evaluation oder Checklisten. Mit Inspektionsmethoden können eine Vielzahl der Usability-Probleme aufgedeckt werden (Desurvire, 1994), jedoch variiert die Verlässlichkeit, wie viele Probleme entdeckt werden, je nach Qualifikation der Evaluatoren (Desurvire, 1994). Zudem entdecken Experten andere Probleme als Nutzer (Dumas, 1993).

Zur Messung der Usability der multimedialen Lernumgebung, speziell der angebotenen Zugriffstools aus Nutzerperspektive, eignen sich Verfahren des interaktionszentrierten und des benutzerzentrierten Messansatzes. Sie gelten zwar als aufwendiger im Vergleich zum formalanalytischen Messansatz oder zum produktzentrierten Messansatz, jedoch erfassen sie Usability als Gütemerkmal ebenso unter Effizienzgesichtspunkten, wie unter Gesichtspunkten der Effektivität und Zufriedenheit. Auch ermöglicht die Kombination des interaktionszentrierten mit dem benutzerzentrierten Messansatz objektive Leistungsdaten mit subjektiven Ratings zu kombinieren, um die Usability in multimedialen Lernumgebungen ganzheitlicher untersuchen zu können. So können die Beobachtungsdaten des Blickverhaltens genutzt werden, um Navigationsverhalten zu beschreiben und Systematiken in diesem zu identifizieren. In Kombination mit subjektiven Befragungsdaten, gemessenen Lernergebnissen und gemessenen „cognitive load“ lassen Blickbewegungsdaten Rückschlüsse auf mögliche zugrunde liegende kognitive Prozesse, Ziele oder Strate-

gien zu. Die in den Studien eingesetzten interaktionszentrierten Verfahren werden im Abschnitt abhängige Variable „cognitive load“ und abhängige Variable „Blickbewegungen“ näher beschrieben. Als Methode des benutzerzentrierten Messansatzes wurde zur Akzeptanzmessung in beiden Studien ein standardisierter Fragebogen eingesetzt. Da keines der vorhandenen Instrumente umfassend die Akzeptanz verschiedener Zugriffstooltypen im Lernkontext abbilden kann, wurde ein neues Fragebogeninstrument entworfen und getestet, auf Basis des von Prümper und Anft (1993) entwickelten, sowie von Prümper (1997) getesteten Fragebogens ISONORM 9241/10. Der Fragebogen ISONORM 9241/10 konnte auch deshalb nicht eingesetzt werden, da zwar Validität und Reliabilität für den gesamten Fragebogen angegeben wurden, jedoch nicht für die einzelnen Dimensionen (Ollermann, 2004). Zudem bildet er nicht alle Dimensionen und Merkmale ab.

Der neu entwickelte Akzeptanzfragebogen basiert auf einer fünfer Ratingskala und umfasst die Dimensionen Effektivität (16 Items), Effizienz (13 Items) und Zufriedenheit (18 Items), jeweils mit den Merkmalen Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit, Erwartungskonformität und Lernförderlichkeit, die jeweils konkret die subjektive Beurteilung der angebotenen Zugriffstools erfassten. Das Merkmal Individualisierbarkeit und Fehlertoleranz entfällt, da aufgrund der eingesetzten Erhebungsverfahren für die Performanzmessung eine Individualisierbarkeit des Dialogs zur Störung der Datenaufzeichnung geführt hätte, ebenso wie programmseitige Fehler, die zum Abbruch der Aufzeichnung führten und deshalb nicht vorgesehen waren. Die im Pretest ermittelte Reliabilität (Cronbachs Alpha) der Dimension Effektivität des Fragebogens beträgt 0,811 mit einer Schwierigkeit der Einzelitems zwischen 0,60 und 0,80, für die Dimension Effizienz beträgt die Reliabilität (Cronbachs Alpha) 0,787 und die Schwierigkeit der Einzelitems zwischen 0,67 und 0,76 sowie für die Dimension Zufriedenheit beträgt die Reliabilität (Cronbachs Alpha) 0,809 und die Schwierigkeit der Einzelitems zwischen 0,65 und 0,78. Die Reliabilität (Cronbachs Alpha) des gesamten Fragebogens zur Akzeptanz beträgt 0,931. In beiden Studien wurde der Fragebogen nach jedem Kapitel den Probanden in Papierform vorgelegt.

Cognitive load: Der „cognitive load“ kann neben indirekten Maßen, etwa über Lernerfolg (Mayer, 2001; Sweller, 1999), Blickbewegungen (Beatty, 1982; Beatty & Lucero-Wagoner, 2000; Carpenter & Just, 1976; van Gerven et al., 2002), Navigationsverhalten (Astleitner & Leutner, 1996), Lernzeit (Brünken & Leutner, 2001) über subjektive oder objektive Maße bestimmt werden. Auf Basis indirekter Maße wird von schlechten Performanzdaten auf einen erhöhten „cognitive load“ geschlossen. Subjektive Maße mentaler Beanspruchung basieren auf Einschätzungen der Lernenden, die sie über Ratingskalen quantifizieren. Paas und Kollegen (1994) entwickelten Post-Treatment Fragebögen mit drei symmetrischen 9 stufigen Skalen, in denen Lernende ihre mentale Beanspruchung („mental effort“) einschätzen sollten. Auch wenn dieses Instrument häufig eingesetzt wurde (Paas et al., 2003) bleibt der Zusammenhang zwischen subjektiv wahrgenommener

Beanspruchung und tatsächlicher Belastung unklar. Ähnlich konstruierte und in der Usability-Forschung eingesetzte Instrumente sind die SEA-Skala zur Messung subjektiv erlebter Beanspruchung (Eilers, Nachreiner, & Hänecke, 1986) oder der SMEQ mit nur einer metrischen Skala zwischen 0 und 150 (Zijlstra, 1993) und der TLX mit sechs Subskalen zu mentaler, körperlicher Belastung, Anstrengung und Frustration (Hart & Staveland, 1988). Ein bereits in der Gedächtnisforschung erfolgreich eingesetztes objektives Maß mentaler Beanspruchung ist die „dual task“ Messung (Daneman & Carpenter, 1980), die auch bei der Untersuchung des „cognitive load“ in multimedialen Lernumgebungen Anwendung findet (Brünken, Plass, & Leutner, 2003; Naumann, 2004). Bei dem „dual-task-approach“ bearbeiten Lernende neben der eigentlichen Lernaufgabe eine zweite Aufgabe, die den gleichen Sinneskanal anspricht wie die eigentliche Lernaufgabe. Es wird die Leistung und die Reaktionszeit auf die zweite Aufgabe gemessen. Unter Annahme begrenzter Kapazitäten zur Informationsverarbeitung kann so direkt gemessen werden, wie hoch der verfügbare „cognitive load“ für die Zweitaufgabe war. Der „cognitive load“ muss bei dieser Methode im Gegensatz zu indirekten oder subjektiven Maßen weder aus Performanzdaten rückgeschlossen, noch retrospektiv ermittelt werden. Für die Messung des „cognitive load“ in den beiden Studien wurde die von Brünken et al. (2002) konzipierte und getestete Version des „dual task approach“ genutzt. Die Probanden erhielten als Zeitaufgabe den Buchstaben „A“ am oberen linken Bildschirmrand eingeblendet. Er wechselte zufallsgesteuert die Farbe von schwarz auf rot. Sobald die Probanden das rote „A“ bemerkten, sollten sie so schnell wie möglich die Leertaste drücken. Es wurde die Reaktionszeit auf den Farbwechsel gemessen und ob die Probanden einen Farbwechsel verpassten.

Blickbewegungen: Blickbewegungen sind „... solche Bewegungen des Auges ..., die in Verbindung mit denen vom Auge aufgenommenen Informationen interpretiert werden.“ (Rötting & Seifert, 1999, p. 7). Die Basis für die Messung von Blickbewegungen sind die Erkenntnisse von Mikasch und Haack (1986) sowie Just und Carpenter (1976). Nach Mikasch und Haack bestehen Blickbewegungen aus Fixationen und aus schnellen Blicksakkaden, während denen der Blick sprunghaft über das Reizmaterial geleitet, aber keine Informationsaufnahme möglich ist. Während einer Fixation ruht der Blick auf dem Reizmaterial und es kann eine Informationsaufnahme erfolgen. Just und Carpenter (1976) betrachteten Blickbewegungen hinsichtlich ihres Bezugs zu kognitiven Aktivitäten. Sie postulierten die Annahme, nach der von Blickbewegungen auf kognitive Aktivitäten geschlossen werden kann. Somit können Blickbewegungen Aufschluss über Aufmerksamkeitsfokus, Selektions- und Verarbeitungsprozesse, aber auch Interessenlagen oder Informationsverarbeitungsstrategien eines Lernenden geben sowie Hinweise auf die Wirkungen des multimedialen Lernangebotes ableiten. Zur Erfassung von Blickbewegungen können entweder elektrookulografische, Magnetspulverfahren oder reflexionsbasierte Verfahren (Pupillen-Tracker, Limbus- oder Corneatracker) eingesetzt werden. Elektroo-

kulografische und Magnetspulverfahren arbeiten sehr genau und können auch Blicksakkaden erfassen, jedoch die Blickrichtung ist mit diesen Verfahren schwer bestimmbar. Deshalb wurde in den zwei Studien der Corneatracker von ASL genutzt, der zwar mit einer geringeren Herzrate als elektrokulografische oder Magnetspulverfahren arbeitet und deshalb keine Blicksakkaden erfassen kann, jedoch Fixationen und Blickbewegungswechsel. Mittels Corneareflexmethode wird die Pupille mittels Lichtreflexen auf der Hornhaut über Infrarot erfasst (siehe -- weißer Ring um die Pupille).



Abb. 8-7: Fokussierte Pupille über Infrarotkamera

Für die Studien wurden vom verwendeten ASL-Eyetracker Daten ausgegeben:

1. zur **Fixationsanzahl (FixAnzahl)**: Sie bestimmt sich aus der Summe der Fixationen über den Lernverlauf.
2. zur **Fixationsdauer (FixDur)**: Dieser Blickbewegungsparameter drückt die Verweildauer des Auges auf einem Punkt im multimedialen Lernprogramm aus.
3. zur **Interfixationsdauer (InterfixDur)**: Die InterfixDur drückt die Dauer eines Blicksprunges von einer Fixation zur Nächsten aus.
4. zum **Interfixationsgrad (InterfixDeg)**: In Winkelgrad wird die Blicksprungweite von einer Fixation zur Nächsten angegeben. Es können maximal Winkel bis ca. 15 Grad mit dieser Methode gemessen werden, da Winkel außerhalb dieses Bereiches nicht mehr im kugelförmigen Bereich des Auges liegen.

Allgemeines Wissen (allg._Wissen): Der Lernerfolg wurde als allgemeines Wissen zu den Themenbereichen „Hypothesen“, „Signifikanz“ und „Signifikanztests“ mittels „multiple-choice“ Test erhoben. Für die Itemkonstruktion wurden zunächst nach Feger (1984) die Lehrtexte des multimedialen Lernangebotes auf ihre relevanten Aussagen reduziert und zu jeder Aussage mehrere Testfragen formuliert. Nach Marchionini (1985) oder Klauer (2001) scheinen Aufgaben mittlerer Spezifität empfehlenswert, da sie den Lernenden herausfordern, also weder zu leicht noch zu schwer sind und zudem nach Marchionini (1985) die Informationssuche anregen. Nach Testung des Itempools im Pretest und einer Itemanalyse wurden für den Wissenstest 8 Items ausgewählt, die sich als mittelschwer herausstellten und gemeinsam alle relevanten Inhalte des multimedialen Lernprogramms abdecken. Die Reliabilität (Cronbachs Alpha) des Tests liegt bei 0,716 der

Schwierigkeitsgrad der Items zwischen 0,53 und 0,74. Für den Einsatz in den beiden Studien wurde der gesamte Wissenstest geteilt und nach jedem Kapitel dem Probanden der entsprechende Teilttest (Cronbachs $\text{Alpha}_{1. \text{Testteil}} = 0,842$, Cronbachs $\text{Alpha}_{2. \text{Testteil}} = 0,776$) vorgelegt, angereichert mit themenbezogenen Füllfragen, die nicht mit in die Auswertung einbezogen wurden. Bei der Auswertung des Wissenstests wurden sowohl richtige Aussagen positiv, als auch falsche Aussagen negativ gewertet, sodass ein Proband zwischen -4 Punkten und 4 Punkten pro Testitem erreichen konnte.

8.5.3.3. Kontrollvariablen

Beim Lernen mit einem multimedialen Lernprogramm können Personenmerkmale (siehe Kap. 6.2) den Umgang mit dem multimedialen Lernprogramm und den Lernprozess beeinflussen. Die Merkmale „computer literacy“, Einstellungen und Präferenzen für bestimmte Gestaltungslösungen sowie themenspezifisches Vorwissen haben sich in mehreren Studien als einflussreich herausgestellt und werden deshalb in beiden Studien als Kontrollvariablen erhoben.

„Computer literacy“ und computerbezogene Einstellungen: Sie wurden anhand des Messinstrumentes INCOBI (Richter, Naumann, & Groeben, 2001) auf einer fünfstufigen Linkert-Skala als Selbsteinschätzung erhoben. Das Instrumentarium umfasst Skalen zu computerbezogenen Einstellungen, insbesondere Skalen zur Einschätzung, ob der Computer vom Lernenden als nützliches Werkzeug angesehen wird. Zudem umfassen Skalen zu computerbezogenen Einstellungen Skalen zum sicheren Umgang mit dem Computer und Skalen zur Vertrautheit mit Computeranwendungen. In beiden Untersuchungen wurden aus Gründen der Testökonomie nur die Skalen zum Umgang mit dem Computer und eine Skala zu computerbezogenen Einstellungen eingesetzt. Die Reliabilitätsanalyse und Schwierigkeitsbestimmung der einzelnen Items erfolgte über den Pretest. Für die, in den Studien, eingesetzte Skala „computerbezogene Einstellungen“ (FIDEG) liegt die Reliabilität bei Cronbachs $\text{Alpha} = 0,844$ und die Schwierigkeit der Items zwischen 0,59 und 0,84. Für die Skala „Sicherheit im Umgang mit dem Computer“ (SUCA) wurde ein Cronbachs Alpha von 0,92 und Schwierigkeiten zwischen 0,26 und 0,77 ermittelt. Für die Skala „Vertrautheit mit verschiedenen Computeranwendungen“ (VECA) wurde ein Cronbachs Alpha von 0,838 und Schwierigkeiten zwischen 0,41 und 0,66. Die Reliabilität des Gesamttest liegt bei einem Cronbachs Alpha von 0,907.

Einstellungen gegenüber unterschiedlichen Zugriffstools: Um Einstellungen der Lernenden zu unterschiedlichen Zugriffstools, die multimediale Lernumgebungen anbieten können, zu erfassen, bieten sich zwei Ansätze als theoretische Basis an: (a) das Dreikomponentenmodell der Einstellung (Rosenberg & Hovland, 1960) oder die „theory of reasoned action“ (Fishbein & Ajzen, 1975) bzw. deren Weiterentwicklung „theory of planned behavior“ (Ajzen, 1991). Da letztere bereits zur Untersuchung von Einstellungen

beim webbasierten Lernen genutzt wurde (Doll, Petersen, & Rudolf, 2002; Lieberherr & Gasser, 2004), soll sie auch in den zwei Studien zur Erfassung der Einstellungen zu den Gestaltungslösungen der Zugriffstooltypen eingesetzt werden.

Zentrale Idee der Einstellungsmessung ist, dass sich die Einstellung gegenüber einer bestimmten Handlung multiplikativ aus den Konstrukten „Überzeugung bezüglich der Auswirkungen der Handlung“ und der „Bewertung der erwarteten Auswirkungen des Handelns“ ergibt (Bohner, 2002). Die Testitems des Fragebogens wurden entsprechend dem Multiplikationsansatz der Einstellungsmessung konstruiert. Beispielsweise lautete ein Item zu den Überzeugungen über die Auswirkungen des Handelns: „Lernangebote sind dann effizient gestaltet, wenn man möglichst wenig klicken muss.“ Das dazugehörige Item, das die Bewertung der erwarteten Handlung ausdrückt, lautete: „Für mich ist es wichtig, dass ich möglichst wenig klicken muss, um die gewünschten Lerninhalte zu erreichen“.

Erfasst wurden die Einstellungen der Probanden mittels standardisiertem Fragebogen bezogen auf die Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“, „Zufriedenheit“ für jeden Zugriffstooltyp auf einer fünfstufigen Linkert-Skala. Der Test bestand aus insgesamt 11 Items mit einer Schwierigkeit zwischen 0,28 und 0,52. Für den Gesamttest wurde ein Cronbachs Alpha von 0,772 ermittelt.

Vorwissen: Zur Erfassung des Vorwissens wurde den Probanden ein Wissenstest in Papierform vorgelegt, der aus 8 Testitems bestand und mit jenem Test identisch war, der das allgemeine Wissen erfasste (siehe Kap. 8.5.3.1., S. 138). Der Vorwissenstest enthielt darüber hinaus in beiden Testteilen Füllfragen zu den Themen Hypothesen, Signifikanz und Signifikanztests.

8.6. Versuchsdurchführung

Die Studie 1 wurde im Sommersemester 2005 mit 62 Teilnehmern im Altersdurchschnitt von 22 Jahren durchgeführt. Davon waren 9 Teilnehmer männlich und 53 weiblich. Die Studie 2 fand im Wintersemester 2005/2006 an der Universität Erfurt mit 118 Studierenden des BA-Studiums statt, davon waren 97 weiblich und 21 männlich. Der Altersdurchschnitt der Teilnehmer lag bei 21,7 Jahren. Alle Teilnehmer der Studien studierten in ihren Hauptfächern entweder Erziehungswissenschaften, Kommunikationswissenschaften oder Lehr-Lern- und Trainingspsychologie und wurden aus Vorlesungen und Seminaren rekrutiert. Ein Studienziel des BA-Studiums ist der Erwerb fundierter Statistikkenntnisse. Somit wird angenommen, dass die Motivation der Lernenden, sich mit dem Thema Statistik auseinanderzusetzen, annähernd ähnlich ist. Jeder Proband musste einzeln am Test teilnehmen, da der Einsatz der Blickbewegungsregistrierung die gleichzeitige Teilnahme mehrerer Probanden ausschloss. Für die Darbietung des multimedialen Lernprogramms wurde ein handelsüblicher Bürocomputer genutzt. Den Versuchsaufbau ergänzte das

„eye-tracking“ System ASL EYE TRACKING SYSTEM MODEL 504 WITH PAN/TILT OPTICS, zur Erfassung der Blickbewegungen während des Lernen. Es arbeitete mit einer Aufzeichnungsrate von 60 Hz und wurde in Kombination mit dem MHT-System „FLOCK of BIRD“ eingesetzt, der eine Aufzeichnung der Kopfbewegungen im Raum ermöglichte. Die Untersuchungssituation stellt die Abb. 8-8 dar.

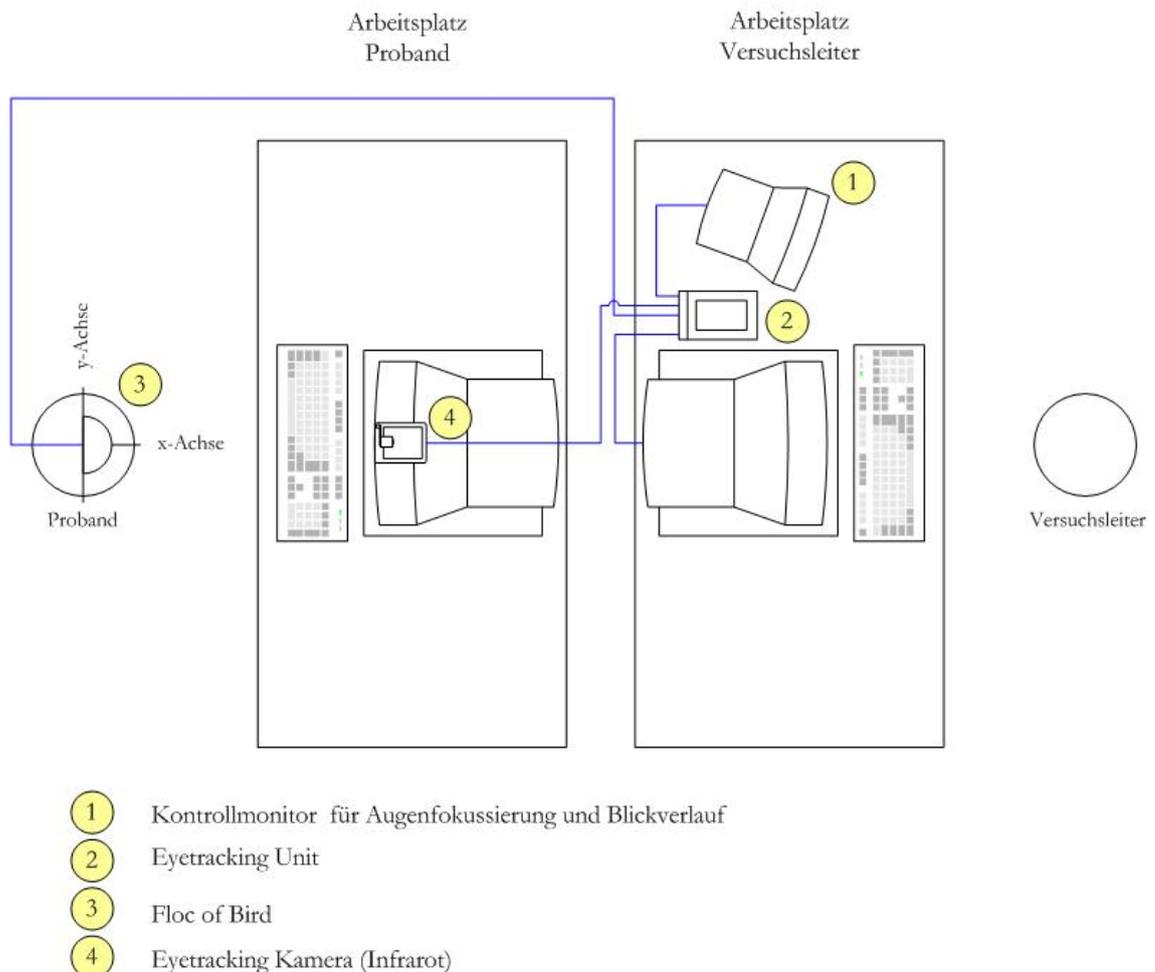


Abb. 8-8: Versuchsanordnung für die Studie 1 und Studie 2

Dem Versuchsleiter saß der Proband direkt gegenüber. Über zwei Kontrollmonitore konnte der Versuchsleiter die Lernaktivitäten des Probanden und den Blickverlauf verfolgen sowie die Fokussierung des Auges kontrollieren. Alle Probanden wurden der jeweiligen Versuchsbedingung per Zufall zugeteilt.

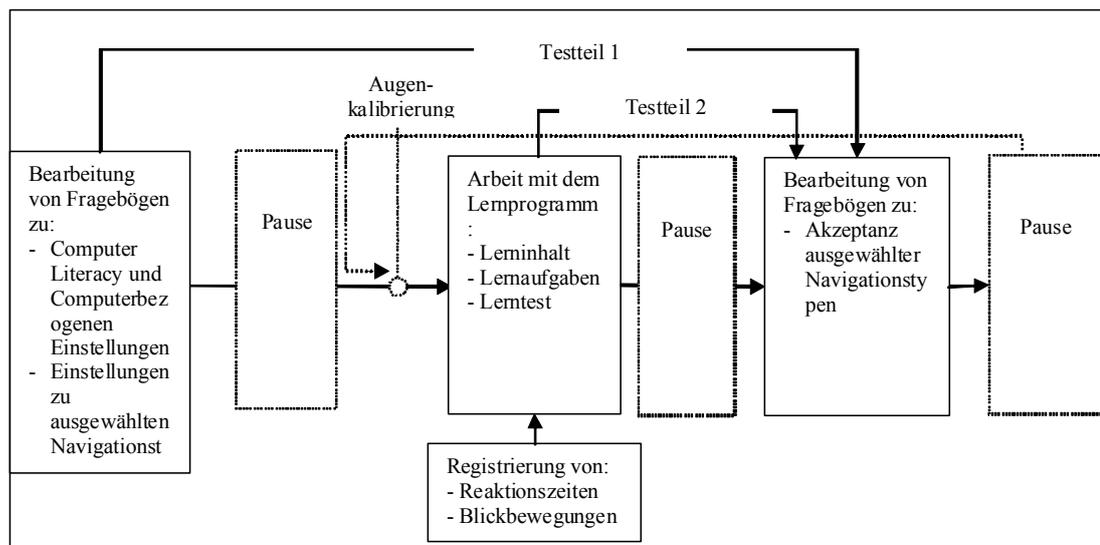


Abb. 8-9: Untersuchungsaufbau für die Studien 1 und 2

Jeder Proband durchlief mehrere Arbeitsphasen während der gesamten Untersuchung. Auf jede Arbeitsphase folgte eine Pause, bevor die nächste Arbeitsphase begann (siehe Abb. 8-9). In der ersten Arbeitsphase wurden Daten zur Person, zur „computer literacy“ und zu computerbezogenen Einstellungen erhoben sowie Daten über Einstellungen zu verschiedenen Zugriffstooltypen und zum Vorwissen. Nach einer kurzen Pause von ca. 5 Minuten informierte der Versuchsleiter die Probanden über die Methode der Blickbewegungsregistrierung und darüber welche Hilfsmittel dazu notwendig sind (Anbringen eines kleinen Sensors am Kopf mittels Stirnband). Anschließend kalibrierte der Versuchsleiter die Augen des Probanden. Vor der zweiten Arbeitsphase erhielten die Probanden zunächst eine kurze Information zur Bedienung der multimedialen Lernumgebung und übten sich im Lösen der zweiten Aufgabe (Reaktion auf Farbveränderungen des am oberen linken Bildschirmrand eingeblendeten „A“ durch Drücken der Leertaste auf der Computertastatur). Anschließend teilte ihnen der Versuchsleiter die Lernaufgabe mit. In der zweiten Arbeitsphase bearbeitete der Proband entsprechend der Lernaufgabe die Lerninhalte und bekam im weiteren Verlauf seines Lernprozesses durch die multimediale Lernumgebung weitere Lernaufgaben gestellt. Diese neuen Lernaufgaben konnte er ebenso, wie die vom Versuchsleiter gestellte Lernaufgabe, unter Rückgriff auf die in der multimedialen Lernumgebung vermittelten Lerninhalte lösen. Währenddessen wurden die Reaktionszeiten des Probanden auf die zweite Aufgabe aufgezeichnet sowie seine Blickbewegungen. Hatte der Proband nach seiner Einschätzung alle Aufgaben so gut wie möglich gelöst, wurde er durch das Lernprogramm zum Lerntest weitergeleitet (Wissens-test). Beim Lösen des Lerntests konnte der Lernende nicht mehr zurück zu den Lerninhalten, Aufgabenlösungen oder zum Glossar navigieren. Sobald der Proband alle Testaufgaben gelöst hatte, folgte wiederum eine kurze Pause von ca. 2 min. Er konnte während dieser Pause die Hilfsmittel zur Aufzeichnung seiner Blicke ablegen. In der dritten

Arbeitsphase bearbeitete der Proband einen Fragebogen zur Akzeptanz des angebotenen Zugriffstooltyps in Papierform. Mit dem vollständig ausgefüllten Fragebogen endete der erste Testteil. Nach einer weiteren längeren Pause von ca. 10 min wurden die Augen der Probanden erneut kalibriert, eine neue Aufgabe vom Testleiter übermittelt und der zweite Testteil analog dem Ersten vom Probanden absolviert, jedoch ohne die erste Arbeitsphase der Fragebogenbearbeitung, der Einführung in die Bedienung des multimedialen Lernprogramms und dem übungsweisen Lösen der Zweitaufgabe.

8.7. Operationalisierte Hypothesen

Nachdem im vorangegangenen Kapitel das Untersuchungsdesign, die Untersuchungsmittel und die Untersuchungsdurchführung beschrieben wurden, soll in diesem Kapitel, anhand der ebenfalls im letzten Kapitel beschriebenen Untersuchungsvariablen, die im Kap. 8.4 genannten Forschungshypothesen und Annahmen präzisiert werden.

8.7.1. Operationalisierte Hypothesen zur Art der Zugriffstools

Die Hypothesen zur Art der Zugriffstools formulieren Annahmen zu den Wirkungen der Art von Zugriffstools auf die Performanz von Lernenden, insbesondere auf deren Reaktionszeiten auf die zweite Aufgabe, deren Blickbewegungen, deren erworbenes Wissen und deren Lerndauer sowie deren Akzeptanz der angebotenen Zugriffstools. Darüber hinaus soll der Einfluss der Lernaufgabe exploriert werden.

H1: Es gibt einen Effekt der unabhängigen Variable „Zugriffstools“ auf den „cognitive load“ des Arbeitsgedächtnisses des Lernenden: Die statischen Zugriffstools verursachen einen geringeren „cognitive load“ beim Lernenden, als die dynamischen Zugriffstools, gemessen über die Reaktionszeiten auf die zweite Aufgabe. Es werden geringe Reaktionszeiten bei den statischen Zugriffstools ermittelt, als bei den dynamischen Zugriffstools.

$$\text{Reaktionszeiten}_{\text{stat. Typ}} < \text{Reaktionszeiten}_{\text{dyn. Typ}}$$

H2: Es gibt einen Effekt der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ auf die Blickbewegungen beim Lernen: Das Verhältnis entweder der Fixationsanzahl (Fix-Anzahl) oder Fixationsdauer (Fix_Duration) oder Interfixationsdauer (Interfix_Duration) oder des Interfixationsgrads (Interfix_Degree) zwischen Text- und Navigationselementen ist bei den statischen Zugriffstools größer als bei den dynamischen Variante.

$$\text{H2a: Ratio: Fix_Anzahl}_{\text{stat. Typ}} > \text{Fix_Anzahl}_{\text{dyn. Typ}}$$

$$\text{H2b: Ratio: Fix_Duration}_{\text{stat. Typ}} > \text{Fix_Duration}_{\text{dyn. Typ}}$$

$$\text{H2c: Ratio: Interfix_Duration}_{\text{stat. Typ}} > \text{Interfix_Duration}_{\text{dyn. Typ}}$$

$$H2d: \text{Ratio: } Interfix_Degree_{stat. Typ} > Interfix_Degree_{dyn. Typ}$$

H3: Die statischen Zugriffstools führen zu mehr Wissenszuwachs (allg._Wissenszuwachs), als die dynamischen Zugriffstools, also zu einer insgesamt höheren Punktzahl in der Differenz aus „multiple-choice“ Wissenstest (allg._Wissen) und „multiple-choice“-Vorwissenstest (allg._Vorwissen).

$$allg._Wissenszuwachs_{stat. Typ} > allg._Wissenszuwachs_{dyn. Typ}$$

H4: Es gibt einen Effekt der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ auf die Lerndauer. Lernende, die mit dem statischen Zugriffstools lernen, weisen kürzere Lernzeiten auf, als Lernende, die mit den dynamischen Zugriffstools lernen.

$$Lerndauer_{stat. Typ} < Lerndauer_{dyn. Typ}$$

H5: Die unabhängige Variable „Zugriffstooltyp“ beeinflusst die subjektive Bewertung der Usability (Akzeptanz). Die Lernenden schätzen den statischen Zugriffstooltyp in seiner Akzeptanz besser ein, d. h. mit einem höheren Wert auf der Ratingskala von 1 bis 5, als den dynamischen Typ.

$$H5: Akzeptanz_{stat. Typ} > Akzeptanz_{dyn. Typ}$$

Die Lernenden schätzen den statischen Zugriffstooltyp hinsichtlich seiner Effektivität oder Effizienz oder Zufriedenheit besser ein, d. h. mit einem höheren Wert auf der Ratingskala von 1 bis 5, als den dynamischen Typ.

$$H5a: Akzeptanz_Effektivität_{stat. Typ} > Akzeptanz_Effektivität_{dyn. Typ}$$

$$H5b: Akzeptanz_Effizienz_{stat. Typ} > Akzeptanz_Effizienz_{dyn. Typ}$$

$$H5c: Akzeptanz_Zufriedenheit_{stat. Typ} > Akzeptanz_Zufriedenheit_{dyn. Typ}$$

Es werden, neben Effekten der unabhängigen Variable auch Effekte durch das Zusammenwirken der unabhängigen Variable „Zugriffstooltyp“ und „Aufgabenart“ auf Performanz und Akzeptanz erwartet.

A1: Es wird ein Interaktionseffekt des „Zugriffstooltyps“ x „Aufgabe“ erwartet, der die Blickbewegungen beeinflusst. Der Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ (ÜZ) wird vom statischen Typ besser unterstützt als durch den dynamischen Typ. Das Verhältnis der Fixationsanzahl (Fix-Anzahl) oder Fixationsdauer (Fix_Duration) oder Interfixationsdauer (Interfix_Duration) oder des Interfixationsgrads (Interfix_Degree) zwischen Text- und Navigationselementen ist beim sta-

tischen Typ größer als beim dynamischen Typ. Hingegen der Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ (EA) wird durch den dynamischen Typ besser unterstützt. Das Verhältnis der Fixationsanzahl, Fixationsdauer, Interfixationsdauer und des Interfixationsgrads zwischen Text- und Navigationselementen ist beim statischen Typ kleiner als beim dynamischen Typ.

A1a: Typ UZ: Ratio: $Fix_Duration_{stat. Typ} > Fix_Duration_{dyn. Typ}$

A1b: Typ UZ Ratio: $Interfix_Duration_{stat. Typ} > Interfix_Duration_{dyn. Typ}$

A1c: Typ UZ Ratio: $Fix_Anzahl_{stat. Typ} > Fix_Anzahl_{dyn. Typ}$

A1d: Typ UZ Ratio: $Interfix_Degree_{stat. Typ} > Interfix_Degree_{dyn. Typ}$

A1e: Typ EA: Ratio: $Fix_Duration_{stat. Typ} < Fix_Duration_{dyn. Typ}$

A1f: Typ EA Ratio: $Interfix_Duration_{stat. Typ} < Interfix_Duration_{dyn. Typ}$

A1g: Typ EA Ratio: $Fix_Anzahl_{stat. Typ} < Fix_Anzahl_{dyn. Typ}$

A1h: Typ EA Ratio: $Interfix_Degree_{stat. Typ} < Interfix_Degree_{dyn. Typ}$

A2: Es wird ein Interaktionseffekt des „Zugriffstooltyps“ x „Aufgabe“ bezüglich des gemessenen „cognitive load“ erwartet, also der gemessenen Reaktionszeiten. Für den statischen Typ im Vergleich zum Dynamischen sollten die Reaktionszeiten geringer ausfallen, wenn Aufgaben des Typs „Überblick und Zusammenfassung“ bearbeitet wurden. Für den dynamischen Typ sollten die Reaktionszeiten im Vergleich zum statischen dann geringer sein, wenn Aufgaben des Typs „Elaboration und Ausarbeitung“ bearbeitet wurden.

A2a: Typ UZ: Reaktionszeiten $_{stat. Typ} < Reaktionszeiten_{dyn. Typ}$

A2b: Typ EA: Reaktionszeiten $_{stat. Typ} > Reaktionszeiten_{dyn. Typ}$

8.7.2. Operationalisierte Hypothesen zum Einfluss der Usability

Die operationalisierten Hypothesen, die sich aus der Variation der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ ergeben, zielen auf die Untersuchung der Auswirkungen von Desorientierung bei der Informationssuche während des Lernprozesses. Insbesondere die Auswirkungen der Segmentierung direkt über die Zugriffstools erreichbarer Lerninhalte sollen bezüglich ihrer Auswirkungen auf Performanz und die Akzeptanz der Lernenden mithilfe der folgenden Hypothesen untersucht werden. Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ umfasste die Ausprägungen „Grundvariante“ versus „Alternativvariante“ der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools.

H6: Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ hat einen negativen Effekt auf den „cognitive load“ im Arbeitsgedächtnis des Lernenden. Lernende beider Tooltypen haben höhere Reaktionszeiten in der Bedingung „Alternativvariante“ als in der Bedingung „Grundvariante“.

H6a: stat. Typ: Reaktionszeiten_{Grundvariante} < Reaktionszeiten_{Alternativvariante}

H6b: dyn. Typ: Reaktionszeiten_{Grundvariante} < Reaktionszeiten_{Alternativvariante}

H7: Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“, der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools hat einen Effekt auf das Blickverhalten der Lernenden. Das Verhältnis der Fixationsanzahl (Fix-Anzahl) oder Fixationsdauer (Fix_Duration) oder Interfixationsdauer (Interfix_Duration) oder des Interfixationsgrads (Interfix_Degree) zwischen Text- und Navigationselementen ist in beiden alternativen Bedingungen kleiner als in den Grundbedingungen.

H7a: stat. Typ: Ratio: Fix_Duration_{Grundvariante} > Fix_Duration_{Alternativvariante}

H7b: stat. Typ: Ratio: Interfix_Duration_{Grundvariante} > Interfix_Duration_{Alternativvariante}

H7c: stat. Typ: Ratio: Fix_Anzahl_{Grundvariante} > Fix_Anzahl_{Alternativvariante}

H7d: stat. Typ: Ratio: Interfix_Degree_{Grundvariante} > Interfix_Degree_{Alternativvariante}

H7e: dyn. Typ: Ratio: Fix_Duration_{Grundvariante} > Fix_Duration_{Alternativvariante}

H7f: dyn. Typ: Ratio: Interfix_Duration_{Grundvariante} > Interfix_Duration_{Alternativvariante}

H7g: dyn. Typ: Ratio: Fix_Anzahl_{Grundvariante} > Fix_Anzahl_{Alternativvariante}

H7h: dyn. Typ: Ratio: Interfix_Degree_{Grundvariante} > Interfix_Degree_{Alternativvariante}

H8: Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ führt in der Bedienung „Alternativvariante“ der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools zu schlechteren Lernergebnissen, als in den Bedingungen „Grundvariante“. Der Wissenszuwachs bei beiden Zugriffstooltypen ist in den Bedingungen „Grundvariante“ größer, als in den Bedingungen „Alternativvariante“, d. h. die Bedingungen „Grundvariante“ führen zu einer insgesamt höheren Punktzahl (allg._Wissenszuwachs) in der Differenz aus „multiple-choice“ Wissenstest (allg._Wissen) und „multiple-choice“ Vorwissenstest (allg._Vorwissen).

H8a: stat. Typ: allg._Wissenszuwachs_{Grundvariante} > allg._Wissenszuwachs_{mit Verschlechterung}

H8b: dyn. Typ: allg._Wissenszuwachs_{Grundvariante} > allg._Wissenszuwachs_{mit Verschlechterung}

H9: Die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“ der angebotenen Zugriffstools beeinflusst die subjektive Bewertung der Usability. Lernende bewerten die alternativen Zugriffstooltypen hinsichtlich ihrer Akzeptanz auf der Ratingskala von 1 bis 5 mit einem kleineren Zahlenwert, als die Grundtypen.

stat. Typ: Akzeptanz_{Grundvariante} > Akzeptanz_{mit Verschlechterung}

dyn. Typ: Akzeptanz_{Grundvariante} > Akzeptanz_{mit Verschlechterung}

Lernende bewerten die alternativen Zugriffstooltypen hinsichtlich ihrer Effektivität oder Effizienz oder Zufriedenheit auf der Ratingskala von 1 bis 5 mit einem kleineren Zahlenwert, als die Grundtypen.

H9a: stat. Typ: Akzeptanz_Effektivität_{Grundvariante} > Akzeptanz_Effektivität_{mit Verschlechterung}

H9b: stat. Typ: Akzeptanz_Effizienz_{Grundvariante} > Akzeptanz_Effizienz_{mit Verschlechterung}

H9c: stat. Typ: Akzeptanz_Zufriedenheit_{Grundvariante} > Akzeptanz_Zufriedenheit_{mit Verschlechterung}

H9d: dyn. Typ: Akzeptanz_Effektivität_{Grundvariante} > Akzeptanz_Effektivität_{mit Verschlechterung}

H9e: dyn. Typ: Akzeptanz_Effizienz_{Grundvariante} > Akzeptanz_Effizienz_{mit Verschlechterung}

H9f: dyn. Typ: Akzeptanz_Zufriedenheit_{Grundvariante} > Akzeptanz_Zufriedenheit_{mit Verschlechterung}

Es werden neben den Effekten der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ zudem Interaktionseffekte der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ mit der „Aufgabe“ angenommen. Durch die alternative Bedienung der Zugriffstools werden negative Effekte auf die Interaktion mit der Aufgabe auf die Performanz, die Reaktionszeiten und die Blickbewegungen erwartet.

A3: Es wird ein Interaktionseffekt „Gestaltungstyp“ x „Aufgabe“ auf die Höhe des gemessenen „cognitive load“ postuliert. Für den Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“, als auch für den Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ werden im Vergleich zur Bedingung „Grundvariante“ höhere Reaktionszeiten für die Bedingung „Alternativvariante“ gemessen.

A3a: Typ UZ x stat. Typ: Reaktionszeiten_{Grundvariante} < Reaktionszeiten_{mit Verschlechterung}

A3b: Typ UZ x dyn. Typ: Reaktionszeiten_{Grundvariante} < Reaktionszeiten_{mit Verschlechterung}

A3c: Typ EA x stat. Typ: Reaktionszeiten_{Grundvariante} < Reaktionszeiten_{mit Verschlechterung}

A3d: Typ EA x dyn. Typ: Reaktionszeiten_{Grundvariante} < Reaktionszeiten_{mit Verschlechterung}

A4: Es wird ein Interaktionseffekt „Gestaltungstyp“ x „Aufgabe“ auf die Blickbewegungen erwartet. Das Verhältnis der Fixationsanzahl (Fix-Anzahl) oder Fixationsdauer (Fix_Duration) oder Interfixationsdauer (Interfix_Duration) oder des Interfixationsgrads (Interfix_Degree) zwischen Text und Navigationselementen ist in beiden alternativen Bedingungen kleiner als in den Grundbedingungen.

A4a: Typ UZ x stat. Typ: Ratio: Fix_Duration_{Grundvariante} > Fix_Duration_{Alternativvariante}

A4b: Typ UZ x stat. Typ: Ratio: Interfix_Duration_{Grundvariante} > Interfix_Duration_{Alternativvariante}

A4c: Typ UZ x stat. Typ: Ratio: Fix_Anzahl_{Grundvariante} > Fix_Anzahl_{Alternativvariante}

A4d: Typ UZ x stat. Typ: Ratio: Interfix_Degree_{Grundvariante} > Interfix_Degree_{Alternativvariante}

A4e: Typ UZ x dyn. Typ: Ratio: Fix_Duration_{Grundvariante} > Fix_Duration_{Alternativvariante}

A4f: Typ UZ x dyn. Typ: Ratio: Interfix_Duration_{Grundvariante} > Interfix_Duration_{Alternativvariante}

A4g: Typ UZ x dyn. Typ: Ratio: Fix_Anzahl_{Grundvariante} > Fix_Anzahl_{Alternativvariante}

A4h: Typ UZ x dyn. Typ: Ratio: Interfix_Degree_{Grundvariante} > Interfix_Degree_{Alternativvariante}

A4i: Typ EA x stat.. Typ: Ratio: Fix_Duration_{Grundvariante} > Fix_Duration_{Alternativvariante}

A4j: Typ EA x stat. Typ: Ratio: Interfix_Duration_{Grundvariante} > Interfix_Duration_{Alternativvariante}

A4k: Typ EA x stat. Typ: Ratio: Fix_Anzahl_{Grundvariante} > Fix_Anzahl_{Alternativvariante}

A4l: Typ EA x stat. Typ: Ratio: Interfix_Degree_{Grundvariante} > Interfix_Degree_{Alternativvariante}

A4m: Typ EA x dyn. Typ: Ratio: Fix_Duration_{Grundvariante} > Fix_Duration_{Alternativvariante}

A4n: Typ EA x dyn. Typ: Ratio: Interfix_Duration_{Grundvariante} > Interfix_Duration_{Alternativvariante}

A4o: Typ EA x dyn. Typ: Ratio: Fix_Anzahl_{Grundvariante} > Fix_Anzahl_{Alternativvariante}

A4p: Typ EA x dyn. Typ: Ratio: Interfix_Degree_{Grundvariante} > Interfix_Degree_{Alternativvariante}

8.7.3. Operationalisierte Annahmen zu den Einflussfaktoren auf den Lernerfolg

In bisherigen empirischen Untersuchungen haben sich das Vorwissen, die Einstellungen und das Computerwissen der Lernenden ebenso als Einflussfaktoren auf den Lernerfolg beim multimedialen Lernen herausgestellt, wie der „cognitive load“. Es soll deshalb explorativ untersucht werden, ob ein Einfluss einer der postulierten Einflussfaktoren auch in den durchgeführten Studien nachweisbar ist.

A5: Es wird ein Einfluss der Usability, der „computer literacy“, der Einstellungen, der Akzeptanz, der Reaktionszeiten, der Lerndauer und des Blickverhaltens sowie des Vorwissens (allg._Vorwissen) auf den Lernerfolg erwartet.

$$A5a: \text{Lernerfolg} = f(\text{allg.}_\text{Vorwissen})$$

$$A5b: \text{Lernerfolg} = f(\text{computer literacy})$$

$$A5c: \text{Lernerfolg} = f(\text{Einstellungen})$$

$$A5d: \text{Lernerfolg} = f(\text{Akzeptanz})$$

$$A5e: \text{Lernerfolg} = f(\text{Reaktionszeiten})$$

$$A5f: \text{Lernerfolg} = f(\text{Testdauer})$$

$$A5g: \text{Lernerfolg} = f(\text{Ratio_Interfixationsdauer})$$

$$A5h: \text{Lernerfolg} = f(\text{Ratio_Interfixationsgrad})$$

$$A5i: \text{Lernerfolg} = f(\text{Ratio_Fixationsdauer})$$

$$A5j: \text{Lernerfolg} = f(\text{Ratio_Fixationsanzahl})$$

8.7.4. Ergänzende operationalisierte Annahme zu Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability multimedialer Lernumgebungen

Die bisherigen Hypothesen und Annahmen soll eine weitere Annahme bezüglich der Wirkungen erhobener Performanz-, Erfahrungs- und Einstellungsmaße auf die subjektive Bewertung der Usability (Akzeptanz) ergänzen.

A6: Es wird ein Einfluss der „computer literacy“, der Einstellungen, des Wissenszuwachses, der Reaktionszeiten, der Lerndauer und des Blickverhaltens auf die Akzeptanz erwartet.

$$A6a: \text{Akzeptanz} = f(\text{computer literacy})$$

$$A6b: \text{Akzeptanz} = f(\text{Einstellungen})$$

$$A6c: \text{Akzeptanz} = f(\text{Wissenszuwachs})$$

$$A6d: \text{Akzeptanz} = f(\text{Reaktionszeiten})$$

$$A6e: \text{Akzeptanz} = f(\text{Testdauer})$$

$$A6f: \text{Akzeptanz} = f(\text{Ratio_Interfixationsdauer})$$

$$A6g: \text{Akzeptanz} = f(\text{Ratio_Interfixationsgrad})$$

$$A6h: \text{Akzeptanz} = f(\text{Ratio_Fixationsdauer})$$

$$A6i: \text{Akzeptanz} = f(\text{Ratio_Fixationsanzahl})$$

8.8. Zusammenfassung

Auf Basis der Zusammenstellung bisheriger empirischer Forschungsergebnisse kristallisierte sich unter Berücksichtigung der Studien zum „cognitive overhead“ heraus, dass im Kontext der Informationssuche dem Zustandekommen von „cognitive overhead“ ganz unterschiedliche Ursachen zugeschrieben werden. Ein Ansatzpunkt ist die kognitive Beanspruchung, die ein Lernender erlebt, wenn er multimedial Wissen erwirbt. Die kognitive Beanspruchung kann ausgelöst werden durch den Wissenserwerb, aber auch durch die Gestaltung der Zugriffstools. Bisher ist noch unklar, ob verschiedene Arten von Zugriffstools unterschiedlichen „cognitive load“ verursachen und welche Rolle die Usability der Zugriffstools spielt. Es ist deshalb Ziel zweier themenbezogener empirischer Studien sowohl den Einfluss der Art von Zugriffstools, als auch von der Gestaltung auf den „cognitive load“, den Lernerfolg und die Akzeptanz der angebotenen Zugriffstools empirisch zu untersuchen. Darüber hinaus wurde als weiterer Indikator für mentale Beanspruchung, die Erfassung von Blickbewegungsdaten mit in die Konzeption der Studien einbezogen. Multimediales Lernen beeinflusst das domänenspezifische Vorwissen ebenso wie das computer- und hypermediabezogene Vorwissen und die Einstellungen zum Arbeiten mit dem Computer und unterschiedlichen Arten von Zugriffstools. Deshalb wurden diese Variablen als Kontrollvariablen mit in die beiden Studien einbezogen. Die erste empirische Studie prüft basierend auf einem 2x2 „within subject“ Untersuchungsdesign fünf Hypothesen. Es wird die unabhängige Variable „Art des Zugriffstools“ variiert und deren Auswirkungen auf den „cognitive load“, die Blickbewegungen und die Akzeptanz untersucht. Mithilfe der zweiten Studie werden vier Hypothesen in einem 2x2x2 „within subject“ Untersuchungsdesign geprüft. Als unabhängige Variable wird die Usability von Zugriffstools experimentell manipuliert und Auswirkungen der Manipulation auf den „cognitive load“, den Lernerfolg und die Akzeptanz der Zugriffstools erforscht. Als Untersuchungsmittel für beide Studien diente ein hierarchisch multimediales Hypertext Lernprogramm zum Thema „Logik des Signifikanztests“, das für Lernende mit deskriptiven Statistikenkenntnissen entwickelt wurde.

9. ERGEBNISSE DER STUDIEN

Die statistische Prüfung der aufgestellten Hypothesen erfolgte mittels Varianz- und Regressionsanalysen nach dem allgemeinen linearen Modell. Entsprechend dem Untersuchungsdesign wurden die Hypothesen prüfenden Varianzanalysen mit Messwiederholung sowie die varianzanalytischen Einzelvergleiche, über eine Korrelationsanalyse nach Spearman durchgeführt. Um die Fehlervarianzen in den Berechnungen zu reduzieren, gingen die Kovariaten mit in die Berechnung ein, sofern für sie zuvor Effekte errechnet wurden. Bevor die Datenauswertung beginnen konnte, wurden die abhängigen Variablen und Kovariaten einer Datenbereinigung unterzogen. Sie setzte sich aus der Prüfung der Wertebereiche, der Prüfung der Häufigkeitsverteilungen sowie der Überprüfung der Itempolung zusammen. Für die abhängigen Variablen „cognitive load“ sowie „Blickbewegungen“ umfasste die Datenbereinigung darüber hinaus die Bereinigung der Reaktionszeiten, der Fixationsanzahl, der Fixationsdauer und der Interfixationsdauer um ± 2 SD auf Individualebene. Ein Verfahren, das Brünken und Kollegen (2003) für die Datenbereinigung von Reaktionszeiten vorschlugen und in beiden Studien sowohl für die Reaktionszeiten als auch für die Bereinigung der Blickbewegungsparameter Anwendung fand. Die Blickwinkel wurden, entsprechend dem maximal messbaren Winkel (siehe Kap. 8.5.3), auf 15 Grad ± 2 SD begrenzt. Für alle Auswertungen galt ein Signifikanzniveau von Alpha gleich 0,05. Die Datenauswertung erfolgte mithilfe des Statistikprogramms SPSS in der Version 12 und 14. Die Interpretation der Effektstärken orientierte sich an den von Rost (2007, p. 127) angegebenen Richtwerten.

9.1. Deskriptive Auswertung

An der ersten Studie nahmen 62 Probanden teil, davon waren 53 weiblich und 9 männlich. Der Altersdurchschnitt der Probanden betrug 22,2 Jahre. Bei der Auswertung der Pretestdaten stellte sich heraus, dass die Probanden den Hypothesenteil (2 min 16 sec (SD= 1min) sehr viel schneller bearbeitet hatten, als den Signifikanzteil (38min 57 sec (SD= 7 min 37min)). Beide Testteile wurden deshalb so überarbeitet, dass die erwarteten Testdauern für beide Teile ungefähr gleich lang waren. In der ersten Studie betrug die Testdauer für den Hypothesenteil: 30 min 29 sec (SD= 8min 19sec) und für den Signifikanzteil: 24min 26 sec (SD= 6 min 18min). Es verlängerte sich die mittlere Dauer für die Testbearbeitung in der ersten Studie auf 1h 43min 31 sec (SD= 27 min 14 sec) und dauerte somit rund 30 min länger als im Pretest. An der zweiten Studie nahmen insgesamt 118 Probanden teil, deren Altersdurchschnitt 21,6 betrug. Davon waren 21 männlich und 97 weiblich. Der gesamte Test dauerte in der zweiten Studie im Durchschnitt 1h 53min08 sec (SD= 27 min 39 sec).

9.2. Hypothesenprüfende und explorative Auswertung

9.2.1. Art der angebotenen Zugriffstools

Die Hypothesen zur Art der angebotenen Zugriffstools postulierten unterschiedliches Unterstützungspotenzial statischer bzw. dynamischer Zugriffstools beim Wissenserwerb. Zudem soll explorativ die Bedeutung der Aufgabenstellung untersucht werden. Die Variation der unabhängigen Variable „Zugriffstools“ sollte sich in Unterschieden in der Lernperformanz zeigen, insbesondere in den Reaktionszeiten (H1 und A2), den Blickbewegungen (H2 und A1), dem Wissenszuwachs (H3) und der Lerndauer (H4). Weiterhin wurde das Unterstützungspotenzial beider Zugriffstooltypen bezüglich ihrer Akzeptanz (H5) durch die Lernenden untersucht.

Reaktionszeiten: Die Hypothese 1 postuliert für die statischen Zugriffstools kürzere Reaktionszeiten als für die dynamischen Zugriffstools. Dies zeigte sich auch empirisch mit einem mittleren Effekt ($MW_{\text{stat}}=835,5$; $MW_{\text{dyn}}=864,0$; $F=11,059$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,58$). Lernende mussten, wenn sie mit den statischen Zugriffstools lernten, einen messbar geringeren „cognitive load“ aufbringen, als wenn sie mit den dynamischen Zugriffstools lernten. Die Hypothese 1 bestätigte sich somit. Neben dem Haupteffekt zeigten sich auch Interaktionseffekte zwischen den Reaktionszeiten und der „computer literacy“ sowie zwischen den Reaktionszeiten und den Einstellungen zu verschiedenen Typen von Zugriffstools. Je weniger vertraut Lernende mit verschiedenen Computeranwendungen waren ($F=9,085$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,532$) und je weniger sie den Computer als nützliches Werkzeug ($F=13,002$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,619$) ansahen, desto höher waren die Reaktionszeiten bzw. der „cognitive load“. Eine ähnliche Tendenz fand sich bei den Einstellungen zu verschiedenen Typen von Zugriffstools. Je flexibler und offener Lernende für verschiedene Menüarten ($F=7,284$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,477$) und Fortbewegungsarten ($F=19,924$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,714$) waren, desto geringere Reaktionszeiten traten auf.

In Annahme 2 wurde ein Einfluss der Aufgabe auf den gemessenen „cognitive load“ erwartet. Für die statischen Zugriffstools sollte der „cognitive load“ beim Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ geringer sein, als beim Typ „Elaboration und Ausarbeitung“. Für die dynamischen Zugriffstools postulierte die Annahme 2 einen geringeren „cognitive load“ beim Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ und einen Höheren beim Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“. Es konnten jedoch weder für den Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ geringere Reaktionszeiten für die statischen Zugriffstools gemessen werden ($MW_{\text{stat}}=826,78$; $MW_{\text{dyn}}=826,51$; $F=11,465$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,656$), noch geringere Reaktionszeiten für den Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ für die dynamischen Zugriffstools ($F=2,515$; $df=1$; $p>0,05$). Die Annahme 2 bestätigte sich also nicht.

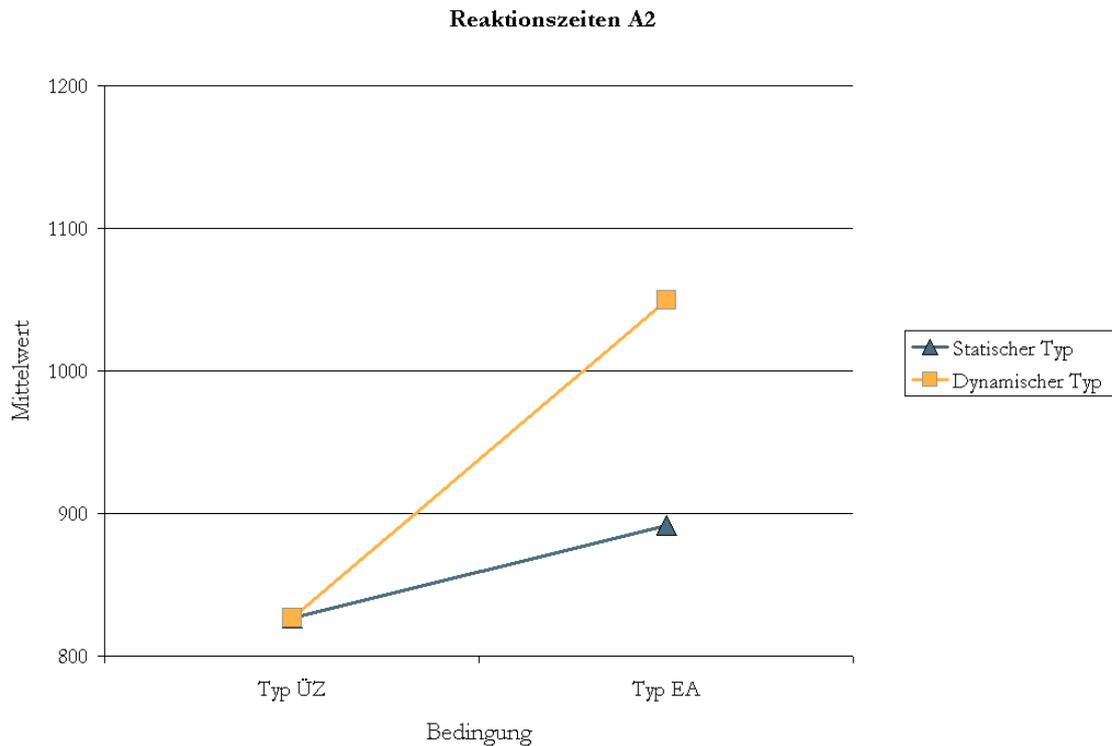


Abb. 9-1: gemessener „cognitive load“ in Abhängigkeit von „Zugriffstooltyp“ und „Aufgabentyp“

Vielmehr zeigen die Ergebnisse und die Abb. 9-1 ein anderes Bild. Für den Aufgabentypen „Überblick und Zusammenfassung“ (Typ ÜZ) konnten keine unterschiedlichen Reaktionszeiten festgestellt werden, unabhängig davon, ob die Lernenden mit den statischen (statischer Typ) oder den dynamischen Zugriffstools (dynamischer Typ) die Aufgabe bearbeiteten. Für den Aufgabentyp „Elaboration und Zusammenfassung“ (EA) wurden signifikant höhere Reaktionszeiten gemessen, wenn Lernende mit den dynamischen Zugriffstools im Vergleich zu den Statischen arbeiteten.

Blickverhalten: Neben den Reaktionszeiten kann auch das Blickverhalten, nach der „eye-mind“ Hypothese (Just & Carpenter, 1980), als Indikator für mentale Beanspruchung, also auch für den „cognitive load“ angenommen werden. Deshalb wurde in der Hypothese 2 postuliert, dass Lernende umso mehr Zeit zur Rezeption des Lernmaterials aufwenden können, je größer das Verhältnis von Blicken auf den Text im Vergleich zu Blicken auf die Zugriffstools ist. Dabei sollten die statischen Zugriffstools zu einem größeren Verhältnis führen als die dynamischen Zugriffstools. Dies traf zumindest für die Fixationsdauer ($MW_{stat}=0,98$; $MW_{dyn}=0,97$; $F=3,953$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,084$) und die Fixationsanzahl ($MW_{stat}=5,14$; $MW_{dyn}=4,25$; $F=6,653$; $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,134$) zu. Für die Interfixationsdauer und den Interfixationsgrad ergaben sich keine Unterschiede. Somit werden nur die Hypothesen H2a und H2b angenommen. Die Hypothesen H2c und H2d müssen verworfen werden.

Die Annahme 1 unterstellte einen Einfluss der Aufgabe auf das Blickverhalten. Von den statischen Zugriffstools sollte der Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ bes-

ser unterstützt werden, als die dynamischen Zugriffstools. Diese Annahme traf auf keinen der gemessenen Blickbewegungsparameter zu. Die Annahmen A1a- A1d bestätigen die empirischen Ergebnisse nicht. Für die dynamischen Zugriffstools wurde hingegen postuliert, dass sie den Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ besser unterstützen, als die statischen Zugriffstools. Dies traf nur auf die Annahme 1h zum Einfluss des Interfixationsgrads ($MW_{\text{stat}}=0,31$; $MW_{\text{dyn}}=0,38$; $F=10,519$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,260$) zu, nicht jedoch für die Annahmen 1e- 1g.

Lerndauer: Hinsichtlich der Lerndauer sollten sich beide Zugriffstooltypen voneinander unterscheiden. Allerdings konnten keine Unterschiede festgestellt werden ($MW_{\text{stat}}=27:42$ min; $MW_{\text{dyn}}=27:14$ min; $F=0,151$ $df=1$; $p>0,05$). Die Hypothese 4 muss also verworfen werden.

Wissen: Basierend auf der Annahme, dass die statischen Zugriffstools weniger „cognitive load“ in der Handhabung erfordern, als die dynamischen Zugriffstools, müssten die Lernenden, wenn sie mit den statischen Zugriffstools arbeiten, mehr kognitive Ressourcen auf den Lerngegenstand richten können, als wenn sie mit den dynamischen Zugriffstools lernen. Abb. 9-2 visualisiert den großen Unterschied im Wissenszuwachs beim Lernen mit den statischen Zugriffstools und den dynamischen Zugriffstools. Lernende erwarben signifikant mehr Wissen, wenn sie mit den statischen Zugriffstools lernten ($MW_{\text{stat}}=0,46$; $MW_{\text{dyn}}=-0,19$; $F=16,705$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,401$). Die Hypothese 3 kann also angenommen werden. Zudem scheinen die dynamischen Zugriffstools den Wissenserwerb zu behindern, da das Vorwissen der Lernenden im Mittel größer war, als das gemessene Wissen im Wissenstest. Die Abb. 9-2 zeigt deshalb, dass die Lernenden kein Wissen erwarben, während sie mit den dynamischen Zugriffstools lernten, da der Mittelwert im negativen Bereich liegt.



Abb. 9-2: Wissenszuwachs bei der Nutzung von statischen und dynamischen Zugriffstools

Akzeptanz: Neben Leistungsmaßen wurde auf einer Ratingskala die Akzeptanz der Lernenden für die jeweils angebotenen Zugriffstools erfragt. Die Hypothese 5 nimmt an, dass die statischen Zugriffstools von den Lernenden besser bewertet werden als die dynamischen Zugriffstools. Dies bestätigten auch die Untersuchungsergebnisse ($MW_{\text{stat}}=3,60$; $MW_{\text{dyn}}=2,66$; $F=23,119$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,549$). Die Hypothese 5 kann beibehalten werden. Bei der Berechnung der Varianzanalysen für jede einzelne Skala der drei Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenheit“ bestätigt sich der signifikante Effekt nur für die Usability-Eigenschaften „Effektivität“ ($MW_{\text{stat}}=3,91$; $MW_{\text{dyn}}=3,25$; $F=55,988$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,549$) und „Effizienz“ ($MW_{\text{stat}}=3,59$; $MW_{\text{dyn}}=2,80$; $F=13,508$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,403$). Für die Usability-Eigenschaft „Zufriedenheit“ konnte kein Überlegenheitseffekt der statischen Zugriffstools gemessen werden ($F=0,048$; $df=1$; $p>0,05$).

9.2.2. Gestaltung der angebotenen Zugriffstools

Neben der Art der Zugriffstools ist dessen Gestaltung ein wesentlicher Aspekt der Usability. Die Hypothesen 6 bis 9 formulieren deshalb Annahmen zu den Auswirkungen unterschiedlicher Gestaltung von Zugriffstools, speziell der Segmentierung direkt über die Zugriffstools erreichbarer Lerninhalte, auf die Performanz und Akzeptanz der Lernenden. Variiert wurde die unabhängige Variable „Gestaltungstyp“. In der Bedingung „Grundvariante“, konnte der Lernende jedes inhaltliche Segment über das angebotene Menü- und die Fortbewegungstools direkt erreichen. In der Bedingung „Alternativvarian-

te“ war dies nicht der Fall. Ein Knoten im Menü repräsentierte mehrere inhaltlich unterschiedliche Segmente. Es wurden zudem neben den Effekten der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ auf die Performanz und die Akzeptanz der Lernenden auch Effekte der Lernaufgabe explorativ untersucht, um die Annahmen A3 und A4 zu prüfen.

Reaktionszeiten: Die fehlende Abstimmung von inhaltlicher Segmentierung auf die über die Navigationselemente direkt erreichbaren Informationsknoten kann dazu führen, dass Lernende die gesuchte Information nicht direkt über die Zugriffstools mit der Maus erreichen. Sie müssten diese dann im fortlaufenden Lerntext suchen und selektieren, wodurch erhöhter „cognitive load“ auftreten kann. Entsprechend wird in der Hypothese 6 angenommen, dass höhere Reaktionszeiten für die alternativen statischen und dynamischen Zugriffstools gemessen werden. Die Annahme konnte, sowohl für die alternativen statischen ($MW_{\text{stat Typ_Grundvariante}}=1534,74$; $MW_{\text{stat Typ_Alternativvariante}}=1901,66$; $F=17,891$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,366$) als auch für die alternativen dynamischen Zugriffstools ($MW_{\text{dyn Typ_Grundvariante}}=1776,67$; $MW_{\text{dyn Typ_Alternativvariante}}=2002,57$; $F=11,910$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,259$), empirisch belegt werden. In beiden alternativen Zugriffstooltypen wurden, im Vergleich zu den in ihrer Segmentierung unveränderten statischen und dynamischen Zugriffstools, bedeutsame höhere Reaktionszeiten gemessen. Die Hypothese 6, insbesondere die H6a und H6b, können deshalb angenommen werden. Allerdings lag die mittlere Differenz der Reaktionszeiten bei den statischen Zugriffstools mit 367ms höher, als bei den dynamischen Zugriffstools mit 226 ms.

Reaktionszeiten H6

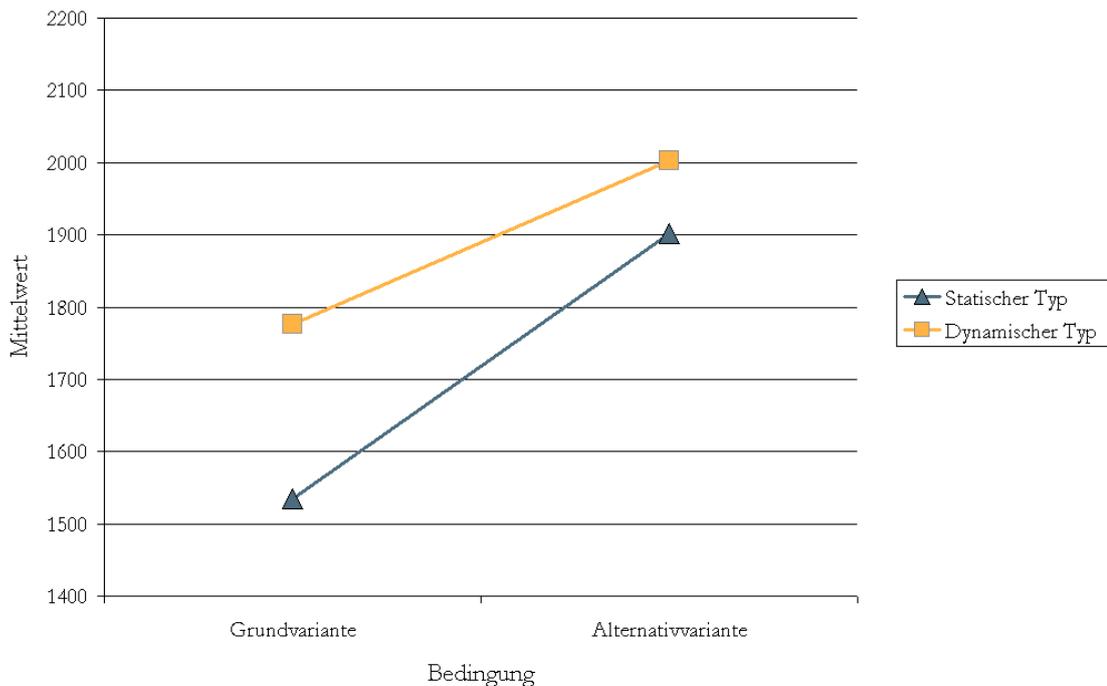


Abb. 9-3: Effekte der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ auf die Reaktionszeiten

Die Abb. 9-3 zeigt dann auch, dass die alternative Gestaltung längere Reaktionszeiten sowohl bei den statischen als auch bei den dynamischen Zugriffstools bei den Lernenden verursachte, jedoch der Anstieg der Geraden zwischen der Bedingung „Grundvariante“ und der Bedingung „Alternativvariante“ für die statischen Zugriffstools steiler ist, als für die Dynamischen. Es muss deshalb geschlussfolgert werden, dass sich die alternative Gestaltung der Zugriffstools beim statischen Typ stärker auswirkte, als beim dynamischen Typ.

Es wurde darüber hinaus in der Annahme 3 untergestellt, dass sich die alternative Gestaltung auch auf die beiden untersuchten Aufgabentypen „Überblick/Zusammenfassung“ und „Elaboration/Ausarbeitung“ mit längeren Reaktionszeiten auswirkt. Diese Annahme, insbesondere die Annahmen 3a- 3d, wurden explorativ geprüft und konnten empirisch bestätigt werden (siehe Tab. 9-1). Die Interaktion zwischen „Gestaltungstyp“ und „Aufgabentyp“ verursachten bei den Lernenden in der Bedingung „Grundvariante“ geringere Reaktionszeiten als in der Bedingung „Alternativvariante“.

Unabhängige Variablen	Abhängige Variable	MW	F	df	p	η^2
<i>statischer Typ \times Überblick/Zusammenfassung</i>	Grundvariante	1458,56	8,525	1	0,006	0,191
	Alternativvariante	1721,52				
<i>statischer Typ \times Elaboration/Ausarbeitung</i>	Grundvariante	1676,08	10,273	1	0,003	0,249
	Alternativvariante	2104,90				
<i>dynamischer Typ \times Überblick/Zusammenfassung</i>	Grundvariante	1649,97	11,626	1	0,002	0,244
	Alternativvariante	1963,84				
<i>dynamischer Typ \times Elaboration/Ausarbeitung</i>	Grundvariante	1888,46	3,186	1	0,042	0,086
	Alternativvariante	2037,08				

Tab. 9-1: Ergebnisüberblick zu den Interaktionseffekten Zugriffstooltyp \times Aufgabentyp auf die gemessenen Reaktionszeiten

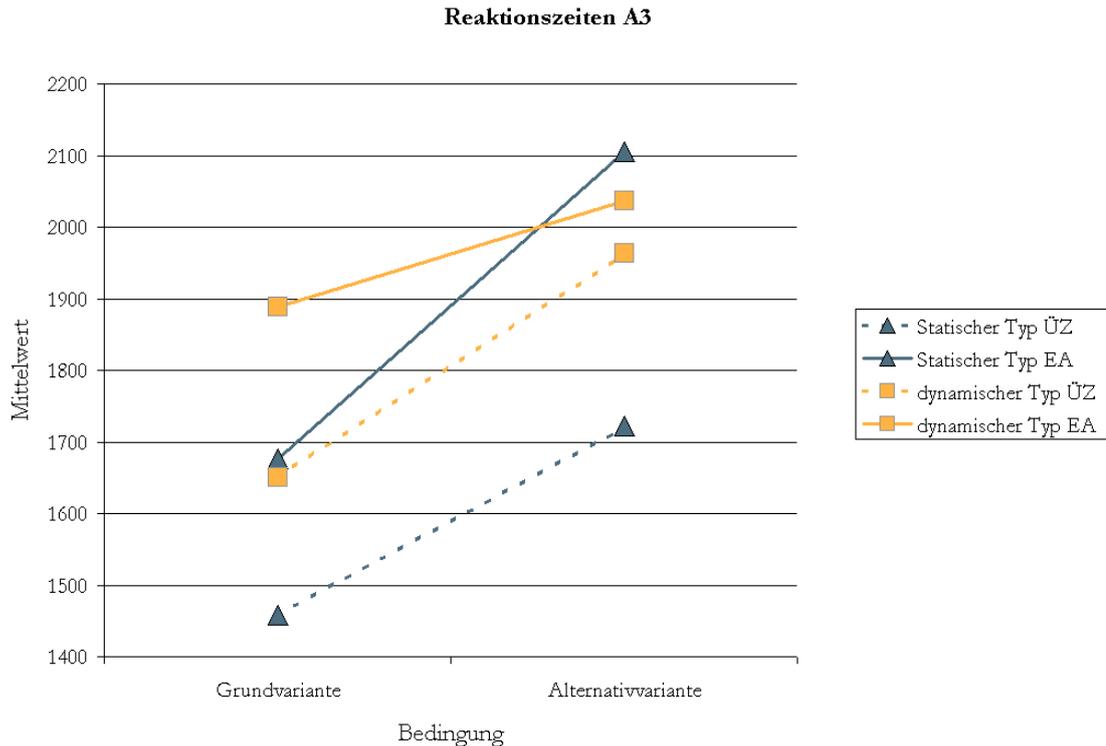


Abb. 9-4: Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“, „Zugriffstooltyp“ und „Aufgabentyp“ auf die Reaktionszeiten

Allerdings scheint bei den dynamischen Zugriffstools die alternative Gestaltung im Vergleich zu den statischen Zugriffstools für den Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ von geringerer Bedeutung zu sein (siehe Abb. 9-4). Es wurde für die dynamischen Zugriffstools lediglich ein mittlerer Effekt ($\eta^2=0,086$) gemessen und nicht, wie bei den statischen Zugriffstools, ein großer Effekt ($\eta^2=0,249$). Dennoch treten beim Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ in den Bedingungen „Alternativvariante“ im Mittel Reaktionszeiten von über einer halben Minute auf. Die Abb. 9-4 zeigt einen disordinalen Interaktionseffekt zwischen statischen Zugriffstools und den dynamischen Zugriffstools für den Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“. Dieser Interaktionseffekt kann allerdings durch das „within subject“ Untersuchungsdesign nicht interpretiert, da die Probanden nicht aus derselben Bedingung stammten. Zudem kann aus der Abb. 9-4 entnommen werden, dass den geringsten Effekt auf die gemessenen Reaktionszeiten die alternative Gestaltung des Aufgabentyps „Überblick und Zusammenfassung“ hatte, bei Nutzung der statischen Zugriffstools. Die größten Reaktionszeiten traten in der Bedingung „Alternativvariante“ für die statischen Zugriffstools auf, wenn die Lernenden den Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ bearbeiten mussten. Die Abb. 9-4 zeigt darüber hinaus für die Interaktion „statischer Zugriffstooltyp“ x „Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ die größte Steigung der Geraden. Es muss deshalb geschlussfolgert werden, dass sich die alternative Gestaltung auf die statischen Zugriffstools in Kombination mit der Aufgabe „Elaboration und Ausarbeitung“ am stärksten ausgewirkt hat.

Blickverhalten: Die Hypothese 7, insbesondere die H7a – H7h, postulieren negative Auswirkungen durch alternative Gestaltung der statischen und dynamischen Zugriffstools auf das Blickverhalten. Der Quotient aus Blicken auf den Text und auf die Zugriffstools sollte für die alternativ gestalteten Zugriffstooltypen geringer sein, als für die entsprechend der Grundvariante Gestalteten. Allerdings konnte nur die Hypothese 7d bestätigt werden. Bei den statischen Zugriffstools zeigte sich nur für die Interfixationsgrade ein mittlerer Effekt ($MW_{\text{stat Typ_Grundvariante}} = 0,322$; $MW_{\text{stat Typ_Alternativvariante}} = 0,35$; $F=2,932$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,095$). Für die Fixationsdauer ($F=0,765$; $df=1$; $p>0,05$), die Fixationsanzahl ($F=0,026$; $df=1$; $p>0,05$) und die Interfixationsdauer ($F=1,695$; $df=1$; $p>0,05$) ergaben sich keine Unterschiede durch die alternative Gestaltung der Usability der Zugriffstools. Deshalb müssen die Hypothesen 7a- 7c verworfen werden.

Blickbewegungen H7 (Interfix Degree)

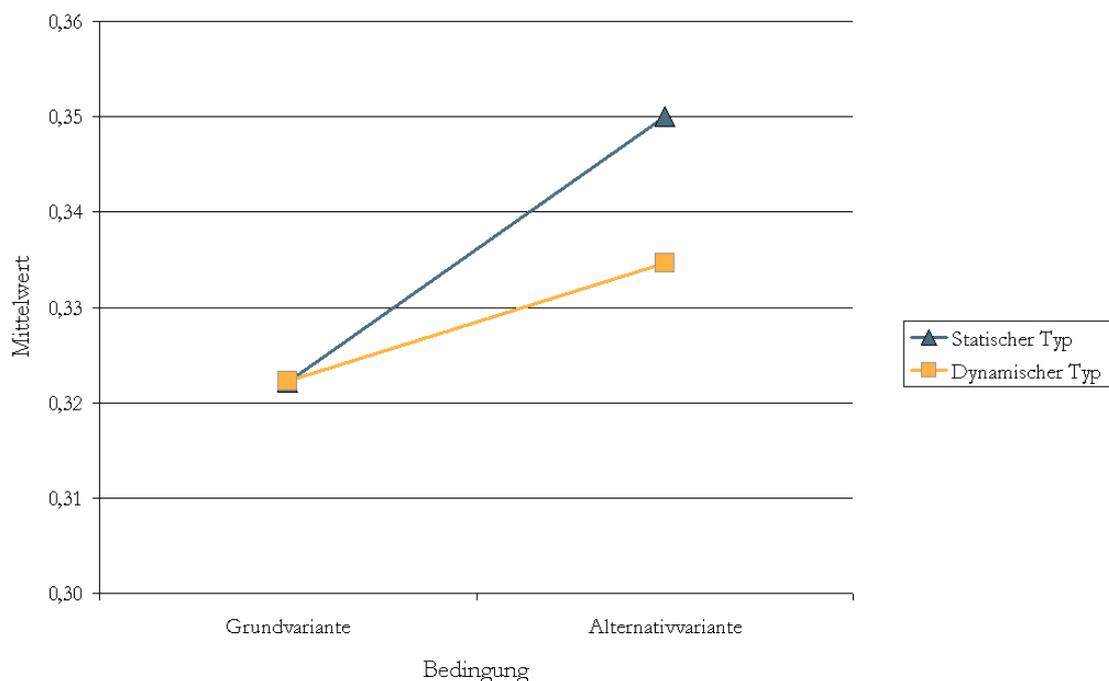


Abb. 9-5: Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ auf den Interfixationsgrad

Die Abb. 9-5 zeigt eine ordinale Interaktion. Es besteht ein signifikanter Effekt der Bedingung „Alternativvariante“ auf den Interfixationsgrad, wenn mit den statischen Zugriffstools gelernt wurde. Zudem visualisiert die Abb. 9-5, dass kein klarer Mittelwertunterschied zwischen der Bedingung „Grundvariante“ und „Alternativvariante“ sichtbar ist, wenn mit den dynamischen Zugriffstools gelernt wurde.

Für die dynamischen Zugriffstools zeigten sich, ebenso wie für den Interfixationsgrad, auch für die anderen Blickbewegungsparameter, keine negativen Auswirkungen durch die alternative Gestaltung. Weder für die Fixationsdauer ($F=1,657$; $df=1$; $p>0,05$) oder für die Fixationsanzahl ($F=0,556$; $df=1$; $p>0,05$), noch für die Interfixationsdauer ($F=0,019$;

df=1; $p>0,05$) oder für den Interfixationsgrad ($F=0,775$; df=1; $p>0,05$) konnte ein niedriger Quotient für die alternativen dynamischen Zugriffstools festgestellt werden. Die Hypothesen 7e – 7h müssen deshalb verworfen werden.

Darüber hinaus wurden in der Annahme 4 Auswirkungen des Gestaltungstyps in Abhängigkeit vom Aufgabentyp auf die Blickbewegungen erwartet. Es konnten jedoch keine Unterschiede nachgewiesen werden. Die nachfolgende Abb. 9-2 stellt die Ergebnisse zusammen. Auch, wenn der Interaktionseffekt zwischen dynamischen Zugriffstools und der Aufgabe „Elaboration und Ausarbeitung“ bezüglich des Interfixationsgrads ein signifikantes Ergebnis aufweist, so ist dennoch die Tendenz der Unterschiede erwartungswidrig ($MW_{\text{Grundvariante}} = 0,32$; $MW_{\text{Alternativvariante}} = 0,38$), wodurch die Annahmen 4a -4p nicht zutreffen.

<i>Unabhängige Variablen</i>	<i>Abhängige Variable</i>	F	df	p	η^2
<i>statischer Typ \times Überblick/ Zusammenfassung</i>	Fixationsdauer	1,137	1	0,297	0,045
	Fixationsanzahl	1,218	1	0,281	0,048
	Interfixationsdauer	0,172	1	0,682	0,007
	Interfixationsgrad	2,044	1	0,166	0,078
<i>statischer Typ \times Elaboration/ Ausarbeitung</i>	Fixationsdauer	0,240	1	0,628	0,008
	Fixationsanzahl	1,755	1	0,196	0,057
	Interfixationsdauer	1,206	1	0,283	0,046
	Interfixationsgrad	3,255	1	0,083	0,115
<i>dynamischer Typ \times Überblick/ Zusammenfassung</i>	Fixationsdauer	0,021	1	0,885	0,001
	Fixationsanzahl	0,547	1	0,466	0,019
	Interfixationsdauer	0,995	1	0,327	0,033
	Interfixationsgrad	0,186	1	0,669	0,006
<i>dynamischer Typ \times Elaboration/ Ausarbeitung</i>	Fixationsdauer	0,785	1	0,383	0,027
	Fixationsanzahl	0,597	1	0,446	0,021
	Interfixationsdauer	0,795	1	0,380	0,026
	Interfixationsgrad	10,519	1	<0,05	0,260

Tab. 9-2: Ergebnisüberblick zu den Interaktionseffekten Zugriffstooltyp \times Aufgabentyp auf die abhängige Variable Blickbewegungen

Wissen: In der Hypothese 8, insbesondere der H8a und H8b, wurde postuliert, dass die Lernenden, in der Bedingung „Grundvariante“ der angebotenen statischen und dynamischen Zugriffstools, mehr Wissen erwerben, als in der Bedingung „Alternativvariante“. Diese Annahme konnte bestätigt werden. Die Lernenden erzielten, sowohl mit den statischen Zugriffstools ($MW_{\text{stat. Typ_Grundvariante}} = 0,39$; $MW_{\text{stat. Typ_Alternativvariante}} = -0,03$; $F=5,441$ df=1; $p<0,05$, $\eta^2=0,131$) als auch mit den dynamischen Zugriffstools ($MW_{\text{dyn. Typ_Grundvariante}} = 0,37$; $MW_{\text{dyn. Typ_Alternativvariante}} = 0,04$; $F=4,712$ df=1; $p<0,05$, $\eta^2=0,116$) in der Bedingung

„Grundvariante“ bessere Ergebnisse, als in der Bedingung „Alternativvariante“. Die Hypothese 8, insbesondere die H8a und H8b, können angenommen werden.

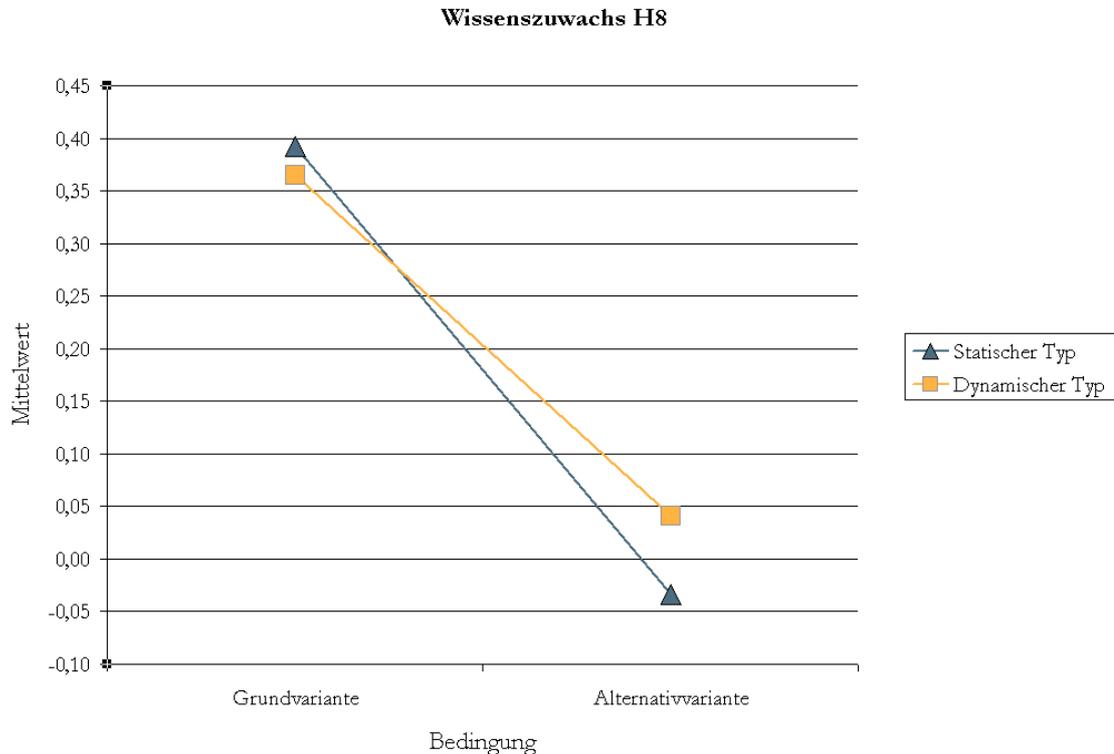


Abb. 9-6: Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ auf den Wissenserwerb

Die Abb. 9-6 zeigt eine disordinale Interaktion zwischen dem „Gestaltungstyp“ und dem „Zugriffstooltyp“. Die Bedingung „Alternativvariante“ führte zu einem geringen Wissenszuwachs, sowohl beim Lernen mit den statischen, als auch beim Lernen mit den dynamischen Zugriffstools. Allerdings war der Wissenszuwachs beim Lernen mit den dynamischen Zugriffstools, unter der Bedingung „Alternativvariante“, etwas höher, als beim Lernen mit den statischen Zugriffstools unter der gleichen Bedingung. Zumindest für die alternativen statischen Zugriffstools könnten weiterhin lernhemmende Effekte angenommen werden. Anscheinend war für die Lernenden kein Wissenszuwachs möglich, denn die Mittelwertdifferenz zwischen Vorwissenstest und Wissenstest ist negativ.

Akzeptanz: In der Hypothese 9 und den Hypothesen 9a bis 9f wird postuliert, dass die subjektive Bewertung der Usability bzw. der einzelnen Usability-Eigenschaften, unter der Bedingung „Alternativvariante“ geringer ist, als unter der Bedingung „Grundvariante“. Diese Annahme lässt sich, sowohl für die alternativen statischen Zugriffstools ($MW_{\text{stat. Typ_Grundvariante}} = 4,04$; $MW_{\text{stat. Typ_Alternativvariante}} = 3,44$; $F=36,583$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,566$) als auch für die alternativen dynamischen Zugriffstools ($MW_{\text{dyn. Typ_Grundvariante}} = 3,51$; $MW_{\text{dyn. Typ_Alternativvariante}} = 3,18$; $F=24,724$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,460$), bestätigen. Die Hypothese 9 kann also angenommen werden. Die alternative Gestaltung der Segmentierungsübereinstimmung zwischen Inhaltssegmenten und Zugriffsmöglichkeiten auf die einzelnen In-

haltssegmente schien die Lernenden häufiger vor Probleme bei der Informationssuche und beim Informationszugriff gestellt zu haben. Die hohen Effektstärken deuten darauf hin.

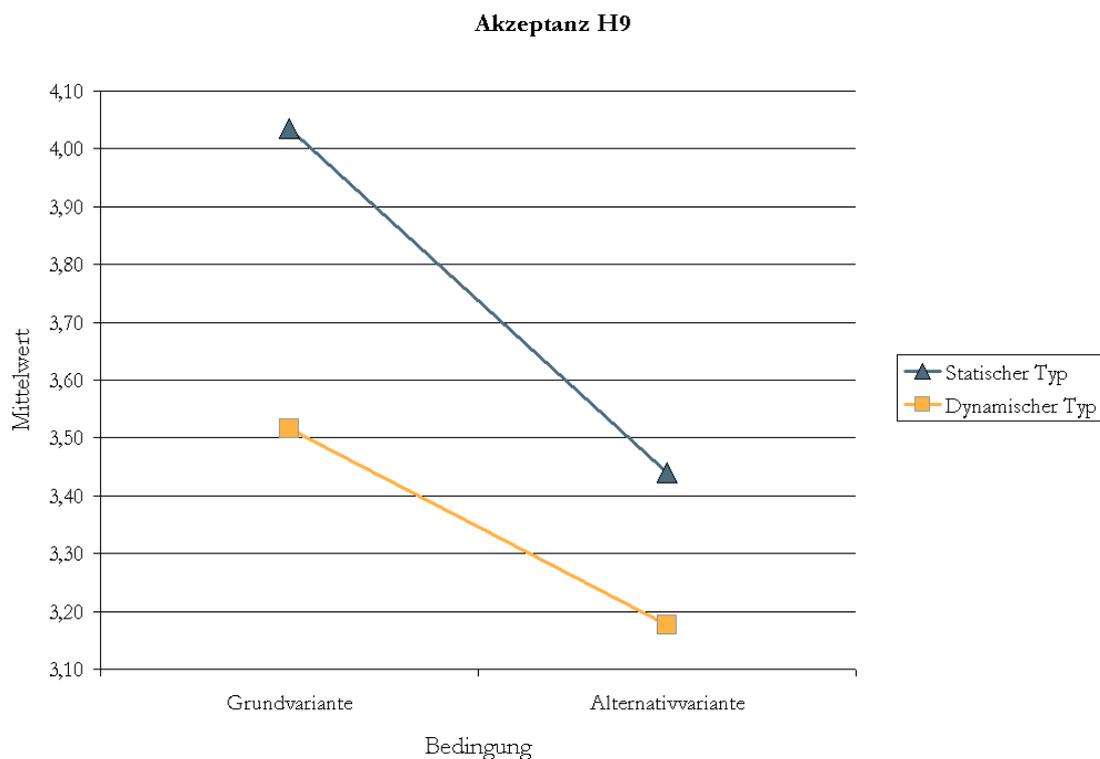


Abb. 9-7: Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ die Akzeptanz

Die Abb. 9-7, zeigt ebenso wie die Effektstärken, dass sich die alternative Gestaltung der Usability bei den statischen Zugriffstools ($\eta^2=0,566$) stärker ausgewirkt hat, als bei den dynamischen Zugriffstools ($\eta^2=0,460$).

Werden, um die Hypothesen 9a-9f zu untersuchen, die einzelnen Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenheit“ betrachtet, so lässt sich aus Tab. 9-3 ablesen, dass die Hypothesen 9a-9f angenommen werden können, da sich die alternative Gestaltung der Zugriffstools signifikant auf deren Akzeptanzbewertung durch die Lernenden auswirkte. Vor allem veränderte die alternative Gestaltung die von den Lernenden wahrgenommene Effektivität der Informationssuche und des Informationszugriffs. Hier zeigen sich die höchsten Effektstärken.

<i>Unabhängige Variablen</i>	<i>Abhängige Variable</i>	MW	F	df	p	η^2
<i>statischer Typ_Effektivität</i>	Grundvariante	4,05	76,155	1	0,000	0,685
	Alternativvariante	3,45				
<i>statischer Typ_Effizienz</i>	Grundvariante	4,04	25,642	1	0,000	0,409
	Alternativvariante	3,42				
<i>statischer Typ_Zufriedenheit</i>	Grundvariante	4,00	29,473	1	0,000	0,496
	Alternativvariante	3,35				
<i>dynamischer Typ_Effektivität</i>	Grundvariante	3,61	44,510	1	0,000	0,605
	Alternativvariante	3,23				
<i>dynamischer Typ_Effizienz</i>	Grundvariante	3,39	4,178	1	0,049	0,115
	Alternativvariante	3,18				
<i>dynamischer Typ_Zufriedenheit</i>	Grundvariante	3,46	10,171	1	0,030	0,236
	Alternativvariante	3,15				

Tab. 9-3: Ergebnisüberblick zu den Effekten der Verschlechterung des Zugriffstooltyps auf die abhängige Variable Akzeptanz

Insgesamt deuten die Ergebnisse daraufhin, dass die Usability-Variation der statischen Zugriffstools stärker von den Lernenden wahrgenommen wurde, als die alternative Gestaltung der dynamischen Zugriffstools. Für alle drei Usability-Eigenschaften ergaben sich für die alternative Gestaltung der statischen Zugriffstools höhere Effektstärken, als für die alternativen dynamischen Zugriffstools.

9.2.3. Explorierende Untersuchung der Einflussfaktoren auf den Lernerfolg

Bisher erwiesen sich in einigen Studien das Vorwissen (u.a. Carmel, Craford, & Chen, 1992; Davidson-Shivers et al., 1999), die Einstellungen und das Computerwissen (Otter & Johnson, 2000) der Lernenden als Einflussfaktoren auf den Lernerfolg. Auch der „cognitive load“ zeigt sich u. a. in Naumanns Studien (2004) als ein Einflussfaktor auf multimediales Lernen. Basierend auf diesen Annahmen wurden auch für die beiden Studien das Vorwissen, die Einstellungen, der „cognitive load“ und die Blickbewegungen sowie die Akzeptanz der angebotenen Zugriffstools als Einflussfaktoren auf den Lernerfolg angenommen. Allerdings zeigt die bisherige Ergebnisdarstellung nur einen Teil der erwarteten Effekte. Interaktionseffekte konnten nur für die Reaktionszeiten x der „computer literacy“ und für die Reaktionszeiten x der Einstellungen zu verschiedenen Zugriffstooltypen festgestellt werden. Die Regressionsanalyse ermittelt, nur für einige der angenommenen Faktoren einen Einfluss auf den Lernerfolg. Die Tab. 9-4 zeigt, dass insbesondere die Einflussfaktoren „computer literacy“, Vorwissen und Interfixationsgrad mit ihren signifikanten Beta-Gewichten (siehe Quadratsumme vom Typ III) sich in Studie 2

als einflussreich mit einem bedeutenden Effekt auf den Lernerfolg erwiesen. Damit bestätigen sich nur die Annahmen 5a, 5b und 5h.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	p	η^2
Korrigiertes Modell	9,457	10	,946	5,991	,000	,600
Konstanter Term	,565	1	,565	3,580	,066	,082
computer literacy	,724	1	,724	4,586	,038	,103
Einstellung zur Navigation	,049	1	,049	,312	,579	
Vorwissen	6,123	1	6,123	38,784	,000	,492
Akzeptanz	,083	1	,083	,528	,472	
Reaktionszeiten	,040	1	,040	,253	,618	
Testdauer	,157	1	,157	,997	,324	
Ratio_Interfixationsdauer	,005	1	,005	,034	,854	
Ratio_Interfixationsgrad	1,393	1	1,393	8,826	,005	,181
Ratio_Fixationsdauer	,422	1	,422	2,673	,110	
Ratio_Fixationsanzahl	,015	1	,015	,095	,759	
Fehler	6,315	40	,158			
Gesamt	604,313	51				
Korrigierte Gesamtvariation	15,772	50				

Tab. 9-4: Regressionsanalyse mit GLM; abhängige Variable Wissen; R-Quadrat = ,600

Auch wenn das Modell 60% der Varianz aufklärt, bleiben dennoch 40% der Varianz un-aufgeklärt. Anhand der Beta-Gewichte und Effektstärken zeigt sich, dass das Vorwissen den größten Einfluss hat, hingegen der Interfixationsgrad und die „computer literacy“, einen Geringeren. Der große Einfluss des Vorwissens ist auch nicht verwunderlich, da im Vorwissenstest und im Wissenstest ähnliche und identische Fragen enthalten waren.

9.3. Ergänzende explorative Auswertung zu den Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability multimedialer Lernumgebungen

Wird multimediales Lernen bezogen auf den Aspekt der Usability von Zugriffstools betrachtet, so stellt sich neben der Frage nach den Auswirkungen verschiedener Arten von Zugriffstools und deren Gestaltung auch die Frage, welche Faktoren die subjektive Wahrnehmung der Usability von Zugriffstools beeinflussen. Die Ergebnisse der Regressionsanalyse (siehe Tab. 9-5) zeigen, dass die Lerndauer einen Einfluss auf das Urteil über die Usability des angebotenen Zugriffstools hat, aber auch die Einstellungen gegenüber verschiedenen Zugriffstooltypen. Es bestätigen sich daher nur die Annahmen 6b und 6e.

Quelle	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	p	η^2
Korrigiertes Modell	2,547(a)	9	,283	1,300	,286	,319
Konstanter Term	,399	1	,399	1,831	,188	,068
Testdauer	1,090	1	1,090	5,003	,034	,167
Ratio_Interfixationsdauer	,242	1	,242	1,110	,302	
Ratio_Interfixationsgrad	,003	1	,003	,014	,908	
Ratio_Fixationsdauer	,114	1	,114	,523	,476	
Ratio_Fixationsanzahl	,073	1	,073	,337	,567	,
computer literacy	,045	1	,045	,208	,652	
Einstellungen	,973	1	,973	4,468	,045	,152
Reaktionszeiten	,012	1	,012	,054	,819	
Wissenszuwachs	,090	1	,090	,412	,527	
Fehler	5,445	25	,218			
Gesamt	410,611	35				
Korrigierte Gesamtvariation	7,992	34				

Tab. 9-5: Regressionsanalyse mit GLM; abhängige Variable „Akzeptanz“; R-Quadrat =, 319

Die untersuchten Einflussgrößen klären nur 32% der Varianz auf, sodass weitere Einflussgrößen angenommen werden müssen.

Um ein differenzierteres Bild der festgestellten Einflüsse Dauer und Einstellungen zu erhalten, wurden in einer explorativen Analyse die einzelnen Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenheit“ getrennt als Kriterienvariablen betrachtet. Es zeigt sich vor allem, dass die Beurteilung der Effizienz von der Testdauer (siehe Tab. 9-5) und von den Einstellungen abhängig ist. Zudem ist das Einstellungsurteil der Lernenden wesentlich von ihrer Einstellung zur Gestaltung der Fortbewegungstools abhängig, denn für Gestaltung der Fortbewegungstools zeigten sich signifikante Betagewichte für die Usability-Eigenschaft „Effizienz“ (siehe Tab. 9-6).

Neben der Effizienz beeinflussen die Einstellungen zur Gestaltung der Fortbewegungstools auch die Zufriedenheit. Es wurde auch für die Usability-Eigenschaft „Zufriedenheit“ ein signifikantes Betagewicht für die Einstellungen zur Gestaltung der Fortbewegungstools errechnet.

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	p	η^2
<i>Korrigiertes Modell</i>	Effektivität	2,810(a)	12	,234	1,157	,369	,387
	Effizienz	7,040(b)	12	,587	3,012	,012	,622
	Zufriedenheit	4,325(c)	12	,360	1,460	,213	,443
<i>Konstanter Term</i>	Effektivität	,034	1	,034	,169	,685	,008
	Effizienz	,128	1	,128	,658	,426	,029
	Zufriedenheit	,052	1	,052	,212	,650	,010
<i>Testdauer</i>	Effektivität	,600	1	,600	2,965	,099	
	Effizienz	1,367	1	1,367	7,022	,015	,242
	Zufriedenheit	,842	1	,842	3,412	,078	
<i>computer literacy: Computer als Werkzeug</i>	Effektivität	1,028	1	1,028	5,076	,035	,187
	Effizienz	2,121	1	2,121	10,893	,003	,331
	Zufriedenheit	1,019	1	1,019	4,127	,054	
<i>computer literacy: sicherer Umgang</i>	Effektivität	1,214	1	1,214	5,994	,023	,214
	Effizienz	1,894	1	1,894	9,728	,005	,307
	Zufriedenheit	,800	1	,800	3,243	,085	
<i>computer literacy: Vertrautheit mit Computer</i>	Effektivität	,215	1	,215	1,062	,314	
	Effizienz	,065	1	,065	,336	,568	
	Zufriedenheit	,427	1	,427	1,731	,202	
<i>Einstellungen: Menü</i>	Effektivität	,008	1	,008	,037	,849	
	Effizienz	,015	1	,015	,074	,787	
	Zufriedenheit	,082	1	,082	,333	,570	
<i>Einstellungen: Fortbewegungstools</i>	Effektivität	,641	1	,641	3,168	,089	
	Effizienz	2,004	1	2,004	10,289	,004	,319
	Zufriedenheit	1,562	1	1,562	6,331	,020	,223
<i>Wissenszuwachs</i>	Effektivität	,044	1	,044	,217	,646	
	Effizienz	,207	1	,207	1,060	,314	
	Zufriedenheit	,011	1	,011	,045	,833	
<i>Ratio_Dauer Blicksprünge</i>	Effektivität	,177	1	,177	,875	,360	
	Effizienz	,788	1	,788	4,045	,057	
	Zufriedenheit	,401	1	,401	1,623	,216	
<i>Ratio_Grad Blicksprünge</i>	Effektivität	,020	1	,020	,096	,759	
	Effizienz	,170	1	,170	,874	,360	
	Zufriedenheit	,000	1	,000	,001	,972	
<i>Ratio_Fixationsdauer</i>	Effektivität	,162	1	,162	,801	,380	
	Effizienz	,065	1	,065	,335	,568	
	Zufriedenheit	,368	1	,368	1,491	,235	

Quelle	Abhängige Variable	Quadratsumme vom Typ III	df	Mittel der Quadrate	F	p	η^2
<i>Ratio_Fixationsanzahl</i>	Effektivität	,167	1	,167	,823	,374	
	Effizienz	,152	1	,152	,782	,386	
	Zufriedenheit	,115	1	,115	,466	,502	
<i>Reaktionszeiten</i>	Effektivität	,008	1	,008	,037	,849	
	Effizienz	,007	1	,007	,038	,847	
	Zufriedenheit	,108	1	,108	,437	,515	
<i>Fehler</i>	Effektivität	4,454	22	,202			
	Effizienz	4,284	22	,195			
	Zufriedenheit	5,430	22	,247			
<i>Gesamt</i>	Effektivität	428,753	35				
	Effizienz	416,491	35				
	Zufriedenheit	391,454	35				
<i>Korrigierte Gesamtvariation</i>	Effektivität	7,264	34				
	Effizienz	11,324	34				
	Zufriedenheit	9,754	34				

Tab. 9-6: Regressionsanalyse mit GLM: abhängige Variable Effektivität: R-Quadrat =, 387; abhängige Variable Effizienz: R-Quadrat =, 622; abhängige Variable Zufriedenheit: R-Quadrat =, 443

Über die beschriebenen Effekte hinaus wiesen auch die Skalen der „computer literacy,, Effekte auf die Kriteriumsvariablen „Effektivität“ und „Effizienz“ (siehe Tab. 9-6) auf. Die Sicherheit im Umgang mit dem Computer beeinflusste ebenso die Einschätzung der Effektivität und der Effizienz, wie die Wahrnehmung des Computers als Werkzeug und Arbeitsmittel.

Von allen drei Usability-Eigenschaften klärt die „Effizienz“ die meiste Varianz auf, immerhin 62%. Etwas weniger wird durch die Eigenschaft „Zufriedenheit“ (44%) und am wenigsten durch die Eigenschaft „Effektivität“ (39%) aufgeklärt. Die größten Beta-Gewichte liegen auf der Effizienz der Fortbewegungstools und der Effizienz den Computer als Werkzeug und Arbeitsmittel zu akzeptieren und zu nutzen.

10. DISKUSSION UND ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE AUS STUDIE 1 UND STUDIE 2

Die vorliegenden Ergebnisse der beiden Studien zur Bedeutung der Usability von Zugriffstools für multimediales Lernen konzentrierten sich auf die unabhängigen Variablen Art und Gestaltung der Zugriffstools sowie auf verschiedene Aufgabentypen. Neben diesen Variablen berücksichtigte das Untersuchungsdesign der Studien die Kovariaten „Vorwissen“, „computer literacy“ und „Einstellungen zu verschiedenen Zugriffstools“. Mittels varianzanalytischem allgemeinen linearen Modell wurden Effekte auf die Performanz und Akzeptanz der Lernenden untersucht. Dabei zeigten sich sowohl erwartete Effekte der Performanzmaße „Reaktionszeiten“, „Blickbewegungen“ und „Wissen“ sowie erwartete Effekte der „Akzeptanz“. Dennoch, nicht alle erwarteten Effekte bestätigten sich. Über die varianzanalytische Betrachtung hinaus wurde explorativ mittels Regressionsanalyse untersucht, ob sich die angenommenen Einflussgrößen „Reaktionszeiten“, „Blickbewegungen“, „Vorwissen“ sowie „erworbenes Wissen“, „computer literacy“ und „Einstellungen“ auf den Lernerfolg und die Akzeptanzurteile der Lernenden auswirkten. Die Regressionsanalysen zeigten erwartungsgemäß, für einen Teil der angenommenen Einflussgrößen, einen Zusammenhang zum Lernerfolg oder auf die Akzeptanzurteile der Lernenden.

10.1. Art der angebotenen Zugriffstools

Im Hinblick auf die Funktionalität von Zugriffstools wurde entsprechend dem Arbeitsmodell (siehe Kap. 7) vermutet, dass die Art der Zugriffstools Einfluss auf den „cognitive load“ des Lernenden hat. In diesem Fall müsste die Funktionalität der Zugriffstools auch Einfluss auf seinen Wissenserwerb haben. Nach dem Arbeitsmodell beansprucht die Funktionalität von Zugriffstools „extraneous cognitive load“. Je mehr kognitive Ressourcen ein Lernender auf die Handhabung von Zugriffstools richten muss, desto weniger kognitive Ressourcen kann er für den Wissenserwerb aufwenden, da nach dem Arbeitsmodell der verfügbare „germane cognitive load“ für den Wissenserwerb um den Mehraufwand an „extraneous cognitive load“ für die Handhabung der Zugriffstools gemindert ist. Aus diesem Grunde untersuchte die erste der zwei Studien zwei verschiedene Arten von Zugriffstools, Statische und Dynamische. Als Indikatoren für den „cognitive load“ wurden die „Reaktionszeiten der Lernenden auf eine zweite Aufgabe“ und das „Blickverhalten“ angenommen, als Indikator für den Wissenserwerb, die Differenz aus Punktezahl im Vorwissenstest und im Wissenstest. Zudem sind Unterschiede in der Lerndauer erwartet worden. Für den Wissenserwerb und die Reaktionszeiten hat sich die Erwartung bestätigt. Arbeiteten Lernende mit den statischen Zugriffstools konnten geringere Reaktionszeiten gemessen werden, als wenn sie mit den dynamischen Zugriffstools lernten. Zudem erwarben sie mit den statischen Zugriffstools mehr Wissen. Im Gegensatz zu den

statischen Zugriffstools scheinen die dynamischen Zugriffstools Lernen sogar zu behindern, denn es konnte kein Wissenszuwachs bei den Lernenden gemessen werden, arbeiteten sie mit den dynamischen Zugriffstools. Darüber hinaus wurde das Blickverhalten erfasst. Die Annahme, dass die statischen Zugriffstools weniger Blicke von kürzerer Dauer und kürzerer Interfixationsdauer sowie kleineren Interfixationsgraden ermöglicht, traf nur auf die Fixationsdauer und die Fixationsanzahl, nicht aber für die Interfixationsdauer und den Interfixationsgrad zu. Des Weiteren sollte auch die Lerndauer für die statischen Zugriffstools kürzer sein, als für die Dynamischen. Diese Annahme bestätigte sich allerdings nicht.

Die Ergebnisse stimmen tendenziell mit der Leitannahme überein, dass sich die Art der Zugriffstools auf den „cognitive load“ ebenso auswirkt, wie auf den Lernerfolg, auch wenn für einzelne Messindikatoren keine Unterschiede ermittelt wurden.

In den Annahmen 1 und 2 wurden Performanzunterschiede durch die Variation des Zugriffstooltyps und des Aufgabentyps erwartet. Aufgabenspezifische Auswirkungen konnten jedoch nur für einige Blickbewegungsparameter gemessen werden und gar nicht für die Reaktionszeiten. Lediglich für den Interfixationsgrad beim Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ zeigte sich ein Überlegenheitseffekt der dynamischen Zugriffstools. Die Manipulation der Aufgabe und die damit veränderten Anforderungen an das Navigationsverhalten, „pfadorientiert“ vs. „criss-crossing“ der Lernenden hatten keine Auswirkungen auf ihre kognitive Beanspruchung. Jedoch muss bei der Beurteilung der Ergebnisse mit berücksichtigt werden, dass technisch bedingt aus den aufgezeichneten Blickbewegungsdaten nicht erkennbar war, ob ein Wechsel im Navigationsverhalten vom eher „pfadorientierten“ Navigieren beim Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ zum „criss-crossing“ beim Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ erfolgte oder die Lernenden unabhängig vom Aufgabentyp beide Navigationsmöglichkeiten nutzten. Es sind deshalb drei Erklärungen für das Ergebnis denkbar. Erstens, „criss-crossing“ hat nicht, wie in Niederhausers et al. (2000) Studie erhöhten „cognitive load“ verursacht. Zweitens, die Lernenden mischten beide Navigationsmöglichkeiten miteinander, was zu einem ähnlichen aufgabenunabhängigen „cognitive load“ führte. Drittens, da Niederhausers et al. (2000) in ihrer Studie zur Erklärung unterschiedlicher Lernleitungen lediglich die CLT heranzogen, aber den „cognitive load“ nicht objektiv maßen, ist denkbar, dass „criss-crossing“ nicht bzw. nicht in jedem Fall zu erhöhtem „cognitive load“ führt. Zukünftige Studien sollten deshalb zunächst klären, ob unterschiedliche Navigationsstrategien unterschiedlichen „cognitive load“ hervorrufen. Ein weiterer Grund für den ausbleibenden Effekt aufgabenspezifischer Auswirkungen könnte darin liegen, dass die Lernenden den Umgang mit dem Computer und auch mit dem Internet gewohnt sind, sie sowohl lineare als auch nicht lineare Medien für ihr Studium nutzen und in deren Handhabung geübt sind. Die Lernenden in der Studie verbrachten durchschnittlich mehr als eine Stunde täglich vor dem Computer (MW=9,95, SD=7,848) und fast jeden Tag eine halbe

Stunde im Internet (MW=4,81, SD=4,032). Für Lernende mit weniger Erfahrung könnten sich möglicherweise die erwarteten Effekte zeigen. Diese Prüfung bleibt einer späteren Studie vorbehalten.

Neben Performanzunterschieden wurden auch Unterschiede in der Akzeptanz erwartet. Lernende sollten die statischen Zugriffstools günstiger bewerten als die dynamischen Zugriffstools. Diese Annahme wird durch die Ergebnisse gestützt. Werden jedoch die einzelnen Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenheit“ betrachtet, so zeigen sich Effekte nur für die Eigenschaften „Effektivität“ und „Effizienz“, nicht für die „Zufriedenheit“. Dieses Ergebnis ist durchaus überraschend, wird doch in der Usability-Forschung davon ausgegangen, dass Effektivität und Effizienz die Einschätzung der Zufriedenheit mit beeinflussen (Nielsen, 1995, 2000; Rubin, 1994). „Übersichtlichkeit und Strukturierung“ laden in der Faktorenanalyse aus dem Pretest sowohl auf den Faktor Zufriedenheit, als auch auf die Faktoren Effektivität und Effizienz. Wird die Skalenzusammensetzung genauer betrachtet, so bilden die Items zur „Übersichtlichkeit und zur Strukturierung“ nur ca. ein Drittel der Skala. Ein zweites Drittel umfassen Items zum Aspekt „negative Emotionen“, insbesondere „Frustration“, beim Lernen und zur Benutzung der Zugriffstools. Das letzte Drittel besteht aus Items zum subjektiv wahrgenommenen „cognitive load“, insbesondere zur „Ermüdung“, zur „Konzentration“ und zur „Anstrengung“. Werden für diese Aspekte exploratorisch varianzanalytische Analysen durchgeführt, so zeigt sich, dass die Lernenden mit den dynamischen Zugriffstools, weniger negative Emotionen ($MW_{\text{stat. Typ}} = 3,64$; $MW_{\text{dyn. Typ}} = 3,02$; $F=21,385$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,287$) und geringeren subjektiv wahrgenommenen „cognitive load“ berichteten ($MW_{\text{stat. Typ}} = 3,67$; $MW_{\text{dyn. Typ}} = 2,91$; $F=24,663$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,314$) im Vergleich zu den statischen Zugriffstools. Zufriedenheitsunterschiede, die zwischen den untersuchten Zugriffstooltypen für die „Übersichtlichkeit und Strukturierung“ zugunsten des statischen Zugriffstooltyps bestehen ($MW_{\text{stat. Typ}} = 3,20$; $MW_{\text{dyn. Typ}} = 2,68$; $F=20,217$ $df=1$; $p<0,05$, $\eta^2=0,280$), werden durch die Überlegenheit der dynamischen Zugriffstools bezogen auf die Aspekte „negative Emotionen“ und „subjektiv wahrgenommener cognitive load“ kompensiert. Weiterhin ist bezüglich des subjektiv wahrgenommenen „cognitive load“ bzw. „mental effort“ beachtenswert: Lernende scheinen die tatsächlich existierenden objektiven Unterschiede in den Reaktionszeiten zugunsten der statischen Zugriffstools subjektiv nicht wahrzunehmen. Stattdessen präferieren sie die dynamischen Zugriffstools. Da der subjektiv wahrgenommene „cognitive load“ nicht mit einem etablierten Instrument, wie etwa von Paas, Merriënboer und Adam (1994) oder Hart und Staveland (1988) gemessen wurde, scheint es zukünftig sinnvoll, ergänzend zur „dual task“ Methode, ein Instrument zur Erfassung des subjektiv wahrgenommenen „mental effort“ parallel einzusetzen. Blicke diese Diskrepanz bestehen, so stellt sie Instruktionsdesigner vor ein Problem: Sie müssen zwischen dem, was Lernende wünschen und dem, was ihr Lernen am besten unterstützt, abwägen, um Lernprozess unterstützende Zugriffstools in Abhän-

gigkeit von den Lernendenmerkmalen und dem Einsatzziel des multimedialen Lernangebotes anbieten zu können.

10.2. Gestaltung der angebotenen Zugriffstools

Eine ungünstige Usability von Tools zur Informationssuche und zum Informationszugriff hat sich schon in Studien von Boling und Sousa (1993) und auch in neueren Studien (Simon, Treiblmaier, & Neumann, 2008) als lernhemmend erwiesen. Die meisten empirischen Studien variieren die Art der Zugriffstools, um zu untersuchen, unter welchen Bedingungen sie multimediales Lernen unterstützen und unter welchen weniger. Bisher zeigten die Forschungsergebnisse zur Variation der Art von Zugriffstools bezogen auf multimediales Lernen ein eher uneinheitliches Bild (siehe Kap. 6). Es ist daher wahrscheinlich, dass weitere Faktoren mit beeinflussen, ob ein Zugriffstool multimediales Lernen unterstützt. Ein Faktor könnte die Gestaltung der Zugriffstools sein. Es gab bisher keine Untersuchungen, die unter kontrollierten Bedingungen die Usability manipulierten, um die Auswirkungen auf multimediales Lernen zu untersuchen. Zudem wurde in früheren Untersuchungen nur marginal der „cognitive load“ betrachtet, den unterschiedliche Arten und möglicherweise unterschiedliche Gestaltung von Zugriffstools während des Lernens verursachen. Die meisten Untersuchungen schließen auf Basis von Unterschieden im Lernerfolg, auf unterschiedlichen „cognitive load“, der durch die Variation der Art des Zugriffstools entstanden sein müsste (Astleitner, 1997; Naumann, 2004; Niederhauser et al., 2000). Direkt gemessen wurde er bisher nicht. Bisher war deshalb nicht klar, ob unterschiedliche Arten und unterschiedliche Gestaltung von Zugriffstools verschiedenen „cognitive load“ hervorrufen. Dies scheint für die Art der angebotenen Zugriffstools so zu sein. Um die Auswirkungen der Gestaltung zu untersuchen, wurden in der zweiten Studie die schon in der ersten Studie genutzten statischen und den dynamischen Zugriffstools in ihrer Usability manipuliert. Für jede der beiden Zugriffstooltypen wurde eine weniger segmentierte Variante entwickelt. In dieser Bedingung war nicht mehr jedes inhaltliche Segment als Informationsknoten direkt über die Zugriffstools erreichbar, was die schnelle Informationssuche und den schnellen Informationszugriff beeinträchtigte. In der Bedingung ohne Segmentierungsveränderung war jedes inhaltliche Segment mit nur einem Mausklick über die Zugriffstools erreichbar. Als abhängige Variablen wurden der „cognitive load“ und der Wissenserwerb über die Indikatoren „Reaktionszeiten auf die Zweitaufgabe“ und „Fixationsanzahl“, „Fixationsdauer“ und „Interfixationsdauer“ sowie „Interfixationsgrad“ für den „cognitive load“ ermittelt sowie die „Differenz aus der Punktezahl im Vorwissenstest und der Punktezahl im Wissenstest“ für den Wissenserwerb. Zudem erfasste die Akzeptanz der Zugriffstools eine Ratingskala.

Die Hypothesen 6 bis 8 untersuchten die Auswirkungen der Segmentierungsverschlechterung der Zugriffstools. Sie formulierten Annahmen, nach denen die indirekten Zugriffsmöglichkeiten auf ein gesuchtes Inhaltssegment zu längeren Reaktionszeiten, einer größe-

ren Fixationsanzahl, längeren Fixationsdauern und längeren Interfixationsdauern sowie zu größeren Interfixationsgraden führen und auch zu schlechteren Lernergebnissen. Es bestätigten sich die Annahmen zum erworbenen Wissen und zu den Reaktionszeiten. Probanden, die unter der Bedingung „Alternativvariante“ der Zugriffstools lernten, erwarben weniger Wissen und es wurden längere Reaktionszeiten gemessen, als unter der Bedingung „Grundvariante“. Zudem hat sich die alternative Gestaltung bei den statischen Zugriffstools auf den Wissenserwerb der Lernenden besonders gravierend ausgewirkt, da kein Wissenszuwachs gemessen werden konnte. Allerdings liegt der Wissenszuwachs auch bei den alternativen dynamischen Zugriffstools nahe null. Die zentrale Annahme des Arbeitsmodells, dass ungünstige Usability der Zugriffstools zu erhöhtem „cognitive load“ führt, konnte damit bestätigt werden. Zudem zeigt sich, dass eine ungünstige Usability das Lernen so stark beeinflussen kann, dass (fast) kein Wissenserwerb mehr beim Lernenden stattfindet. Für das Blickverhalten ließ sich die Annahme, dass Lernende unter der Bedingung „Alternativvariante“ häufiger und länger die Zugriffstools im Verhältnis zu den Lerninhalten fixierten und zudem längere Interfixationsdauern und größere Interfixationsgrade auftreten, nur für die Interfixationsgrade bestätigen.

Es wurde zudem explorativ untersucht, ob die Usability-Variation der Zugriffstooltypen entsprechend der Annahmen 3 und 4 bei den beiden Aufgabentypen zu längeren Reaktionszeiten geführt hat, einer größeren Fixationsanzahl, zu längeren Fixations- und Interfixationsdauern sowie zu größeren Interfixationsgraden. Allerdings bestätigte sich nur die Annahme 3 für die Reaktionszeiten. Die Annahme 4 bezüglich des Blickverhaltens bestätigte sich nicht.

Neben der Performanz wurde auch die Akzeptanz der Zugriffstools erfasst. Die Hypothese 9 postulierte einen Akzeptanzrückgang durch die Usability-Variation der statischen und dynamischen Zugriffstools. Sie zeigte sich sowohl für die in ihrer Usability variierten statischen Zugriffstools, als auch für die in ihrer Usability variierten dynamischen Zugriffstools. Vor allem die Usability-Variation der statischen Zugriffstools wurde im Vergleich zu den dynamischen Zugriffstools von den Lernenden als gravierender wahrgenommen. Vermutlich war es für die Lernenden aufwendiger aus den vergrößerten Informationsknoten, nur über den indirekten Informationszugriff mittels „seitenweisen Vor- und Zurückblättern“, alle gesuchten Informationen aufzufinden. Es sind verschiedene Ursachen für den vermuteten erhöhten Aufwand der Bedingung „Alternativvariante“ denkbar. Wird das Design unter der Bedingung „Alternativvariante“ kritisch nach den 10 Prinzipien von Nielsen (1994a) reflektiert, so verletzt die Gestaltung sowohl das Prinzip 6: „Recognition rather than recall“ als auch das Prinzip 7: „flexibility and efficiency of use“. Eine Ursache könnte darin liegen, dass die Lernenden den Überblick verloren, wo die gesuchte Information in der multimedialen Lernumgebung zu finden ist. Möglicherweise war ihnen stellenweise auch nicht klar, ob sie alle Aspekte zu einem Lernthema vollständig rezipiert hatten. Beides sind Aspekte von Niensens siebenten Prinzip. Eine

weitere Ursache für den erhöhten Aufwand könnte darin liegen, dass sich die Lernenden, wenn sie schnell zu einer zuvor besuchten Information zurückkehren wollten, sich Navigationsinformationen merken mussten, z. B. die Anzahl „Klicks“ auf den „Rückbutton“. Der Lernende hatte zwei Möglichkeiten sich durch die multimediale Lernumgebung innerhalb eines Themas zu bewegen und zum gesuchten Lerninhalt zu gelangen: Entweder blätterte er jede Bildschirmseite durch, wobei er Überschriften, Absätze und Bilder kurz rezipierte, oder er merkte sich vorab, auf welcher Bildschirmseite der gesuchte Inhalt zu finden war. Nur wenn er genau wusste, wo sich der gewünschte Lerninhalt im multimedialen Lernangebot befindet, konnte er gezielt mit der Computermaus mehrere Male schnell hintereinander den „Weiterbutton“ betätigen, um zum gewünschten Lerninhalt zu gelangen. Diese Gestaltung verletzt Nielsens sechstes Prinzip. Beim „vertikalen Herunterscrollen“ war es möglicherweise einfacher eine gesuchte Information wiederzufinden, da durch „schnelles Herunterscrollen“ Überschriften, Bilder, Grafiken und Absätze schnell mit den Augen „gescannt“ werden konnten, ob der gesuchte Lerninhalt sich darunter befindet. Anderes als beim „seitenweisen Weiterblättern“ hatten sie möglicherweise weniger die latente Wahrnehmung, wichtige Inhalte nicht erreicht oder übersehen zu haben. Aufschluss über die tatsächlichen Ursachen, hätten Daten über den Navigationsverlauf der Lernenden geben können. Aus technischen Gründen konnten Verlaufsdaten jedoch nicht erfasst werden.

Werden die drei Usability-Eigenschaften „Effektivität“, „Effizienz“ und „Zufriedenheit“ voneinander getrennt betrachtet, so hat sich die alternative Gestaltung auf die Usability-Eigenschaft „Effektivität“ am stärksten ausgewirkt.

Die Ergebnisse der beiden Studien zeigen, dass der gemessene „cognitive load“ sich für verschiedene Arten und Designs von Zugriffstools unterscheidet. Zudem konnte ein unterschiedlicher Lernerfolg festgestellt werden, je nach dem mit welcher Art und welchem Design gelernt wurde. Eine ungünstige Art, aber auch ein ungünstiges Design der Zugriffstools kann den Lernerfolg negativ beeinflussen. In die gleiche Richtung deuten die Ergebnisse zur Akzeptanz der angebotenen Zugriffstools. Auch hier konnten Unterschiede zwischen den verschiedenen Arten und Designs von Zugriffstools festgestellt werden. Eine ungünstige Auswahl von Art und Design führten bei der Akzeptanzeinschätzung der Lernenden zu schlechteren Bewertungen auf der Ratingskala.

10.3. Bedeutung der Usability für multimediales Lernen

Die zentrale Annahme des Arbeitsmodells (siehe Kap. 7) ist, dass neben themenbezogenem und computerbezogenem Vorwissen sowie vorhandenen Fähigkeiten im Umgang mit multimedialen Anwendungen auch weitere personenbezogene Merkmale, wie Einstellungen oder die Akzeptanz der angebotenen Zugriffstools, Einfluss auf den Lernerfolg haben. Zudem wurde im Arbeitsmodell postuliert, dass auch die aktiven kognitiven Prozesse im Arbeitsgedächtnis entscheidend für den Lernerfolg sind, da von ihnen die Informationsverarbeitung abhängt. Es wurde deshalb ein Einfluss der Indikatoren „Reaktionszeiten auf eine zweite Aufgabe“ und „Fixationsanzahl“, „Fixationsdauer“, „Interfixationsdauer“ sowie „Interfixationsgrade“ angenommen. In der explorativen Analyse zeigten sich nur die Faktoren „computer- und hypermediabezogenes Vorwissen“, „domänenspezifisches Vorwissen“ und die „Interfixationsgrade“ einflussreich auf den Lernerfolg. Erwartungsgemäß wies das Vorwissen den größten Einfluss auf. Die Einstellungen zu Zugriffstools scheinen für den Lernerfolg weniger bedeutend zu sein, ebenso die Testdauer. Erwartungswidrig wurde in der explorativen Analyse kein Zusammenhang der Reaktionszeiten, als Indikatoren für den „cognitive load“, zum Lernerfolg festgestellt. Eine Erklärung wäre, dass die Lernenden ohne Zeitbegrenzung lernten. Sie hatten die Möglichkeit jene Lerninhalte, die sie nicht sofort verstanden, zu einem späteren Zeitpunkt noch einmal zu bearbeiten, falls sich dies als erforderlich herausstellen sollte. Durch den Abbruch des Wissenserwerbs zu einem Lernthema, das ihnen zunächst zu schwierig erschien, vermieden sie zu hohen „cognitive load“. Im weiteren Lernverlauf erwarben sie sukzessive mehr domänenspezifisches Wissen und konnten zu einem späteren Zeitpunkt wahrscheinlich mit geringerem „cognitive load“ die Lernaufgabe lösen.

Es stellte sich in der explorativen Analyse außerdem ein Zusammenhang zwischen Interfixationsgraden und Lernerfolg heraus. Große Interfixationsgrade könnten auf Schwierigkeiten bei der Kohärenzbildung hindeuten, denn Lernende mussten einerseits themenbezogene Informationen im Arbeitsgedächtnis behalten und andererseits den Ort und den Navigationsweg zu weiteren themenbezogenen kohärenten Informationen. Dennoch muss bei der Beurteilung dieses Ergebnisses berücksichtigt werden, dass sich die Blickbewegungen als sehr instabile Einflussfaktoren in beiden Studien gezeigt haben.

10.4. Einflussfaktoren auf die Bildung subjektiver Urteile zur Usability

Nach dem Akzeptanzmodell von Venkatesch und Davis (2000) hängt die Akzeptanz eng mit dem persönlichen Nutzen zusammen, den ein multimediales Lernangebot dem Lernenden für die Lösung seiner Lernaufgabe bietet. Es ist deshalb sinnvoll zu untersuchen, welche Faktoren die „persönliche“ Nutzenbeurteilung eines Lernenden, bezogen auf die in einer multimedialen Lernumgebung angebotenen Zugriffstools, beeinflussen. Deshalb wurde für die Studie 2 explorativ geprüft, welche Faktoren subjektive Urteile zur Akzep-

tanz von Zugriffstools beeinflussen. Es zeigte sich, dass die Testdauer und die Einstellungen der Lernenden zur angebotenen Navigation, Zusammenhänge zum Akzeptanzurteil aufwiesen, insbesondere Akzeptanzurteile zur Usability-Eigenschaft „Effizienz“. Darüber hinaus ermittelte die explorative Analyse Zusammenhänge zwischen der „computer literacy“ und der Usability-Eigenschaft „Effizienz“ sowie zwischen der „computer literacy“ und der Usability-Eigenschaft „Effektivität“. Dieses Ergebnis deckt sich mit den Erfahrungen von Utz und Sassenberg (2001). Sie fanden in ihren Studien, dass fehlende Medienkompetenz den Abbruch von multimedialen Lernaktivitäten begünstigt.

Unerwartet zeigte die explorative Analyse weder Zusammenhänge zwischen dem Akzeptanzurteil und dem „cognitive load“, noch zwischen dem Akzeptanzurteil und dem Lernerfolg. Die Lernenden bildeten anscheinend ihr Akzeptanzurteil unabhängig vom mentalen Aufwand, den die Informationssuche und der Informationszugriff ihnen bereitete und unabhängig davon, welche Lernergebnisse sie erreichten. Es müssen infolgedessen andere Faktoren als der „cognitive load“ und der Lernerfolg die Bildung von Akzeptanzurteilen beeinflussen. Die für den Wissenserwerb wesentlichen Faktoren, mentale Belastung des Arbeitsgedächtnisses und der Lernerfolg scheinen es nicht zu sein. Da es bisher jedoch aus vorliegenden empirischen Studien keine Aussagen gibt, welche anderen Faktoren dies sein könnten, ist diesbezüglich weitere Forschung angebracht.

Die Ergebnisse der explorativen Analyse erklären nicht, welche Faktoren das Urteil zur Usability-Eigenschaft „Zufriedenheit“ beeinflussen. Die Analyse zeigte keine Zusammenhänge zwischen dem subjektiven Urteil zur Zufriedenheit und den postulierten Einflussfaktoren. Es scheint deshalb künftig erforderlich, das Konzept stärker zu differenzieren und zu konkretisieren. Anhaltspunkte könnten bisherige Studien zur Lernzufriedenheit bieten.

10.5. Methodische Reflexion der in den Studien eingesetzten Forschungsmethoden

Diese Arbeit zielte auf die Untersuchung des Einflusses der Art und der Gestaltung von Zugriffstools auf den Wissenserwerb beim multimedialen Lernen. Es wurden verschiedene Methoden zur Untersuchung der beiden Forschungsfragestellungen eingesetzt: Fragebögen zum domän- und computerbezogenen sowie hypermediabezogenen Vorwissen, ein Fragebogen um die Einstellungen der Lernenden zu unterschiedlichen Zugriffstools und ein Fragebogen um die Akzeptanzurteile zu den angebotenen Zugriffstools zu erfassen.

Trotz des kritisch diskutierten Einsatzes zur Erfassung prozessnaher Daten (Bannert, 2007; Müller-Kalthoff & Möller, 2000) ist der eingesetzte Fragebogen zum computer- und hypermediabezogenen Vorwissen, aus testökonomischen Gründen ein probates Mittel. Zumal eine handlungsorientierte Vorgehensweise bei der Erhebung, wie sie Bannert

(2007) empfiehlt, vermutlich geringen zusätzlichen Erkenntnisgewinn ergeben hätte, da ohnehin von einem sehr hohen Niveau an Computer- und Hypermediaexpertise der Probanden ausgegangen werden musste. Im Pretest wurden für die einzelnen Teilskalen des Fragebogens „computer literacy“ Cronbachs Alpha zwischen 0,853 und 0,902 ermittelt. Zudem zeigte sich ein mittlerer praktisch bedeutsamer Effekt von $\eta^2 = 0,103$ auf den Lernerfolg. Es muss dennoch bei der Beurteilung der Ergebnisse der Studien berücksichtigt werden, dass die Probanden der Studien computer- und auch hypermediaerfahren waren. Es ist deshalb sinnvoll in weiteren Untersuchungen zu prüfen, ob sich der Einfluss der „computer literacy“ auf den Lernerfolg vergrößert, werden computer- und hypermediaunerfahrenere Probanden für die Untersuchungen ausgewählt.

Auch das Akzeptanzurteil der Lernenden zu den angebotenen Zugriffstools ändert sich vermutlich während des Lernprozesses. Dennoch liefern als Akzeptanzmaß standardisierte Fragebögen aussagefähige Daten (Grabowski & Curtis, 1991; Hessel, Domagk, & Niegemann, 2004) und wurden deshalb in den Studien eingesetzt. Für die einzelnen Skalen der Akzeptanz im Pretest zeigte sich ein Cronbachs Alpha zwischen 0,707 und 0,940, sodass von einer akzeptablen Güte des eingesetzten Fragebogens auszugehen ist. In der explorativen Analyse konnten nicht, die gemäß des Arbeitsmodells erwarteten Einflüsse des „cognitive load“ und des „Lernerfolgs“ auf die Beurteilung der Usability der angebotenen Zugriffstools festgestellt werden. Im Gegensatz dazu zeigten die Testdauer und die Einstellungen einen Zusammenhang zum Akzeptanzurteil. Dennoch klären beide Einflussgrößen nur 32% der Varianz auf, weshalb zukünftige Untersuchungen empfehlenswert sind, um weitere Einflussfaktoren zu explorieren. Zudem konnte in den Studien aus testökonomischen Gründen die Rolle von Motivation und Emotionen auf die Bildung von Akzeptanzurteilen zu Zugriffstools nicht exploriert werden. Es scheint deshalb auch diesbezüglich sinnvoll, künftig weitere Untersuchungen anzustreben, zumal die Forschungslage zum Einfluss von Zugriffstools auf motivationale Faktoren ebenso rar ist, wie auf emotionale Faktoren.

Das Vorwissen und das erworbene Wissen wurden anhand eines „multiple-choice“ Tests ermittelt. Im Pretest ergaben sich für den Wissenstest akzeptable Reliabilitäten zwischen Cronbachs Alpha von 0,778 und 0,842. Da Vor- und Wissenstest identische Testitems enthielten, die lediglich durch Füllitems ergänzt wurden, könnten Testwiederholungseffekte nicht vollständig ausgeschlossen werden. Gleichwohl, Testwiederholungseffekte, die sich in einer Leistungssteigerung durch die Testwiederholung ergeben, sind eher unwahrscheinlich, da die Testitems sehr konkret formuliert und ohne Treatment, allein durch Wiedervorlage vermutlich nicht lösbar waren. Dafür spricht ebenfalls, dass die Lernenden keine Leistungssteigerung erzielen konnten, mussten sie mit den in ihrer Usability variierten Zugriffstools lernen, obwohl die Vor- und Wissenstestitems identisch waren.

Der Einstellungstest zu den Zugriffstools zeigte für den Pretest akzeptable Reliabilitäten von Cronbachs Alpha von 0,773 und 0,853. Da es bisher nur eine spärliche Forschungslage zum Zustandekommen von Einstellungsurteilen im Kontext multimedialen Lernens speziell auf Zugriffstools bezogen gibt, muss kritisch angemerkt werden, dass unter Umständen der Fragebogen nicht alle Einstellungsaspekte der Lernenden erfasste, sondern nur jene, die aus der bisherigen Forschung ableitbar waren. Deshalb empfiehlt es sich, zum Zustandekommen von Einstellungsurteilen zu multimedialem Lernen und auch zu Zugriffstools, weitere Forschung anzustreben.

Neben Methoden der Befragung wurden in den Studien auch Beobachtungsmethoden eingesetzt, insbesondere die Erfassung von Blickbewegungsverhalten und des „cognitive load“.

Der „cognitive load“ wurde mittels „dual-task-approach“, über den Indikator „Reaktionszeiten auf eine zweite Aufgabe“ gemessen. Die Analyse der Ergebnisse hat gezeigt, dass sowohl die Art als auch die Gestaltung von Zugriffstools unterschiedlichen „cognitive load“ verursachen kann. Außerdem führte die Variation der Gestaltung der Zugriffstools zu unterschiedlichen Lernergebnissen. Dennoch hat sich erwartungswidrig, zu den Einflussfaktoren des Wissenserwerbs, in der explorativen Analyse gezeigt, dass der für die Informationssuche und den Informationszugriff aufgewendete „cognitive load“ keinen Einfluss auf den Wissenszuwachs hatte. Es sind mehrere Ursachen für das Zustandekommen dieses Ergebnisses denkbar. Eine Ursache könnte das bereits angesprochene Lernen ohne Zeitlimit sein. Die Lernenden konnten ihre Arbeit an einem Lernthema, das zunächst hohen cognitive load erforderte, solange unterbrechen, bis sie über ausreichend Wissen verfügten, die Aufgabe mit geringer kognitiver Beanspruchung lösen zu können. Es kann deshalb aus den explorativen Ergebnissen nicht sicher geschlussfolgert werden, dass „cognitive load“ keinen Einfluss auf den Lernerfolg hat, zumal die Manipulation der Zugriffstools zu unterschiedlichen Reaktionszeiten und Wissenserwerb geführt hat. Eine weitere Ursache könnte in der Art der Datenauswertung liegen, denn die Reaktionszeiten konnten nur in aggregierter Form über die gesamte Aufgabe hinweg ausgewertet werden. Prozessdaten würden diesbezüglich differenzierte Ergebnisse liefern und darüber hinaus die Möglichkeit anbieten, festzustellen nach welchen Navigationsaktionen oder Lernthemen ein erhöhter „cognitive load“ auftrat. Leider war die Auswertung von Prozessdaten technisch bedingt nicht möglich. Zukünftige Studien sollten deshalb verstärkt den Navigationsprozess in Zusammenhang zum ermittelten „cognitive load“ setzen, um festzustellen, welche Navigationsaktivitäten erhöhten „cognitive load“ auslösen können.

Bei der Betrachtung der Blickbewegungsdaten fällt auf, dass nur einige Blickbewegungsparameter erwartungskonforme Ergebnisse lieferten und das auch nicht systematisch. Entsprechende Ergebnisse zeigten sich bezüglich der Art der angebotenen Zugriffstools nur für die Fixationsdauer und die Fixationsanzahl, bezüglich der Gestaltung nur für die Interfixationsgrade. Diese Inkonsistenzen der sensitiven Blickbewegungsparameter hin-

terlassen ein großes Fragezeichen, ob Blickbewegungsparameter als Indikatoren geeignet sind, Rückschlüsse auf den resultierenden „cognitive load“ zu ziehen. Werden die Korrelationen nach Pearson zwischen den einzelnen Blickbewegungsindikatoren und den Reaktionszeiten berechnet, so zeigen sich nur sehr geringe Korrelationen zwischen $-0,064$ und $0,145$. Es stellt sich deshalb vor dem Hintergrund des Arbeitsmodells (siehe Kap. 7) die Frage, ob Blickbewegungen möglicherweise geeigneterer Indikatoren für stattfindende Selektionsprozesse darstellen, anstatt für Organisations- oder Integrationsprozesse. Um diese Annahme zu prüfen, sind zukünftig weitere empirische Studien erforderlich.

In beiden Studien blieb bisher auch der Navigationsprozess unberücksichtigt. Die aufgezeichneten Blickbewegungsdaten erlauben keine Zuordnung der aufgezeichneten Blickbewegungen zu den einzelnen Bildschirmseiten, sodass Aussagen zu Navigationsmustern und Navigationsstrategien nicht getroffen werden können. Dies hatte die Folge, dass beispielsweise nicht festgestellt werden konnte, ob die Manipulation der Aufgabe, die postulierten Veränderungen im Navigationsverhalten vom „pfadorientierten“ Navigieren beim Aufgabentyp „Überblick und Zusammenfassung“ zum „criss-crossing“ beim Aufgabentyp „Elaboration und Ausarbeitung“ bewirkte. Zudem hätte die Zuordnung von Bildschirmseiten zu Fixationsdauern, Interfixationsdauern und Interfixationsgraden und auch Reaktionszeiten ermöglicht, festzustellen, wohin die Lernenden blickten als erhöhter „cognitive load“ auftrat. Zukünftige Studien sollten deshalb explorieren, ob gewisse Arten von Zugriffstools oder eine gewisse Gestaltung, bestimmte Navigationsmuster und Navigationsstrategien hervorrufen, die in Zusammenhang mit erhöhtem „cognitive load“ gebracht werden können.

In der forschungsmethodischen Diskussion muss zudem beachtet werden, dass in beiden Studien eine geschlossene multimediale Lernumgebung eingesetzt wurde. Die Auswirkungen von Art und Gestaltung der untersuchten Zugriffstools müssten deshalb in offenen hypermedialen Lernumgebungen validiert werden.

11. BILANZ

Die Frage, ob „cognitive overhead“ allein ein Faktor schlecht gestalteter Lernumgebungen ist, kann auch mit den empirischen Ergebnissen dieser Arbeit nicht abschließend beantwortet werden. Es hat sich jedoch gezeigt, dass Lernende während ihres Lernprozesses faktisch die Aufgabe des Wissenserwerbs und die Navigationsaufgabe parallel bewältigen müssen und beide Aufgaben „cognitive load“ im Arbeitsgedächtnis beanspruchen. Es hat sich weiterhin herausgestellt, dass die Art und das Design von Zugriffstools den „cognitive load“ und auch die Lernergebnisse beeinflussen. Temporär besteht deshalb die Möglichkeit, dass durch die Gestaltung der Navigation „cognitive overhead“ während des Lernprozesses entstehen kann, vor allem dann, wenn weitere das Lernen erschwerende Faktoren, wie etwa ungenügendes Vorwissen, ungünstige Einstellungen zu den angebotenen Navigationstools oder inadäquate Lernstrategien hinzukommen. Die Gestaltung und Usability von Navigationstools bzw. der Zugriffstools ist und bleibt deshalb neben dem didaktischen und gestalterisch-ästhetischen Design ein kritischer Designaspekt multimedialer Lernumgebungen.

12. ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 2-1	Faktoren und Interaktionsprobleme zwischen Mensch und Computer	16
Abb. 3-1	Prozessorientiertes Interaktionsmodell	28
Abb. 4-1	CTML Modell (Mayer, 2001, p. 47)	49
Abb. 4-2	Tetraedermodell (Bransford, 1989; Jenkins, 1979)	56
Abb. 4-3	Einflussgrößen auf multimediales Lernen und Interaktionsprobleme	60
Abb. 6-1:	Navigationsmuster nach Canter, Rivers und Storrs (1985, p. 96).....	94
Abb. 7-1:	Einflussfaktoren auf die Interaktionen beim multimedialem Lernen als Quellen für Interaktionsprobleme	102
Abb. 7-2:	Arbeitsmodell	106
Abb. 8-1:	Bsp. Screenshot zum Lerninhalt.....	123
Abb. 8-2:	Bsp. Screenshot zu den Aufgaben.....	124
Abb. 8-3:	Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ statischer Zugriffstooltyp.....	128
Abb. 8-4:	Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ – dynamischer Zugriffstooltyp	128
Abb. 8-5:	Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ – statische Variante verschlechtert	133
Abb. 8-6:	Screenshot Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“ – dynamische Variante verschlechtert.....	133
Abb. 8-7:	Fokussierte Pupille über Infrarotkamera.....	138
Abb. 8-8:	Versuchsanordnung für die Studie1 und Studie 2.....	141
Abb. 8-9:	Untersuchungsaufbau für die Studien 1 und 2	142
Abb. 9-1:	gemessener „cognitive load“ in Abhängigkeit von „Zugriffstooltyp“ und „Aufgabentyp“	153
Abb. 9-2:	Wissenszuwachs bei der Nutzung von statischen und dynamischen Zugriffstools	155
Abb. 9-3:	Effekte der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ auf die Reaktionszeiten	156

Abb. 9-4:	Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“, „Zugriffstooltyp“ und „Aufgabentyp“ auf die Reaktionszeiten	158
Abb. 9-5:	Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ auf den Interfixationsgrad	159
Abb. 9-6:	Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ auf den Wissenserwerb	161
Abb. 9-7:	Interaktionseffekt der unabhängigen Variable „Gestaltungstyp“ und „Zugriffstooltyp“ die Akzeptanz	162

13. TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3-1	Überblick Modelle der Informationssuche	31
Tab. 8-1:	Übersicht Untersuchungsdesign für die Studie 1	121
Tab. 8-2:	Übersicht Untersuchungsdesign für die Studie 2	122
Tab. 8-3:	Nielsens 10 Prinzipien guten Designs und ihre Umsetzung im Lernprogramm „Logik des Signifikanztests“	126
Tab. 9-1:	Ergebnisüberblick zu den Interaktionseffekten Zugriffstooltyp x Aufgabentyp auf die gemessenen Reaktionszeiten	157
Tab. 9-2:	Ergebnisüberblick zu den Interaktionseffekten Zugriffstooltyp x Aufgabentyp auf die abhängige Variable Blickbewegungen	160
Tab. 9-3:	Ergebnisüberblick zu den Effekten der Verschlechterung des Zugriffstooltyps auf die abhängige Variable Akzeptanz	163
Tab. 9-4:	Regressionsanalyse mit GLM; abhängige Variable Wissen; R- Quadrat = ,600	164
Tab. 9-5:	Regressionsanalyse mit GLM; abhängige Variable „Akzeptanz“; R-Quadrat = ,319	165
Tab. 9-6:	Regressionsanalyse mit GLM: abhängige Variable Effektivität: R- Quadrat = ,387; abhängige Variable Effizienz: R-Quadrat = ,622; abhängige Variable Zufriedenheit: R-Quadrat = ,443	167

LITERATUR

- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50, 179-211.
- Aldrich, F., Rogers, Y., & Scaife, M. (1998). Getting to grips with "interactivity": Helping teachers assess the educational value of CD-ROMs. *British Journal of Educational Technology*, 29(4), 321-332.
- Allinson, L., & Hammond, N. (1999). A learning support environment: the hitch-hiker's guide. In R. McAleese (Ed.), *Hypertext: Theory and practice* (pp. 53-36). Nordwood: Ablex.
- Anderson-Inman, L., Horney, M. A., Chen, D., & Lewin, L. (1994). Hypertext literacy: observations from the Electro Text Project. *Language Arts*, 7(4), 279-287.
- Anderson, J. R. (2001). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Anderson, J. R. (2007). *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Anderson, J. R., & Bower, G. H. (1972). Configural properties in sentence memory. *Journal of Memory and Language*, 38(341-348).
- Anderson, R. C., & Pearson, P. D. (1984). A schema-theoretic view of basic processes in reading comprehension. In P. D. Pearson (Ed.), *Handbook of reading research* (pp. 255-291). New York: Longman.
- Astleitner, H. (1997). *Lernen in Informationsnetzen: Theoretische Aspekte und empirische Analysen des Umgangs mit neuen Informationstechnologien aus erziehungswissenschaftlicher Perspektive*. Frankfurt/Main: Peter Lang.
- Astleitner, H. (2003). E-Learning. Was wissen wir aus der experimentellen Forschung über Probleme und Resultate? In *Forum Multimedia. Unterricht und Lehre mit neuen Medien* (pp. 25-27). Frankfurt: VdS Bildungsmedien e.V.
- Astleitner, H., & Hufnagl, M. (2003). The effects of situation-outcome expectancies and of ARCS-strategies on self-regulated learning with web-lectures. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 12, 361-376.
- Astleitner, H., & Leutner, D. (1996). Applying standard network analysis to hypermedia systems: Implications for learning. *Journal of Educational Computing Research*, 14(3), 285-303.
- Atkinson, C., & Shiffrin, R. M. (1971). The control of short-time-memory. *Scientific American*, 225, 82-90.
- Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The Split-Attention principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 135-146). Cambridge: Cambridge University Press.
- Azevedo, R. (2005). Using hypermedia as a metacognitive tool for enhancing student learning? The role of self-regulated learning. *Educational Psychologist*, 40(199-209).

- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559.
- Baddeley, A. D. (1996). Exploring the central executive. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 49, 5-28.
- Baddeley, A. D. (2002). Is Working Memory Still Working? *European Psychologist*, 7(2), 85-97.
- Baddeley, A. D. (2003). Working Memory: Looking back and looking forward: Nature Reviews. *Neuroscience*, 4, 829-839.
- Baddeley, A. D. (2007). *Working Memory, Thought, and Action*. Oxford: University Press.
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Ed.), *The Psychology of Learning and Motivation* (pp. 47-89): Academic Press.
- Baddeley, A. D., & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. In A. Miyake & P. Shah (Eds.), *Models of working memory: Mechanism of active maintenance and executive control* (pp. 28-61). Cambridge, England: Cambridge University Press.
- Balzert, H. (2000). *Lehrbuch der Software-Technik* (Vol. 1: Software-Entwicklung). Heidelberg, Berlin.
- Bandura, A. (1986). *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice Hall.
- Bannert, M. (2003). Effekte metakognitiver Lernhilfen auf den Wissenserwerb in vernetzten Lernumgebungen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 13-25.
- Bannert, M. (2006). Effects of reflection prompts when learning with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research*, 35(4), 359-357.
- Bannert, M. (2007). *Metakognition beim Lernen mit Hypermedia. Erfassung, Beschreibung und Vermittlung wirksamer metakognitiver Lernstrategien und Regulationsaktivitäten*. Münster: Waxmann.
- Bartolomé, A. R. (1993). *Learning Styles: Interactivity Levels and Path Control*. Proceedings of the ED-MEDIA 93 World Conference on Educational Media and Hypermedia, Orlando, Florida
- Bateman, W. E., & Harvey, F. A. (1998). Hypermedia navigation: Where do we go from here? [Electronic Version], 11-20. Retrieved 17.10.2003 from http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/16/ed/ee.pdf.
- Beasley, R. E., & Villa, J. A. (1992). The identification of navigation patterns in a multimedia environment: a case study. *Journal for Educational Multimedia and Hypermedia*, 1(2), 209-222.

- Beasley, R. E., & Waugh, M. L. (1995). Cognitive mapping architectures and hypermedia disorientation: an empirical study. *Journal of Multimedia and Hypermedia*, 4, 239-255.
- Beatty, J. (1982). Task-evoked pupillary responses, processing load, and the structure of processing resources. *Psychological Bulletin*, 91, 276-292.
- Beatty, J., & Lucero-Wagoner, B. (2000). Pupillary System. In J. T. Cacioppo, L. G. Tassinari & G. Berntson (Eds.), *Handbook of Psychophysiology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Begoray, J. A. (1990). An introduction to hypermedia issues, systems and application areas. *International Journal of Man-Machine Studies*, 33, 121-147.
- Beishuizen, J., Stoutjesdijk, E., & van Putten, K. (1994). Studying textbooks: effects of learning styles, study task, and instruction. *Learning and Instruction*, 4, 151-174.
- Belkin, N., Marchetti, P., & Cool, C. (1993). Braque: Design of an Interface to Support User Interaction in Information Retrieval. *Information Processing and Management*, 29(3), 325-344.
- Bernhard, M., Hull, S., & Drake, D. (2001). Where should you put the links? A comparison of four locations [Electronic Version]. *Usability News*, 3.2. Retrieved 15.01.2003 from <http://psychology.wichita.edu/surl/usabilitynews/3S/links.htm>.
- Bernstein, M. (1991). The Navigation Problem Reconsidered. In E. Berk & J. Devlin (Eds.), *Hypertext / Hypermedia Handbook* (pp. 285-297). New York: Intertext Publications / Multiscience Press.
- Bertz, W. L. (1995). Navigational behavior in hypermedia documents in music. *The New Review of Hypermedia and Multimedia*, 1(1), 169-183.
- Betrancourt, M. (2005). The animation and interactivity principles in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 287-296). New York: Cambridge University Press.
- Bevan, N., Kirakowski, J., & Maissel, J. (1991). What is Usability? In H.-J. Bullinger (Ed.), *Human Aspects in Computing: Design and Use of Interactive Systems and Work with Terminals* (pp. 651-655). Amsterdam, London, New York: Elsevier.
- Blythe, M. A., Overbeek, K., Monk, A. F., & Wright, P. C. (2003). *Funology, from Usability to Enjoyment*. Berlin: Springer.
- Bogaschewsky, R. (1992). Hypertext-/Hypermedia-Systeme- Ein Überblick. *Informatik-Spektrum*, 15, 127-143.
- Bohner, G. (2002). Einstellungen. In M. Hewstone (Ed.), *Sozialpsychologie. Eine Einführung* (pp. 265-315). Berlin: Springer.

- Boling, E., & Sousa, G. (1993). Interface design issues in the future of business training. *Business Horizons*, 36(6), 54.
- Brandtzaeg, P. B., Følstad, A., & Heim, J., S. (2003). Enjoyment: Lessons from Karasek. In M. A. Blythe, K. Overbeek, A. F. Monk & P. C. Wright (Eds.), *Funology, from Usability to Enjoyment* (pp. 55-63). Berlin: Springer.
- Bransford, J. D. (1989). *Human Cognition: Learning, Understanding and Remembering*. Belmont; CA: Wadsworth Publishing Comp.
- Bransford, J. D., Sherwood, R. D., Hasselbring, T. S., Kinzer, C. K., & Williams, S. M. (1990). Anchored instruction: Why we need it and how technology can help. In D. Nix & R. Spiro (Eds.), *Cognition, education, and multimedia: Exploring ideas in high technology*. (pp. 115-141). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Brinkerhoff, J. D., Klein, J. D., & Koroghlianian, C. M. (2001). Effects of overviews and computer experience on learning from hypertext. *Educational Computing Research*, 24(4), 427-440.
- Brooks, L. W., & Dansereau, D. F. (1987). Transfer of information: An instructional perspective. In S. M. Cormier & J. D. Hagman (Eds.), *Transfer of learning. Contemporary research and applications* (pp. 121-150). San Diego, New York: Academic Press.
- Brown, A., Bransford, J., Ferrara, R., & Campione, J. (1983). Learning, remembering, and understanding. In J. H. Flavell & E. M. Markman (Eds.), *Handbook of child psychology, Vol. III: Cognitive development* (pp. 77-166). New York: Wiley.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18, 32-41.
- Brünken, R., & Leutner, D. (2001). Aufmerksamkeitsverteilung oder Aufmerksamkeitsfokussierung? Empirische Ergebnisse zur "Split-Attention-Hypothese" beim Lernen mit Multimedia. *Unterrichtswissenschaft*, 29(4), 357-366.
- Brünken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-62.
- Brünken, R., Steinbacher, S., Plass, J. L., & Leutner, D. (2002). Assessment of cognitive load in multimedia learning using dual-task methodology. *Experimental Psychology*, 49, 109-119.
- Burton, J. K., Moore, D. M., & Holmes, G. (1995). Hypermedia concepts and research: An overview. *Computers in Human Behaviour. Special Issue: Hypermedia: Theory, research, and application*, 11, 345-369.
- Cambliss, M. J., & Calfee, R. C. (1998). *Textbooks for learning*. Oxford: Blackwell.

- Camp, G., Paas, R., Rikers, R. M. J. P., & van Merriënboer, J. J. G. (2001). Dynamic problem selection in air traffic control training: A comprehension between performance, mental effort and mental efficiency. *Computers in Human Behavior*, *17*, 575-595.
- Canter, D., Rivers, R., & Storrs, G. (1985). Characterizing user navigation through complex data structures. *Behaviour and Information Technology*, *4*(2), 93-102.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1990). The Keystroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems. In J. Preece, L. Keller & H. Stolk (Eds.), *Human-computer interaction: Selected Readings*. Cambridge: Cambridge Press.
- Carmel, E., Craford, S., & Chen, H. (1992). Browsing in Hypertext: a cognitive study. *IEEE Transaction on Systems, Man, and Cybernetics*, *22*(5), 868-884.
- Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, *8*, 441-480.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Evidence for cognitive load theory. *Cognition and Instruction*, *8*(4), 351-362.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1996). Cognitive load while learning to use a computer program. *Applied Cognitive Psychology*, *10*, 1-20.
- Chang, C., & McDaniel, E. D. (1995). Information search strategies in loosely structured settings. *Journal of Educational Computing Research*, *12*(1), 95-107.
- Chang, K.-E., Sung, Y.-T., & Chiou, S.-K. (2002). Use of hierarchical hyper concept map in web-based courses. *Journal of Educational Computing Research*, *27*(4), 335-353.
- Chen, C.-H., & Macredie, R. D. (2002). Cognitive styles and hypermedia navigation: Development of a learning model. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, *53*(1), 3-15.
- Chen, C., & Rada, R. (1996). Interacting with Hypertext: A Meta-Analysis of Experimental Studies. *Human Computer Interaction*, *11*, 125-156.
- Chi, M. T. H., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, *5*, 121-152.
- Chi, M. T. H., Glaser, R., & Farr, M. J. (1988). *The nature of expertise*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Chin, J. P., Diehl, V. A., & Norman, K. L. (1988). *Development of an Instrument Measuring User Satisfaction of the Human-Computer Interface*. Proceedings of the ACM CHI '88
- Chiu, C.-H., & Wang, F.-M. (2000). The influence of navigation map scope on course. *Journal of Educational Computing Research*, *22*(2), 135-144.

- Chou, C., & Lin, H. (1998). The effect of navigation map types and cognitive styles on learners' performance in a computer-networked hypertext learning system. *Journal for Educational Multimedia and Hypermedia*, 7, 151-176.
- Clarke, A. (2001). *Designing Computer-Based Learning Materials*. Aldershot: Gower.
- Clarke, T., Ayres, P., & Sweller, J. (2005). The impact of sequencing and prior knowledge on learning mathematics through spreadsheet applications. *Educational Technology Research & Development*, 53(3), 15-24.
- Cockburn, A., & Jones, S. (1996). Which way now? Analysing and easing inadequacies in WWW navigation. *International Journal of Human Computer Studies*, 45, 105-129.
- CognitionAndTechnologyGroupAtVanderbilt. (1992). The Jasper Series as an Example of Anchored Instruction: Theory, Program Description, and Assessment Data. *Educational Psychologist*, 27, 291-315.
- Collins, A. (2006). Cognitive apprenticeship. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 47-60). Cambridge: Cambridge University Press.
- Collins, A., Brown, J. S., & Newman, S. S. (1989). Cognitive apprenticeship: Teaching the crafts of reading, writing and mathematics. In L. B. Resnick (Ed.), *Knowing, learning and instruction* (pp. 453-494). Hillsdale, NJ.
- Conklin, J. (1987). Hypertext: an introduction and survey. *IEEE Computer Magazine*, 20(9), 17-41.
- Cordell, B. J. (1991). A study of learning styles and computer-assisted instruction. *Computers Educational*, 16(2), 175-183.
- Cove, J. F., & Walsh, B. C. (1988). Online text retrieval via browsing. *Information Processing and Management*, 24(10), 31-37.
- Cowan, N. (2000). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(87-185).
- Crellin, J., Horn, T., & Preece, J. (1990). Evaluating Evaluation: A Case Study of the Use of Novel and Conventional Evaluation Techniques in a Small Company. In D. e. a. Diaper (Ed.), *Human Computer Interaction- Interact '90* (pp. 329-335). Amsterdam: Elsevier Science.
- Cress, U., & Friedrich, H. F. (2000). Selbst gesteuertes Lernen Erwachsener. Eine Lerner-typologie auf der Basis von Lernstrategien, Lernmotivation und Selbstkonzept. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 14(4), 194-205.
- Cress, U., & Knabel, O. B. (2003). Previews in hypertexts: effects on navigation and knowledge acquisition. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19, 517-527.

- Cunningham, D. J., Duffy, T. M., & Knuth, R. A. (1993). The textbook of the future. In C. McKnight, A. Dillon & J. Richardson (Eds.), *Hypertext: A psychological perspective* (pp. 19-50). New York: Ellis Horwood.
- Cuthrie, J. T., & Mosenthal, P. (1987). Literacy as multidimensional: Locating information and reading comprehension. *Educational Psychologist*, 22(3), 279-297.
- Daneman, M., & Carpenter, P. A. (1980). Individual Differences in Working Memory and Reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 19, 450-466.
- Danielson, D. R. (2002). Web navigation and behavioral effects of constantly visible site maps. *Interacting with Computers*, 14, 601-618.
- Davidson-Shivers, G. V., Shorter, L., Jordan, K., & Ramussen, K. L. (1999). Learning strategies and navigational decisions of children using hypermedia lesson. *Journal of Educational Multimedia & Hypermedia*, 8(2), 175-188.
- De Stefano, D., & LeFevre, J. A. (2007). Cognitive load in hypertext reading: A review. *Computers in Human Behaviour*, 23, 1616-1641.
- Dee-Lucas, D. (1995). *Study strategies for instructional hypertext: effects of text segmentation and task compatibility*. Proceedings of the ED-MEDIA 95: Educational multimedia und hypermedia, Graz
- Dee-Lucas, D. (1996). Effects of overview structure on study strategies and text representations for instructional hypertext. In J. Rouet, J. J. Levonen, A. Dillon & J. R. Spiro (Eds.), *Hypertext* (pp. 73-108). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Deimann, M., & Keller, J. M. (2006). Volitional Aspects of Multimedia Learning. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 15(2), 137-158.
- Desurvire, H. W. (1994). Faster, Cheaper! Are Usability Inspection Methods as Effective as empirical Testing? In J. Nielsen (Ed.), *Usability Inspection Methods* (pp. 173-271). New York: John Wiley & Sons.
- Dillon, A., Richardson, J., & McKnight, C. (1990). Navigation in Hypertext: a critical review of the concept. In D. Diaper, D. Gilmore, C. G. & S. B. (Eds.), *Human-Computer Interaction-INTERACT'90* (pp. 587-592). North Holland: Amsterdam.
- DIN-EN-ISO9241-110. (2006). *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung (ISO 9241-110:2006); Deutsche Fassung EN ISO 9241-110:2006*. Berlin: Beuth.
- DIN-ISO9241-11. (1998). *International Organization for Standardization: Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten - Teil II: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit - Leitsätze (ISO/DIS 9241-11:1997)*. Berlin, Wien, Zürich.

- Doll, J., Petersen, L. E., & Rudolf, M. (2002). Determinanten der Internetnutzung von Gymnasiasten und Studenten - Eine Anwendung der Theorie des geplanten und rollen-gesteuerten Verhaltens. *Medienpsychologie*, 12, 5-22.
- Downing, R. E., Moore, J. L., & Brown, S. W. (2005). The effects of interaction of spatial visualization and domain expertise on information seeking. *Computers in Human Behavior*, 21, 195-209.
- Dumas, J. S. (1993). *A practical guide to usability testing*. Norwood.
- Eberleh, E. (1989). *Beschreibung, Klassifikation und mentale Repräsentation komplexer Mensch-Computer-Interaktion*. Regensburg: Roderer.
- Edwards, D., & Hardman, L. (1989). Lost in Hyperspace': Cognitive Mapping and Navigation in a Hypertext Environment. In R. McAleese (Ed.), *Hypertext* (pp. 105--125): Blackwell Scientific Publications Ltd.
- Eilers, K., Nachreiner, F., & Hänecke, K. (1986). Entwicklung und Überprüfung einer Skala zur Erfassung subjektiv erlebter Anstrengung. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 40(4), 215-224.
- Eliassen, K., McKinstry, J., Fraser, B. M., & Babbitt, E. P. (1997). Navigating online menus: A quantitative experiment. *College & Research Libraries*, 58(6), 509-516.
- Ellis, D. (1989). A behavioural approach to information retrieval system design. *Journal of Documentation*, 45(3), 171-212.
- Ertl, B., Reiserer, M., & Mandl, H. (2002). Kooperatives Lernen in Video-Konferenzen. *Unterrichtswissenschaft*, 30, 339-356.
- Farrell, I. H., & Moore, D. M. (2001). The Effect of Navigation Tools on Learners' Achievement and attitude in a Hypermedia Environment. *Journal for Educational Technology Systems*, 26(2), 169-181.
- Feger, B. (1984). Die Generierung von Testitems zu Lehrtexten. *Diagnostica*, 30(1), 24-46.
- Fishbein, M., & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention, and behavior: An introduction to theory and research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Ford, N., & Chen, S. Y. (2000). Individual differences, hypermedia navigation an learning: An empirical study. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 9(4), 281-315.
- Friedrich, H. F., & Mandl, H. (1992). Lern- und Denkstrategien - ein Problemaufriss. In H. Mandl & H. F. Friedrich (Eds.), *Lern- und Denkstrategien: Analyse und Interventionen* (pp. 3-54). Göttingen: Hogrefe.
- Furnas, G. W. (1986). *Generalized Fisheye Views*. Proceedings of the Human Factors in Computing Systems CHI '86. abgerufen unter: <http://www.si.umich.edu/~furnas/Papers/FisheyeCHI86.pdf> (20.07.2003), Bosten M.A.

- Gagné, R. M. (1985). *The conditions of learning and theory of instruction*. 4. Aufl. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gagné, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2005). *Principles of instructional design* (5th ed.). Belmont, CA: Wadsworth/Thomson.
- Gall, J. E., & Hannafin, M. J. (1994). A framework a study for hypertext. *Instructional Science*, 22, 207-232.
- Gay, G. (1986). Interaction of learner control and prior understanding in computer-assisted video instruction. *Journal of Educational Psychology*, 78, 225-227.
- Gay, G., & Mazur, J. (1991). Navigation in hypermedia. In E. Berk & J. Devlin (Eds.), *Hypertext/Hypermedia Handbook* (pp. 271-283). New York: Mc Graw.
- Gay, G., Tumbull, D., & Mazur, J. (1991). Designing und testing navigational strategies and guidance tolls for a hypermedia program. *Journal for Educational Computing Research*, 7(2), 189-202.
- Geddes, B. W., & Stevenson, R. J. (1997). Explicit learning of dynamic systems with a non-salient pattern. *Journal of Experimental Psychology*, 50A, 742-765.
- Gediga, G., Hamborg, K.-C., & Düntsch, V. (1999). The IsoMetrics usability inventory: an operationalization of ISO 9241-10 supporting summative and formative evaluation of software systems. *Behaviour & Information Technology*, 18(3), 151-164.
- Gerdes, H. (1997). *Lernen mit Text und Hypertext*. Lengerich: Pabst.
- Gerdes, H. (2000). Hypertext. In B. Batinic (Ed.), *Internet für Psychologen* (pp. 193-218). Göttingen: Hogrefe.
- Gerjets, P., & Scheiter, K. (2003). Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction. *Educational Psychologist*, 38(1), 33-42.
- Gerjets, P., Scheiter, K., & Catrambone, R. (2006). Can learning form molar and modular worked examples be enhance by providing instructional explanations and prompting self-explanations? *Learning and Instruction*, 16(2), 104-121.
- Gloor, P. A. (1990). *Hypermedia-Anwendungsentwicklung*. Stuttgart: Teubner.
- Goffman, E. (1959). *The presentation of self in everyday life*. New York:: Doubleday.
- Grabowski, B. L., & Curtis, R. (1991). Information, instruction, and learning: A hypermedia perspective. *Performance Improvement Quarterly*, 4(3), 2-12.
- Gray, W. D., John, B. E., & Atwood, M. E. (1993). Project Ernestine: Validating GOMS for predicting and explaining real-world task performance. *Human Computer Interaction*, 8(3), 237-309.

- Green, T. R. G. (1990). Limited theories as a framework for human-computer interaction. In D. Ackermann & M. J. Tauber (Eds.), *Mental models and human-computer interaction 1* (pp. 3-40). Amsterdam: Elsevier.
- Greeno, J. G. (1978). A study of problem solving. In R. Glaser (Ed.), *Advances in instructional psychology* (Vol. 1, pp. 13-75). Hillsdale, NJ.: Erlbaum.
- Gunsthövel, D., Bösser, T., , F.R.Germany September 1–6 1991 Volume 1), ed. Bullinger, Hans-Jörg, pp. 666-670 , & Amsterdam, L., New York, Tokyo: Elsevier. (1991). Predictive metrics for usability'. In Human Aspects in Computing: Design and Use of Interactive Systems and Work with Terminals. In H.-J. Bullinger (Ed.), *Human Aspects in Computing: Design and Use for Interactive Systems and Information Management* (Vol. Advances in Human Factors/Ergonomics, pp. 666-670). Amsterdam: Elsevier.
- Hall, R. H., Balestra, J., & Davis, M. (2000). *A navigational analysis of linear and non-linear hypermap interfaces*. Proceedings of the Annual Meeting of the American Educational Research Association, New Orleans, L.A. (April 2000).
- Hamaker, C. (1986). The effects of adjunct questions on prose learning. *Review of Educational Research*, 56(2), 212-242.
- Hammond, N. (1993). Learning with hypertext: problems, principles and prospects. In C. McKnight, A. Dillon & J. Richardson (Eds.), *Hypertext: a psychological perspective* (pp. 51-70). Chichester: Ellis Horwood.
- Hammond, N., & Allinson, L. (1989). Extending hypertext for learning: an investigation of access and guidance tools. In A. Sutcliffe & L. Macaulay (Eds.), *People and computers V* (pp. 293-304). Cambridge: Cambridge University Press.
- Hara, N., & Kling, R. (2000). Students' distress with a web-based distance education course. *Information, Communication & Society* 3. Retrieved 07.03., 2003, from <http://www.slis.indiana.edu/CSI/WP/wp00-01B.html>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of a multi-dimensional workload rating scale: Results of empirical and theoretical research. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload* (pp. 139-183). Amsterdam: Elsevier.
- Hasebrook, J. (1995). *Multimedia Psychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Hasselhorn, M., & Gold, A. (2006). *Pädagogische Psychologie. Erfolgreiches Lernen und Lehren*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Hassenzahl, M., Burmester, M., & Koller, F. (2003). AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonistischer und pragmatischer Qualität. In G. Szwillus (Ed.), *Mensch & Computer 2003: Interaktion in Bewegung* (pp. 187-196). Stuttgart, Leipzig: B.G. Teubner.
- Heiß, A. (2007). *Desorientierung beim Lernen mit Hypermedien*. Münster: Waxmann.

- Heller, R. S. (1990). The role of hypermedia in education: a look at the research issues. *Journal of Research on Computing in Education*, 22(4), 431-441.
- Hessel, S., Domagk, S., & Niegemann, H. M. (2004). *Usability Testing multimedialer Lernumgebungen*. Proceedings of the 44. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie, Göttingen
- Hix, D., & Hartson, H. R. (1993). *Developing User Interfaces*. New York.
- Hofman, R., & van Oostendorp, H. (1999). Cognitive effects of a structural overview in a hypertext. *British Journal of Educational Technology*, 30(2), 129-141.
- Hölscher, C. (2002). *Die Rolle des Wissens im Internet. Gezielt suchen und kompetent auswählen*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Horney, M. A. (1993). Case studies of navigational patterns in constructive hypertext. *Computers Educational*, 20(3), 20-21.
- Hsu, Y. (2006). Better educational website interface design: the implications from gender-specific preferences in graduate students. *British Journal of Educational Technology*, 37(2), 233-242.
- Hsu, Y., & Schwen, T. M. (2003). The effects of structural cues form multiple metaphors on computer user's information search performance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 39-55.
- Inhoff, A. W., & Fleming, K. (1989). Probe-detection times during the reading of easy and difficult text. *Journal of Experimental Psychology*, 15(2), 339-351.
- Jacobson, M. J., Maouri, C., Mishra, P., & Kolar, C. (1995). Learning with hypertext learning environments: theory, design, and research. *Journal for Educational Multimedia and Hypermedia*, 4(4), 321-364.
- Jacobson, M. J., & Spiro, R. J. (1994). Hypertext learning environments and epistemic beliefs: a preliminary investigation. In S. Vosniadou, E. DeCorte & M. H. (Eds.), *Technology based learning environments. Psychological and educational foundations. NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences*, (Vol. 137, pp. 290-295). Berlin: Springer.
- Jenkins, J. J. (1979). Four Points to Remember: A Tetrahedral Model of Memory Experiments. In L. Cermak & F. I. M. Craik (Eds.), *Levels of processing and human memory* (pp. 429-446). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Johnson-Laird, P. N. (1983). Images, propositions, and models. In P. N. Johnson-Laird (Ed.), *Mental Models* (pp. 146 - 166). Cambridge.
- Johnson-Laird, P. N. (1985). Mental Models. In I. S. Aitkenhead, J.M. (Ed.), *Issues in Cognitive Modeling* (pp. 81 - 102). London.

- Johnson-Laird, P. N. (2005). Mental Models and Thought. In K. J. Holyoak & R. G. Morrison (Eds.), *The Cambridge Handbook of Thinking and Reasoning*. New York: Cambridge University Press.
- Jonassen, D. H., & Grabinger, R. S. (1990). Designing hypermedia for learning. In D. H. Jonassen & R. S. Grabinger (Eds.), *Problem and issues in designing Hypertext/Hypermedia for learning* (Vol. F 67, pp. 3-25). Berlin Heidelberg
New York: Springer.
- Jonassen, D. H., & Reeves, T. C. (1996). Learning with technology: Using computers as cognitive tools. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (2 ed., pp. 622-633). New York: Macmillan.
- Jonassen, D. H., & Wang, S. (1993). Acquireing structural knowledge from semantically structured hypertext. *Journal of Computer-Based-Instruction*, 20(1), 1-8.
- Jones, K. S., Farris, J. S., & Johnson, B. R. (2005). Why Does the Negative Impact of Inconsistent knowledge on Web navigation Persist. *International Journal of Human Computer Interaction*, 19(2), 201-221.
- Jones, T. (1989). Incidental learning during information retrieval: a hypertext experiment. In G. Goos & J. Harmanis (Eds.), *Lecture notes in computer science 360* (pp. 235-253). Berlin: Springer.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). A Theory of Reading: From Eye Fixations to Comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329-354.
- Kalyuga, S. (2005). Prior knowledge principle in multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 325-337). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kalyuga, S. (2006). Assessment of learners' organised knowledge structures in adaptive learning environments. *Applied Cognitive Psychology*, 20(3), 333-342.
- Kalyuga, S. (2007). Enhancing Instructional Efficiency of Interactive E-learning Environments: A Cognitive Load Perspective. *Educational Psychology Review*, 19, 387-399.
- Keller, J. M. (1983). Motivational design of instruction. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current studies*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Keller, J. M., & Kopp, T. W. (1987). An application of the ARCS model of motivational design. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional theories in action. Lessons illustrating selected theories and models* (pp. 289-320). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

- Keller, J. M., & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS motivation model in courseware design. In D. H. Jonassen (Ed.), *Instructional designs for microcomputer courseware* (pp. 401-434). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Kennedy, G. E. (2004). Promoting cognition in multimedia interactivity research. *Journal of Interactive Learning Research, 15*, 43-61.
- Kerres, M. (2001). *Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung*. München: Oldenbourg.
- Kerres, M. (2002). Technische Aspekte multi- und telemedialer Lernangebote. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (3. Aufl. ed., pp. 19-28). Weinheim: Beltz.
- Kestner, L., Lehnen, C., van Gerven, P. W. M., & Kirschner, P. A. (2006). Just-in time, schematic supportive information presentation during cognitive skill acquisition. *Computers in Human Behavior, 22*(1), 93-112.
- Kieras, D. (1988). Towards a practical GOMS model methodology for user interface design. In M. Helander (Ed.), *Handbook of human-computer-interaction* (pp. 135-158). Amsterdam: North-Holland.
- Kieras, D., & Meyer, D. E. (1997). An overview of the EPIC architecture for cognition and performance with application to human-computer interaction. *Human-Computer Interaction, 12*, 391-438.
- Kieras, D., & Polson, D. (1985). An approach to the formal analysis of user complexity *International Journal of Man-Machine Studies, 22*, 365-394.
- Kirakowski, J., & Cierlik, B. (1993). SUMI - The Software Usability Measurement Inventory. *British Journal of Educational Technology, 24*(3), 210-212.
- Klauer, K. J. (1985). Framework for a theory of teaching. *Teaching & Teacher Education, 1*(1), 5-17.
- Kolodner, J. (2002). Facilitating the Learning of Design Practices: Lessons Learned from an Inquiry into Science Education. *Journal of Industrial Teacher Education, 39*(3), 1-31.
- Kopp, B. (2005). *Effekte schematheoretischer Unterstützung auf Argumentation und Lernerfolg beim kooperativen Lernen in Videokonferenzen*. Berlin: Logos.
- Körndle, H., Narciss, S., & Proske, A. (2004). Konstruktion interaktiver Lernaufgaben für die universitäre Lehre. In D. Carstensen & B. Barrios (Eds.), *Campus 2004. Kommen die digitalen Medien an den Hochschulen in die Jahre?* (pp. 57-67). Münster: Waxmann.
- Korthauer, R. D., & Koubek, R. J. (1994). An empirical evaluation of knowledge, cognitive style, and structure upon the performance of a hypertext task. *International Journal of Human-Computer Interaction, 6*(4), 373 - 390.

- Kosslyn, S. M. (1994). *Image and brain*. Cambridge, M.A.: MIT Press.
- Krapp, A. (1992). Interesse, Lernen und Leistung: Neue Forschungsansätze in der Pädagogischen Psychologie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 38(5), 747-770.
- Krems, J. F. (2001). Zur Gestaltung informativer Hypertexte. In K. Boehnke & N. Döring (Eds.), *Neue Medien im Alltag: Die Vielfalt individueller Nutzungsweisen* (Vol. 2, pp. 14-34). Berlin: Pabst Science Publisher.
- Kuhlen, R. (1991). *Hypertext : ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissensbank* (Edition SEL-Stiftung ed.). Berlin: Springer,.
- Kuhlthau, C. C. (1993). A principle of uncertainty for information seeking. *Journal of Documentation*, 49(4), 339-355.
- Lai, Y., & Waugh, M. L. (1995). Effects of three different hypertextual menu designs on various information searching activities. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 4(1), 25-52.
- Landow, G. P. (1990). Popular fallacies about hypertext. In D. H. Jonassen & H. Mandl (Eds.), *Designing Hypermedia for Learning (NATO ASI Series, Series F: Computer and System Sciences, No. 67)* (pp. 39-59). Berlin, Heidelberg: Springer.
- Large, A. (1996). Hypertext instructional program and learner control: A research review. *Education for information*, 14, 95-106.
- Larkin, J. H. (1981). Enriching formal knowledge: A model for learning to solve textbook physics problems. In J. R. Anderson (Ed.), *Cognitive skills and their acquisition* (pp. 311-334). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Larkin, J. H., McDermott, J., Simon, D. P., & Simon, H. A. (1980). Models of competence in solving physics problems. *Cognitive Science*, 4, 317-345.
- Larson, K., & Czerwinski, M. (1998). *Web page design: Implications of memory, structure and scient from information retrieval*. Proceedings of the CHI 98 Conference, New York
- Last, D. A., O'Donnell, A. M., & Kelly, A. E. (2001). The effects of prior knowledge and goal strength on the use of hypermedia. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10(1), 3-25.
- Lauer, T., Ottmann, T., Trahasch, S., Haake, J., Pfister, H.-R., Bauer, K., et al. (2006). DFG Schwerpunktprogramm „Netzbasierte Wissenskommunikation in Gruppen. *Information Technology*, 48(1), 52-59.
- Lawless, K. A., & Kulikowich, J. M. (1998). Domain knowledge, interest, and hypertext navigation: A study of individual differences. *Journal for Educational Media and Hypermedia*, 7(1), 51-69.

- Lee, Y. B., & Lehmann, J. D. (1993). Instructional cuing in hypermedia: a study with active and passive learners. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 2(1), 25-37.
- Lewis, C. (1982). *Using the "thinking aloud" method in cognitive interface design*. New York.
- Lewis, C., & Wharton, C. (1997). Cognitive walkthroughs. In M. Helander, T. K. Landauer & P. Prabhu (Eds.), *Handbook of Human-Computer Interaction* (pp. 689-704). New York: Elsevier Press.
- Lieberherr, J., & Gasser, M. (2004). Unterschiede in der Einstellung zu netz-basiertem Lernen zwischen Studierenden der technisch/naturwissenschaftlichen und der geistes-/sozialwissenschaftlichen Fächer. 25.03.2004, from <http://www.methpsy.unizh.ch/teach/propi/berichte/6a.pdf>
- Liegle, J. O., & Janicki, T. N. (2006). The effect of learning styles on the navigation needs of Web-based learners. *Computers in Human Behavior*, 22, 885-898.
- Lin, H., Shan, K., Kidwai, K., Munyofu, M., Swain, J., Ausman, B., et al. (2005). The Effect of Verbal Advance Organizers in Complementing Animated Instruction. *Journal of Visual Literacy*, 25(2), 237-248.
- Lin, H. X., Choong, Y.-Y., & Salvendy, G. (1997). A Proposed Index of Usability: A Method for Comparing the Relative Usability of Different Software Systems. *Behaviour & Information Technology*, 16(4), 267-278.
- Mandl, H., Friedrich, H. F., & Hron, A. (1988). Theoretische Ansätze zum Wissenserwerb. In H. Mandl & H. Spada (Eds.), *Wissenspsychologie* (pp. 123-160). München, Weinheim: Psychologie Verlags Union.
- Mandl, H., Gruber, H., & Renkl, A. (2002). Situiertes Lernen in multimedialen Lernumgebungen. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (3. Aufl. ed., pp. 139-148). Weinheim: Beltz.
- Marchionini, G. (1987). An investigation to browse: Designing full-text systems for casual users. *Canadian Journal for Information Science*, 12, 67-79.
- Marchionini, G. (1988). Hypermedia a learning: freedom an chaos. *Educational Technology, November*, 8-12.
- Marchionini, G. (1995). *Information seeking in electronic environments*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Marchionini, G., Dwiggins, S., Kath, A., & Lin, X. (1993). Information seeing in full-text end-user oriented search systems: the roles of domain and search expertise. *Library and Information Science Research*, 15(1), 35-69.
- Marchionini, G., & Shneiderman, B. (1988). Finding facts vs. browsing in hypertext systems. *IEEE Computer*, 21(1), 70-81.

- Mayer, R. E. (1979). Can advance organizers influence meaningful learning? *Review of Educational Research*, 49, 371-383.
- Mayer, R. E. (1999). Multimedia aids to problem-solving transfer. *International Journal of Educational Research*, 31, 611-623.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005a). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005b). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 31-48). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2005c). Principles of Managing Essential Processing in Multimedia Learning: Segmenting, Pretraining, and Modality Principles. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 179-181). Cambridge: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is a illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.
- Mayes, J. T., Kibby, M. R., & Anderson, T. (1990). Learning about learning from hypertext. In D. H. Jonassen & H. Mandl (Eds.), *Designing hypertext for learning* (pp. 227-250). New York: Springer.
- Mayhew, D. J. (1992a). *Principles and guidelines in software user interface design*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- Mayhew, D. J. (1992b). *Principles and guidelines in software user interface design*. Englewood Cliffs: Prentice Hall.
- McAleese, R. (1989). Navigation and browsing in hypertext. In R. McAleese (Ed.), *Hypertext: theory into practice* (pp. 6-44). Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- McClelland, J. L., & Rumelhart, D. E. (1988). *Explorations in Parallel Distributed Processing. A Handbook of Models, Programs, and Exercises*. Cambridge MA: MIT- Press
- McDonald, S., & Stevenson, R. J. (1996). Disorientation in hypertext: The effects of three text structures on navigation performance. *Applied Ergonomics Special Issue: Shiftwork*, 27(1), 61-68.
- McDonald, S., & Stevenson, R. J. (1998). Effects of text structure and prior knowledge of the learner on navigation in hypertext. *Human Factors*, 40(1), 18-27.
- McGrath, A., & Prinz, W. (2001). All that is solid melts into software. In E. F. Churchill, N. D. Snowdon & A. J. Munro (Eds.), *Collaborative virtual environments: Digital places and spaces for interaction* (pp. 99-114). London: Springer.

- McGrath, D. (1992). Hypertext, CAI, paper, or program control: Do learners benefit from choices? *Journal of Research on Computing in Education*, 24(4), 513-532.
- McKnight, C., Richardson, J., & Dillon, A. (1990). Journal articles as learning resource: What can hypertext offer? In D. H. Jonassen & H. Mandl (Eds.), *Designing hypermedia for learning (NATO ASI Series F: Computer and Systems Sciences Vol. 67)* (pp. 227-290). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- McNamara, D. S., Kintsch, E., Songer, N. B., & Kintsch, W. (1996). Are good texts always better? Interactions of text coherence, background knowledge, and levels of understanding in learning from text. *Cognition and Instruction*, 14(1), 1-43.
- Merrill, M. D. (1983). Component display theory. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: An overview of their current status* (pp. 279-333). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Merrill, M. D. (1999). Instructional transaction theory (IT²): Instructional design based on knowledge objects. In C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design - Theories and models. A new paradigm of instructional theory* (pp. 397-424). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Mickasch, H. D., & Haack, J. (1986). Blickbewegungsforschung - Einführung in die Physiologischen Grundlagen, Techniken und in die Problem- und Anwendungsbereiche. In L. J. Issing & H. D. Mickasch Haack (Eds.), *Blickbewegung und Bildverarbeitung*. Frankfurt am Main/New York: Peter Lang.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63, 81-97.
- Minetou, C. G., Chen, S. Y., & Liu, X. (2008). Investigation of the use of navigation tools in web-based learning: A data mining approach. *International Journal of Human Computer Interaction*. Vol, 24(1), 48-67.
- Mohageg, M. F. (1992). The influence of hypertext linking structures on the efficiency of information retrieval. *Human Factors*, 34(3), 351-367.
- Molich, R., & Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue. *Communications of the ACM*, 33(3), 338-348.
- Moreno, R. (2005). Instructional technology: Promise and pitfalls. In L. Pytlík-Zillig, M. Bodvarsson & R. Bruning (Eds.), *Technology-based education: Bringing researchers and practitioners together* (pp. 1-19). Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review: Special Issue on Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends*, 19, 309-326.
- Morgan, D. L. (1997). *Focus Groups as Qualitative Research* (2 ed.). Thousand Oaks, CA.: Sage Publications.

- Müller-Holz, Aschersleben, ?; Hacker, ?; Bartsch, ? (1991). Methoden zur empirischen Bewertung der Benutzerfreundlichkeit von Bürosoftware im Rahmen von Prototyping. In M. K. Frese, C.; Skarpelis, C.; Zang-Scheucher, B. (Ed.), *Software für die Arbeit für morgen* (pp. 409-420). Berlin: Springer.
- Müller-Kalthoff, T., & Möller, J. (2000). Effekte von Navigationshilfen und Vorwissen beim Lernen mit Hypertext. In D. Leutner & R. Brünken (Eds.), *Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung - Aktuelle Ergebnisse empirischer pädagogischer Forschung* (pp. 57-64). Münster: Waxmann.
- Müller-Kalthoff, T., & Möller, J. (2005). Zum Effekt unterschiedlicher Navigationshilfen beim Lernen mit Hypertexten. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 19, 49-60.
- Naumann, A. (2004, 18.04.2006). Wissenserwerb und Informationssuche mit Hypertexten: Die Bedeutung von Strukturierung, Navigationshilfen und Arbeitsgedächtnisbelastung. from <http://archiv.tu-chemnitz.de/pub/2004/0117/data/Naumann.pdf>
- Naumann, J., Richter, T., Christmann, U., & Groeben, N. (2008). Working memory capacity and reading skill moderate the effectiveness of strategy training in learning from hypertext. *Learning and Individual Differences*, 18, 197-213.
- Neal, A. S., & Simons, R. M. (1984). Playback - a method for evaluation the usability of software and its documentation. In A. Janda (Ed.), *Proceedings of CHI'83 "Human Factors in Computing Systems"* (Vol. 78-82). Amsterdam, New York, Oxford: North-Holland.
- Nicholson, C. Y., Compeau, L. D., & Sethi, R. (2001). The role of interpersonal liking in building trust in long-term channal relationships. *Journal of Academy of Marketing Science*, 29(1), 3-15.
- Niederhauser, D. S., Raynolds, R. E., Salmen, D. J., & Skolmoski, P. (2000). The influence of cognitive load on learning form hypertext. *Journal of Educational Computing Research*, 23(3), 237-256.
- Niegemann, H., Domagk, S., Hessel, S., Hein, A., Zobel, A., & Hupfer, M. (2008). *Kompendium multimediales Lernen*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Nielsen, J. (1990a). Evaluating hypertext usability. In D. H. Jonassen & H. Mandl (Eds.), *Designing Hypermedia for Learning* (pp. 147-168). Heidelberg: Springer.
- Nielsen, J. (1990b). *Hypertext and Hypermedia*. San Diego: Academic Press.
- Nielsen, J. (1993). *Usability evaluation and inspection methods*. Proceedings of the Interchi'93 Tutorial notes
- Nielsen, J. (1994a). Heuristic evaluation. In J. Nielsen & R. L. Mack (Eds.), *Usability Inspection Methods*. New York, NY: John Wiley & Sons.
- Nielsen, J. (1994b). *Usability engineering*. Boston: AP Professional.

- Nielsen, J. (1995). *Multimedia and hypertext. The Internet and beyond*. Bosten: Academic Press.
- Nielsen, J. (2000). *Designing web usability*. Indianapolis, IN: New Riders Publishing.
- Nilsson, R. M., & Mayer, R. E. (2002). The effects of graphical organizers giving cues to the structure of a hypertext document on users' navigation strategies and performance. *International Journal of Human-Computer Studies*, 57, 1-26.
- Norman, D. A. (1989). *Dinge des Alltags. Gutes Design und Psychologie für Gebrauchsgegenstände* (K. Cofer, Trans.). Frankfurt a. M., New York: Campus Verlag.
- Norman, D. A. (2004). *Emotional design: why we love (or hate) everyday things*. New York: Cambridge University Press.
- Ocker, R. J., & Yaverbaum, G. J. (2001). Collaborative learning environments: Exploring student attitudes and satisfaction in face-to-face and asynchronous computer conferencing settings. *Journal of Interactive Learning Research*, 12, 427-449.
- Oerter, R., & Montada, L. (2002). *Entwicklungspsychologie* (3. Auflage ed.). Weinheim: Beltz/Psychologie Verlags Union.
- Ohler, P., & Nieding, G. (2000). Kognitive Modellierung der Textverarbeitung und der Informationssuche im World Wide Web. In B. Batinic (Ed.), *Internet für Psychologen* (pp. 219-239). Göttingen: Hogrefe.
- Ollermann, F. (2004). Verhaltensbasierte Validierung von Usability-Fragebögen. In R. Keil-Slawik, H. Selke & G. Szwillus (Eds.), *Mensch & Computer 2004: Allgegenwärtige Interaktion* (pp. 55-64). München: Oldenbourg Verlag.
- Oppermann, R., Murchner, B., Reiterer, H., & Koch, M. (1992). *Softwareergonomische Evaluation - Der Leitfaden EVADIS II* (2 ed.). Berlin; New York: Walter de Gruyter.
- Oren, T., Salomon, G., Kreitman, K., & Don, A. (1990). Guides: Characterizing the interface. In B. Laurel (Ed.), *The art of human-computer interface design* (pp. 367-381). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Otter, M., & Johnson, H. (2000). Lost in hyperspace: Metrics and mental models. *Interacting with Computers*, 13(1), 1-40.
- Paas, F. G. W. C., Tuovinen, J., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, 38(1), 63-71.
- Paas, F. G. W. C., van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instruktional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79, 419-430.
- Paivio, A. (1986). *Mental representations: A dual coding-approach*. New York: Oxford University Press.

- Parsaye, K., Chignell, M., Khosafian, S., & Wong, H. (1989). *Intelligent Databases: Object-oriented, Deductive, Hypermedia Technologies*. New York: Wiley.
- Parunak, H. v. D. (1989). *Hypermedia topologies and user navigation*. Proceedings of the ACM Hypertext 89 Conference, Pittsburgh, Pa
- Parunak, H. v. D. (1991). Ordering the Information Graph. In E. Berk & J. Devlin (Eds.), *Hypertext/Hypermedia Handbook* (pp. 299-325). New York: Intertext Publications McGraw-Hill.
- Parush, A., Shwartz, Y., Shtub, A., & Chandra, M. J. (2005). The impact of visual layout factors on performance in web pages: cross-language study. *Human Factors*, 47(1), 141-157.
- Pintrich, P. R., & Garcia, T. (1993). Intraindividual differences in student's motivation and self regulated learning. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 7, 99-104.
- Pökl, M. (2005). *Einfluss von Kontrollüberzeugungen auf die Navigation in Hypertext und den Wissenserwerb*. Proceedings of the DGPs Pädagogische Psychologie: 10. Fachtagung, Halle (26.-28.09.2005).
- Potelle, H., & Rouet, J.-F. (2003). Effects of content representation and readers' prior knowledge on the comprehension of hypertext. *International Journal of Human-Computer Studies*, 58, 327-345.
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S., & Carey, T. (1994). *Human-Computer-Interaction*. Workingham: Addison-Wesley.
- Prümper, J. (1997). Der Benutzerfragebogen ISONORM 9241/10: Ergebnisse zur Reliabilität und Validität. In W. Wünschmann (Ed.), *Software-Ergonomie '97. Usability Engineering: Integration von Mensch-Computer-Interaktion und Software-Entwicklung* (pp. 253-262). Stuttgart: Teubner.
- Prümper, J., & Anft, M. (1993). Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung ein Fallbeispiel. In K.-H. Rödiger (Ed.), *Software Ergonomie '93: Von der Benutzeroberfläche zur Arbeitsgestaltung* (pp. 145-156). Stuttgart: Teubner.
- Puntambekar, S., & Stylianou, A. (2005). Designing navigation support in hypertext systems based on navigation patterns. *Instructional Science*, 33, 451-481.
- Puntambekar, S., Stylianou, A., & Hübscher, R. (2003). Improving Navigation and Learning in Hypertext Environments with Navigable Concept Maps. *Human-Computer Interaction*, 18, 395-428.
- Qiu, L. (1993a). Analytical searching vs. browsing in hypertext information retrieval systems. *Canadian Journal for Information Library Science*, 18(4), 1-13.

- Qiu, L. (1993b). Markov Models of Search State Patterns in a Hypertext Information Retrieval System. *Journal of the American Society for Information Science*, 44(7), 413-427.
- Reader, W., & Hammond, N. (1994). Computer based tools to support learning from hypertext: concept mapping tools and beyond. *Computers Educational*, 22, 99-106.
- Reed, W. M., Burton, J. K., & Kelly, P. (1985). The effects of writing ability and mode of discourse on cognitive capacity engagement. *Research in Teaching of English*, 19, 283-297.
- Reed, W. M., & Giessler, S. T. (1995). Prior computer-related experiences and hypermedia metacognition. *Computers in Human Behaviour. Special Issue: Hypermedia: Theory, research, and application*, 11, 581-600.
- Renkl, A. (2005). The Worked-Out Examples Principle in Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 229-245). Cambridge: Cambridge University Press.
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. *Educational Psychologist*, 38(1), 15-22.
- Renkl, A., & Atkinson, R. K. (2007). Interactive Learning Environments: Contemporary Issues and Trends. An Introduction to the Special Issue. *Educational Psychology Review*, 19, 235-238.
- Reynolds, S. B., & Dansereau, D. F. (1990). The knowledge hypermap: an alternative to hypertext. *Computers in Education*, 14(5), 409-416.
- Reynolds, S. B., Patterson, M. E., Skaggs, L. P., & Dansereau, D. F. (1991). Knowledge hypermaps and cooperative learning. *Computers and Education*, 16, 167-173.
- Rezende, F., & S., D. B. (2008). Students' navigation patterns in the interaction with a mechanics hypermedia program. *Computers and Education*, 50(4), 1370-1382.
- Rheinberg, F. (2004). *Motivationsdiagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2001). FAM: Ein Fragebogen zur Erfassung aktueller Motivation in Lern- und Leistungssituationen. *Diagnostica*, 2.
- Richter, T., Naumann, J., & Groeben, N. (2001). Das Inventar zur Computerbildung (INCOBI): Ein Instrument zur Erfassung von Computer Literacy und computerbezogenen Einstellungen bei Studierenden der Geistes- und Sozialwissenschaften. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 48, 1-13.
- Rivlin, E., Botafogo, R., & Shneiderman, B. (1994). Navigating hyperspace: Designing a structure based toolbox. *Communication of the ACM*, 37(2), 87-96.
- Rohmert, W., & Rutenfranz, J. (1975). *Arbeitswissenschaftliche Beurteilung der Belastung und Beanspruchung an unterschiedlichen industriellen Arbeitsplätzen*

BONN: BUNDESMINISTER FÜR ARBEIT UND SOZIALORDNUNG.

Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In C. I. R. Hovland, M. J. (Ed.), *Attitude organization and change* (pp. 1-14). New Haven, CT: Yale University Press.

Rost, D. H. (2007). *Interpretation und Bewertung pädagogisch-psychologischer Studien*. Weinheim: Beltz UTB

Rötting, M., & Seifert, K. (1999). *Blickbewegungen in der Mensch-Maschine-Systemtechnik*. Sinzheim: Pro Universitate Verlag.

Rouet, J.-F. (1992). *Cognitive processing of hyperdocuments: When does non-linearity help?* New York: Academic Press.

Rouet, J.-F., & Levonen, J. J. (1996). Studying and learning with hypertext: Empirical studies and their implications. In J.-F. Rouet, J. J. Levonen, A. Dillon & J. R. Spiro (Eds.), *Hypertext and Cognition* (pp. 9-24). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Rubin, J. (1994). *Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests*. New York.

Ruddle, R. A., Howes, A., Payne, S. J., & Jones, D. M. (2000). The effects of hyperlinks on navigation in virtual environments. *International Journal of Human-Computer-Studies*, 53, 551-581.

Rumelhart, D. E. (1980). Schemata: The building blocks of cognition. In R. J. Spiro, B. C. Bruce & W. F. Brewer (Eds.), *Theoretical issues in reading comprehension*. (pp. 33-58). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

Rumelhart, D. E., & Norman, D. A. (1978). Accretion, tuning and restructuring: Three modes of learning. In J. W. Cotton & R. L. Klatzky (Eds.), *Semantic factors in cognition* (pp. 37-53). Hillsdale: Erlbaum.

Rummer, R., Schweppe, J., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2008). Lernen mit Multimedia: Die kognitiven Grundlagen des Modalitätseffekts. *Psychologische Rundschau*, 59, 98-108.

Salden, R. J. C. M., Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2006). A comparison of approaches to learning task selection in the training of complex cognitive skills. *Computers in Human Behavior*, 22(3), 321-333.

Salmeron, L., Canas, J. J., Fajardo, I., & Gea, M. (2003). *Effects of perceptual and semantic grouping on the acquisition of hypertext conceptual models*. Proceedings of the HCI International 2003: Human-Centred Computing: Cognitive, Social and Ergonomic Aspects, Mahwah, NJ

Salmeron, L., Canas, J. J., Kintsch, W., & Fajardo, I. (2005). Reading strategies and hypertext comprehension. *Discourse Processes*, 40, 171-191.

- Samarapungavan, A., & Beishuizen, J. (1994a). Domain expertise and knowledge acquisition from "nonlinear" exploratory text. *Computers in Human Behavior*, *10*, 77-91.
- Samarapungavan, A., & Beishuizen, J. (1994b). Domain expertise and knowledge acquisition from "nonlinear" exploratory text. *Computers in Human Behavior*, *10*, 77-91.
- Saxer, K.-H., & Gloor, P. A. (1990). Navigation im Hyperraum: Fisheye Views in HyperCard. In P. A. Gloor & N. Streitz (Eds.), *Hypertext und Hypermedia. Vom theoretischen Konzepten zu praktischen Anwendungen* (pp. 190-204). Berlin: Springer.
- Schank, R. C. (1998). *Tell me a story. Narrative and intelligence* (2nd printing (1. Aufl. 1990) ed.). Evanston, Illinois: Northwestern University Press.
- Scherer, K. R. (1977). Die Funktion des nonverbalen Verhaltens im Gespräch. In D. Wegner (Ed.), *Gesprächsanalyse* (pp. 275-297). Hamburg: Buske.
- Schiefele, U. (1996). *Motivation und Lernen mit Texten*. Göttingen: Hogrefe.
- Schiefele, U., & Rheinberg, F. (1997). Motivation and knowledge acquisition: Searching for mediating processes. In M. L. Maehr & P. R. Pintrich (Eds.), *Advances in Motivation and Achievement* (pp. 251-301). Greenwich: JAI Press Inc.
- Schnackenberg, H. L., & Hilliard, A. W. (1998). Learner Ability and Learner Control: A 10 Year Literature Review 1987-1997 [Electronic Version]. Retrieved 25.01.2003 from http://www.eric.ed.gov/ERICDocs/data/ericdocs2sql/content_storage_01/0000019b/80/16/ee/c0.pdf.
- Schnotz, W. (1994). *Aufbau von Wissensstrukturen. Untersuchungen zur Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Texten*. Weinheim: Beltz/Psychologie Verlags Union.
- Schnotz, W. (2005). An integrated Model of Text and Picture Comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Schnotz, W., & Bannert, M. (2003). Construction and interference in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, *13*, 141-156.
- Schnotz, W., & Kurschner, C. (2007). A Reconsideration of Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, *19*(4), 469-508.
- Schnotz, W., Seufert, T., & Bannert, M. (2001). Lernen mit Multimedia: Pädagogische Verheißungen aus kognitionspsychologischer Sicht. In K. Silbereisen & M. Reitzle (Eds.), *Psychologie 2000. Bericht über den 42. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie* (pp. 457-467). Lengerich: Pabst.
- Schnotz, W., & Zink, T. (1997). Informationssuche und Kohärenzbildung beim Wissenserwerb mit Hypertext. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, *11*(2), 95-108.
- Schönpflug, W., & Schönpflug, U. (1995). *Psychologie*. München: Beltz.

- Schoon, P., & Cafolla, R. (2002). Word Wide Web hypertext linkage patterns. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 11(2), 117-139.
- Schroeder, E. E., & Grabowski, B. L. (1995). Patterns of exploration and learning with hypermedia. *Journal for Educational Computing Research*, 13(4), 313-335.
- Schulmeister, R. (1996). *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. Theorie, Didaktik, Design*. Bonn, Paris, Reading: Addison-Wesley.
- Schwartz, N. H., Anderson, C., Hong, N., Howard, B., & McGee, S. (2004). The influence of metacognitive skills on learners' memory of information in a hypermedia environment. *Journal of Educational Computing Research*, 31, 77-93.
- Schwartz, N. H., Verdi, M. P., Morris, T. D., Lee, T. R., & Karson, N. K. (2007). Navigating web-based environments: Differentiating internal spatial representations from external spatial displays. *Contemporary Educational Psychology*, 32, 551-568.
- Schweizer, K., Paechter, M., & Weidenmann, B. (2003). Blended learning as a strategy to improve collaborative task performance. *Journal of Educational Media. Special Issue on Blended Learning*, 28(2-3), 211-224.
- Schwier, R. A., & Misanchuk, E. R. (1993). *Interactive multimedia instruction* (Vol. 1993). New Jersey: Educational technology publications.
- Scott, B. M., & Schwartz, N. H. (2007). Navigational spatial displays: The role of metacognition as cognitive load. *Learning and Instruction*, 17, 89-105.
- Seel, N. (1981). *Lernaufgaben und Lernprozesse*. Kohlhammer: Stuttgart.
- Seel, N. M. (1991a). Lernumgebungen und institutionell-organisatorische Bedingungen des Instruktionsdesigns. *Unterrichtswissenschaft*, 20 (4), 350-364.
- Seel, N. M. (1991b). *Weltwissen und mentale Modelle*. Göttingen: Hogrefe Verlag für Psychologie.
- Seel, N. M. (2001). Aufbau und Veränderung mentaler Modelle. In G. Franke (Ed.), *Komplexität und Kompetenz. Ausgewählte Fragen der Kompetenzforschung* (pp. 77-101). Bonn: Bundesinstitut für Berufsbildung.
- Seel, N. M. (2003). Model-Centered Learning Environments. *Technology, Instruction, Cognition, and Learning*, 1(3), 242-251.
- Seel, N. M., Al-Diban, S., & Blumschein, P. (2000). Mental Models and Instructional Planning. In M. Spector & T. M. Anderson (Eds.), *Integrated and Holistic Perspectives on Learning, Instruction and Technology: Understanding Complexity* (pp. 129-158). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Seufert, T. (2003). Supporting coherence formation in learning from multiple representations. *Learning and Instruction*, 13(227-237).

- Shackel, B. (1985). Human factors and usability – whence and whither. In H. J. Bullinger (Ed.), *Software Ergonomie '85* (pp. 13 – 32). Stuttgart: Teubner.
- Shapiro, A., & Niederhauser, D. S. (2004). Learning form hypertext: Research issues and finding. In D. H. Jonassen (Ed.), *handbook of research on educational communications and technology* (pp. 605-520). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Shapiro, A. M. (2000). The effect of interactive overviews on the development of conceptual structure ini novices learning from hypermedia. *Journal of Educational Multimedia & Hypermedia*, 9(1), 57-78.
- Sharp, H., Rogers, Y., & Preece, J. (2007). *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction: Beyond Human-computer Interaction*. New York: Wiley & Sons.
- Shin, E. C., Schallert, D. L., & Savenye, W. C. (1994). Effects of learn control, advisement, and prior knowledge on young student's learning in a hypertext environment. *Educational Technology Research and Development*, 42(1), 1042-1629.
- Shneiderman, B. (1998). *Designing the User Interface*. Logman: Addison Wesley.
- Shneiderman, B., Byrd, D., & Croft, W. B. (1997). Clarifying Search. A User-Interface Framework for Text Searches [Electronic Version]. Retrieved 19.06.2008 from <http://www.dlib.org/dlib/january97/01.shneiderman.html>.
- Shneiderman, B., Kreitzberg, C., & Berk, E. (1991). Editing to structure a readers experience. In E. Berk & J. Devlin (Eds.), *Hypertext/Hypermedia Handbook* (pp. 143-164). New York: McGraw Hill.
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2004). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction: Strategies for Effective Human-computer Interaction*. Logman: Addison Wesley.
- Simon, B., Treiblmaier, H., & Neumann, G. (2008). Elektronische Lernumgebungen in Bildungseinrichtungen: Eine Diskussion kritischer Erfolgsfaktoren. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*, 78(7/8), 715-732.
- Simon, H. (1974). Computerunterstützter Unterricht als Problem der Unterrichtstechnologie und Unterrichtsforschung. In H. Freibichler (Ed.), *Computerunterstützter Unterricht. Erfahrungen und Perspektiven* (pp. 43-73). Hannover: Schroedel.
- Simpson, A., & McKnight, C. (1990). Navigation in hypertext: Structural cues and mental maps. In R. McAleese & C. Green (Eds.), *Hypertext: State of the art* (pp. 73-83). Oxford: Intellect.
- Sims, R. C. H. (1997). Interactive learning as an "emerging" technology: A reassessment of interactive and instructional design strategies. *Australian Journal of Educational Technology*, 13, 68-84.

- Sims, R. C. H. (2000). An Interactive Conundrum. Constructs of Interactivity and Learning Theory. *Australian Journal of Educational Technology*, 16(1), 45-57.
- Slavin, R. E. (1995). *Cooperative Learning. Theory, research, and practice*. Needham Heights, MA: Allyn & Bacon.
- Small, R. V., & Grabowski, B. L. (1992). An exploratory study of information-seeking behaviors and learning with hypermedia information systems. *Journal for Educational Multimedia and Hypermedia*, 1(4), 445-464.
- Smith, P. A., & Wilson, J. R. (1993). Navigation in hypertext through virtual environments. *Applied Ergonomics*, 24(4), 271-278.
- Spiro, J. R., & Jehng, J. C. (1990). Cognitive flexibility and hypertext: Theory and technology for the nonlinear and multidimensional traversal of complex subject mater. In D. Nix & J. R. Spiro (Eds.), *Cognition, Education and multimedia: Exploring ideas in high technology* (pp. 163-205). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Spiro, R. J., Feltovich, P. J., Jacobson, M. J., & Coulson, R. L. (1991). *Cognitive flexibility, constructivism, and hypertext. Random access instruction for advanced knowledge acquisition in ill-structured domains*. Proceedings of the Educational Technology
- Squire, L. R. (1987). *Memory and Brain*. Oxford.
- Stanton, N. A., Taylor, R. G., & Tweedie, L. A. (1992). Maps as navigational aids in hypertext environments: An empirical evaluation. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 1(4), 431-444.
- Stark, H. A. (1990). What do readers do to pop-ups and pop-ups do to readers? In R. McAleese & C. Green (Eds.), *Hypertext. State of the art* (pp. 2-9). Oxford: Intellect.
- Stark, R. (2000). Experimentelle Untersuchungen zur Überwindung von Transferproblemen in der kaufmännischen Erstausbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 46, 395-415.
- Storrer, A. (2000). Was ist "hyper" am Hypertext. In W. Kallmeyer (Ed.), *Sprache und neue Medien* (pp. 222-249). Berlin: Walter de Gruyter.
- Streitz, N. A. (1988). *Fragestellungen und Forschungsstrategien der Software-Ergonomie*. Proceedings of the Einführung in die Software-Ergonomie, Berlin, New York
- Stull, A. T., & Mayer, R. E. (2007). Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers. *Journal of Educational Psychology*, 99(4), 808-820.
- Su, Y., & Klein, J. D. (2006). Effects of navigation tools and computer confidence on performance and attitudes in a Hypermedia Learning Environment. *Educational Multimedia and Hypermedia*, 15(1), 87-106.
- Sweller, J. (1999). *Instructional Design in technical areas*. (Vol. 43). Camberwell: Acer Press.

- Sweller, J. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19-30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1991). Evidence for cognitive load theory. *Cognition and Instruction*, 8(4), 351-362.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P., & Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119, 176-192.
- Sweller, J., van Merriënboer, J., & Pass, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10, 251-296.
- Tergan, S.-O. (2002). Hypertext und Hypermedia: Konzeption, Lernmöglichkeiten, Lernprobleme und Perspektiven. In L. J. Issing & P. Klimsa (Eds.), *Information und Lernen mit Multimedia und Internet* (pp. 98-112). Weinheim: Beltz
- Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1997). When two sensory modes are better than one. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 3, 257-287.
- Tripp, S. D., & Roby, W. (1990). Orientation and disorientation in a hypertext lexicon. *Journal of Computer-Based-Instruction*, 17, 120-124.
- Tulving, E. (1985). How many memory systems are there? *American Psychologist*, 40(395-398).
- Tumppower, D. L., & Goldsmith, T. E. (2004). Structural enhancement of learning. *Contemporary Educational Psychology*, 29, 426-446.
- Tuovinen, J. E., & Paas, F. (2004). Exploring multidimensional approaches to the efficiency of instructional. *Instructional Science*, 32(1-2), 133-152.
- Unz, D. (2000). *Lernen mit Hypertext: Informationssuche und Navigation*. Münster: Waxmann.
- Utz, S., & Sassenberg, K. (2001). Attachment to a virtual seminar: The role of experience, motives, and fulfillment of expectations. In U.-D. Reips & M. Bosnjak (Eds.), *Dimensions of internet science* (pp. 323-336). Lengerich: Pabst.
- van Dijk, T. A., & Kintsch, W. (1983). *Strategies of discourse comprehension*. New York, London: Academic Press.
- van Gerven, P. W. M., Paas, F., van Merriënboer, J. J. G., & Schmidt, H. G. (2002). Cognitive load theory and aging: Effects of worked examples on training efficiency. *Learning and Instruction*, 12, 87-105.
- van Merriënboer, J. J. G., & Kester, L. (2005). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning. In R. E. Mayer

- (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 71-93). Cambridge, New York: Cambridge University Press.
- van Nimwegen, C., Pouw, M., & van Oostendorp, H. (1999). The influence of structure and reading-manipulation on usability hypertexts. *Interacting with Computers, 12*, 7-21.
- Venkatesch, V., & Davis, F. D. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: Four longitudinal field studies. *Management Science, 46*, 186-204.
- Vollmeyer, R., & Burns, B. D. (2002). Goal Specificity and Learning with a Hypermedia Program. *Experimental Psychology, 49*(98-108).
- Vollmeyer, R., Burns, B. D., & Holyoak, K. J. (1996). The impact of goal specificity and systematic of strategies on the acquisition of problem structure. *Cognitive Science, 20*, 75 - 100.
- Wager, W. M., E. H. . (1993). The role of questions in learning. In J. V. Dempsey & G. C. Sales (Eds.), *Interactive instruction and feedback* (pp. 55-73). New Jersey: Englewood Cliffs.
- Wallen, E., Plass, J. L., & Brünken, R. (2005). The function of annotations in the comprehension of scientific texts: Cognitive load effects and the impact of verbal ability. *Educational Technology Research & Development, 53*(3), 59-72.
- Waniek, J., Brunstein, J., Naumann, A., & Krems, J. F. (2003). Interaction between Text Structure Representation and Situation Model in Hypertext Reading. *Swiss Journal of Psychology: Special Issue: Studying the Internet: A challenge for modern psychology., 62*, 103-111.
- Ward, M., & Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction, 7*(1), 1-39.
- Waterworh, J. A., & Chignell, M. H. (1991). A model of information explosion. *Hypermedia, 3*(1), 38-38.
- Weller, H. G., Repman, J., Lan, W., & Rooze, G. (1995). Improving the effectiveness of learning through hypermedia-based instruction. *Computers in Human Behaviour. Special Issue: Hypermedia: Theory, research, and application, 11*, 451-465.
- Welsh, T. M. (1995). Simplifying hypermedia usage for learners: the effect of visual and manual filtering capabilities on efficiency, perceptions of usability, and performance. *Journal for Educational Multimedia and Hypermedia, 4*(4), 275-304.
- Wenger, M. J., & Payne, D. (1994). Effects of a graphical browser on readers' efficiency in reading hypertext. *Technical Communication: Journal of the Society for Technical Communication, 4*(2), 224-233.
- Whalley, P. (1993). An alternative rhetoric for hypertext. In C. McKnight, A. Dillon & J. Richardson (Eds.), *Hypertext: A psychological perspective* (pp. 7-17). New York: Ellis Horwood.

- Wiemeyer, J. (2003). Analyse der Qualität des multimedialen Lernprogramms „BioPrinz“ [Electronic Version]. *Ink-Frühjahrstagung 11. März 2003*, from <http://www.sport.tu-darmstadt.de/personal/wiemeyer>
- Wild, K.-P. (2000a). Die Bedeutung betrieblicher Lernumgebungen für die langfristige Entwicklung intrinsischer und extrinsischer Lernorientierungen. In U. Schiefele & K.-P. Wild (Eds.), *Interesse und Lernmotivation: Untersuchungen zur Entwicklung, Förderung und Wirkung*. Münster: Waxmann.
- Wild, K.-P. (2000b). *Lernstrategien im Studium: Strukturen und Bedingungen*. Münster: Waxmann.
- Williams, M. D. (1996). Learner control and instructional technologies. In D. H. Jonassen (Ed.), *Handbook of research for educational communications and technology* (2 ed., pp. 957-983). New York: Macmillan.
- Wilson, T. D. (1997). Information behaviour: an interdisciplinary perspective. *Information Processing & Management*, 33(4), 551-572.
- Winograd, T., & Flores, F. (1986). *Understanding computers and cognition: A new foundation for design*. Norwood, N.J.: Ablex.
- Wittrock, M. C. (1989). Generative processes of comprehension. *Educational Psychologist*, 24, 245-376.
- Wright, P., & Lickorish, A. (1990). An empirical comparison of two navigation systems for two hypertexts. In R. McAleese & C. Green (Eds.), *Hypertext: State of the art* (pp. 84-93). Nordwood, NJ: Ablex Publishing.
- Yeh, S., & Lehman, J. D. (2001). Effects learner control and learning strategies on English as a foreign language (EFL) learning form interactive hypermedia lessons. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 10(2), 141-159.
- Yu, B.-M., & Roh, S.-Z. (2002). The effects of menu-design on information seeking performance and users' attitude on the Word Wide Web. *Journal of American Society for Information Science and Technology*, 53, 923-933.
- Zaphiris, P., Shneiderman, B., & Norman, K. L. (2002). Expandable indexes versus sequential menus for searching hierarchies on the Word Wide Web. *Behavior and Information Technology*, 21, 201-207.
- Zhu, E. (1999). Hypermedia interface design: the effects of number of links and granularity of nodes. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 8(3), 331 - 358.
- Zijlstra, F. R. H. (1993). *Efficiency in Work Behaviour: a Design Approach for Modern Tools*. Delft: Delft University Press.

-
- Zimmermann, B. J. (1989). Models of self-regulated learning and academic achievement. In B. J. Zimmermann & D. H. Schunk (Eds.), *Self-regulated learning and academic achievement* (pp. 1-26). New York: Springer.
- Zimmermann, B. J., & Martinez-Pons, M. (1990). Students differences in self-regulated learning: relating grade, sex, and giftedness to self-efficacy and strategy of use. *Journal of Educational Psychology*, 82(1), 51-59.
- Zizi, M. (1996). Interactive Dynamic Maps for Visuaklisation and Retrieval from Hypertext Systems. *AGOSTI & SMEATON*, 203-224.
- Zumbach, J. (2002). Goal-Based Scenarios: Realitätsnahe Vorgaben sichern den Lernerfolg. In U. Scheffer & F. W. Hesse (Eds.), *E-Learning: Die Revolution des Lernens gewinnbringend einsetzen* (pp. 67-82). Stuttgart: Klett-Cotta.
- Zumbach, J. (2006). Cognitive Overhead in Hypertext Learning Reexamined: Overcoming the Myths. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 15(4), 411-432.
- Zumbach, J., Reimann, P., & Koch, S. (2001). Influence of passive versus active information access to hypertextual information resources on cognitive and emotional parameters. *Journal of Educational Computing Research*, 25(3), 301-318.

LEBENS LAUF

- 1993 – 2000* **Technische Universität Dresden**
Studium der Erziehungswissenschaften, Psychologie und Soziologie sowie der Wirtschaftswissenschaften

Magister in Erziehungswissenschaften
- 2000 – 2004* **Technische Universität Ilmenau**
Forschungsschwerpunkte: Psychologische Grundlagen der didaktischen Konzeption multimedialer Lernumgebungen, Usability multimedialen Lernen, Qualitätssicherung und –kontrolle multimedialen Lehrens und Lernens, Kinder & Medien
- 2004 – 2008* **Universität Erfurt**
Forschungsschwerpunkte: Psychologische Grundlagen der didaktischen Konzeption multimedialer Lernumgebungen, Usability multimedialen Lernen, Qualitätssicherung und –kontrolle multimedialen Lehrens und Lernens, Kinder & Medien

Promotion zum Dr. phil.

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

„Ich erkläre hiermit ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht. Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskripts habe ich Unterstützungsleistung von folgenden Personen erhalten:

1. Prof. Dr. Helmut M. Niegemann
2. Prof. Dr. Roland Brünken
3. Unterstützung bei der Aufbereitung der erhobenen Daten der Studien: Bernhard Mierswa

Weitere Personen waren an der geistigen Herstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Die Arbeit oder Teile davon wurden bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde als Dissertation vorgelegt. Ferner erkläre ich, dass ich nicht bereits eine gleichartige Doktorprüfung an einer Hochschule endgültig nicht bestanden habe.“

TEIL C: ANHANG

1. FRAGEBOGEN 2

Fragebogen 2 Einstellungen zur Text-Bild-, Navigationsgestaltung sowie zum Scrollen beim multimedialen Lernen

Liebe Untersuchungsteilnehmer/innen,
dieser Fragebogen dient der Erfassung Ihrer Einstellungen zu den Aspekten Text-Bild- und Navigationsgestaltung sowie Scrollen. Uns interessieren in diesem Fragebogen beispielsweise, Ihre Antworten darauf, wie Texte und Bilder positioniert sein sollten. Welche Formen der Navigationsgestaltung Sie bisher für Ihr Lernen hilfreich fanden oder welche Erfahrungen Sie bis jetzt mit Scrolltexten hatten.

Bitte beantworten Sie zunächst folgende Fragen:

Hatten Sie bisher mit einem multimedialen Lernprogramm gelernt oder eine Lernplattform benutzt?

Ja wenn Ja, wie lange (in Stunden)..... h

nein

Bitte beachten Sie für das weitere Ausfüllen des Fragebogens:

! Wenn Sie früher schon einmal mit einem Lernprogramm gelernt haben, dann beziehen Sie bitte die Antworten auf die nachfolgenden Fragen auf Ihre Erfahrungen mit dem/n Lernprogramm/en.

Wenn Sie bisher noch nicht mit einem Lernprogramm gearbeitet haben, beziehen Sie bitte Ihre nachfolgenden Antworten auf Ihre Erfahrungen mit Websites allgemein.

Zu den nachfolgenden Fragen möchten wir Sie bitten, jeweils anzugeben, in welchem Ausmaß Sie den Aussagen zustimmen.

Hier ein Beispiel:

	trifft zu	trifft eher zu	teils / teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
6. Sanfte Hintergrundfarben präferiere ich.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
7. Ich mag keine überladenen Websites.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
8. Bilder auf Websites finde ich motivierend.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
9. Ich mag keine langen Texte auf Websites.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
10. Ich finde der Kontrast zwischen Text und Hintergrund kann mein Lernen beeinflussen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
11. Ich mag es, wenn Text und Bild gemeinsam präsentiert werden.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
12. Lange Texte auf Websites finde ich demotivierend.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
13. Ich finde es gut, wenn Text und Bild übersichtlich nebeneinander angeordnet sind.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
14. Ich finde gut strukturierte Texte auf einer Website gut.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
15. Die Text- Bild-Kombination sollte für mich optisch ansprechend gewählt sein.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
16. Kräftige Farben stören mich beim Lernen auf einer Website.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
17. Ich finde es nicht gut, wenn zu viel Texte und Bilder auf einer Website stehen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
18. Ich finde es gut, wenn sich die Bilder auf den Text beziehen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
19. Lange Texte auf Websites finde ich unpassend.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
20. Bei längeren Texten höre ich nach kurzer Zeit auf, sie intensiv zu lesen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
21. Ich mag es wenn ich durch die Text-Bild-Gestaltung ein positives Gefühl beim Lernen habe.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
22. Mir ist ein guter Kontrast zwischen Text und Hintergrund wichtig.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
23. Dekorative Bilder stören mich auf einer Website.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>

- II. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf **zwei verschiedene Menüarten**: Inhaltsmenüs und Aufklappmenüs.
- Bei einem **Inhaltsmenü** sind alle Inhaltspunkte in einer Liste meist untereinander zusammengestellt. Der Lernende/Nutzer muss nur noch auf den interessierenden Inhalt klicken und springt dann im Lern- bzw. Webangebot dorthin.
- Beim **Aufklappmenü** hingegen gibt es ebenfalls eine Liste der Inhalte, jedoch sind nicht alle Inhalte gleich sichtbar. Zunächst sind nur die Oberkategorien sichtbar. Klickt man mit der Maus auf eine Oberkategorie, öffnen sich die Unterinhalte. Klickt man wiederum auf einen dieser Unterinhalte springt man im Lern- bzw. Webangebot an die entsprechende Stelle.

Die folgenden 34 Aussagen beziehen sich auf Ihre *persönlichen Einstellungen und Erfahrungen*, die Sie bezüglich der *Navigationsgestaltung* beim *Lernen mit multimedialen Lernprogrammen bzw. beim Arbeiten mit Websites* gemacht haben.

	trifft zu	trifft eher zu	teils/teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
1. Ich nutze ungern Aufklappmenüs, da sie kompliziert im Handling sind.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
3. Bei Aufklappmenüs habe ich zunächst immer erstmal das Gefühl, nicht alle Lerninhalte über die Navigation zu erreichen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
8. Aufklappmenüs sind für mich vom Handling her schlechter als Inhaltsmenüs.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
10. Überflüssige Klicks stören mich nicht.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
13. Ich präferiere Menüformen ohne aufwendige Bedienung.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
19. Mir ist es wichtig, ohne Ermüdungserscheinungen lernen zu können.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
22. Aufklappmenüs finde ich in ihrer Bedienung aufwendig.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
24. Mir ist es egal, wie das Handling der Navigation gestaltet ist, ich finde mich schon irgendwie hinein.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
28. Mir ist wichtig, dass ich alle Lerninhalte über die Menüleiste ansteuern kann.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
29. Aufklappmenüs finde ich kompliziert im Handling.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
30. Aufklappmenüs zwingen mich überflüssige Klicks zu tun.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
31. Ich finde Aufklappmenüs im Vergleich zu Inhaltsmenüs auf die Dauer im Handling ermüdend.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>

- III. Die folgenden Aussagen beziehen sich auf zwei verschiedene Arten längere Texte am Bildschirm zu präsentieren: scrollen und weiterblättern/weiterklicken.
- Scrollen:** Der Text steht auf einer Bildschirmseite untereinander. Untere Textpassagen können nur durch die Benutzung der Pfeiltasten bzw. des Scrollbalkens, also durch Herunterscrollen erreicht werden. Dabei verschwinden obere Textpassagen aus dem Blickfeld.
- Weiterklicken/Weiterblättern:** Längerer Text ist über mehrere Bildschirmseiten verteilt. Man erreicht Text auf nachfolgenden Bildschirmseiten z.B. durch die Betätigung eines „Weiterbutton“, eines „Pfeils“ o. ä.. Man klickt bzw. blättert sich sozusagen von Bildschirmseite zu Bildschirmseite durch den Text.

Die folgenden 28 Aussagen beziehen sich auf Ihre *persönlichen Einstellungen und Erfahrungen*, die Sie bezüglich des *Scrollens bzw. Weiterblätterns/Weiterklickens* beim *Lernen mit multimedialen Lernprogrammen bzw. beim Arbeiten mit Websites* gemacht haben.

	trifft zu	trifft eher zu	teils / teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
1. Mir ist es wichtig, immer den Überblick über die Gliederung des Textes zu behalten.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
2. Wenn ich einen längeren Text lese, drucke ich diesen aus, weil mich das schrittweise scrollen beim Lesen stört.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
8. Wenn ich viel vertikal scrollen muss, verliere ich den Überblick über die Gliederung des Textes.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
10. Ich nutze lieber Websites mit Text zum scrollen, als Websites wo ich zwischen den Inhalten blättern muss.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
13. Ich finde es effizienter, längere Texte in ausgedruckter Form zu lesen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
14. Mir ist es egal, ob ich während des Lernens scrollen muss.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
17. Websites zum Scrollen finde ich besser.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
18. Bei zu langen Texten, wo ich Scrollen muss, höre ich nach einiger Zeit auf zu lesen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
22. Lange Texte zum scrollen sind für mich ermüdend.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
28. Ich finde Seiten mit scrollen übersichtlich.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Wenn Sie Anmerkungen (Kritik, Kommentare, Ergänzungen) haben, können Sie dafür gerne die Rückseite dieses Blattes nutzen. Sie helfen uns damit weiter! *Mein Kommentar zu diesem Fragebogen (bitte wenden):*

2. FRAGEBOGEN 5

Kurzfragebogen 5 Navigation, Orientierung, Weiterklicken

Liebe Untersuchungsteilnehmer/innen,

dieser Fragebogen dient der Erfassung Ihrer aktuellen Erfahrungen mit dem Weiterklicken, der Orientierung und der Handhabung der Navigation. Uns interessiert bei den nachfolgenden Fragen beispielsweise, ob sie das Weiterklicken beim Lernen störte. Vielleicht fanden Sie aber auch einen Link nicht, vielleicht erschien Ihnen aber die Bedienung der Navigation besonders unkomfortabel.

Wir möchten Sie bitten, jeweils anzugeben, in welchem Ausmaß Sie den Aussagen zustimmen.

Hier ein Beispiel:

1. Die Navigation fand ich farblich schön gestaltet.

	trifft zu	trifft eher zu	teils/teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>

Wenn Sie der Aussage zustimmen, dass Sie die Navigation schön gestaltet fanden, z.B. weil Sie die Farben als angenehm für die Augen empfanden, dann kreuzen Sie bitte "trifft zu" an, wenn Sie der Aussage tendenziell zustimmen, kreuzen Sie das Feld bei "trifft eher zu" an, wenn Sie die Aussage weder zustimmend noch ablehnend beurteilen, kreuzen Sie das Feld bei "teils/teils" an usw. Sollten Sie der Meinung sein, die Aussage auch mit etwas Nachdenken nicht sinnvoll beurteilen zu können, kreuzen Sie das Feld in der Spalte "für mich nicht relevant oder beurteilbar" an.

I. Die folgenden 29 Aussagen beziehen sich auf Ihre *persönlichen Erfahrungen*, die Sie bezüglich des *Weiterklickens von Bildschirmseite zu Bildschirmseite* beim Lernen mit dem Lernprogramm gemacht haben.

	trifft zu	trifft eher zu	teils/teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
1. Das Weiterklicken auf dieser Seite hat mich nicht gestört.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
3. Durch das ständige Weiterklicken war ich immer wieder abgelenkt beim Lesen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
4. Durch das Weiterklicken habe ich öfter den Überblick über die Gliederung des Textes verloren.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
5. Das Weiterklicken empfand ich anstrengend.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
6. Die Bedienung der Vor-, Rückwärts und Zahlenbuttons war schnell erlebbar.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
12. Das Weiterklicken beeinträchtigte meine Konzentration auf den Lerninhalt.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
14. Eine präzise Steuerung der Vor- Rückwärts und Zahlenbuttons war möglich.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
16. Das Weiterklicken behinderte mich nicht beim schnellen zielstrebigem Lernen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
17. Ein schnelles Handling der Vor- Rückwärts und Zahlenbuttons war nicht möglich.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
21. Wegen des ständigen weiterklickens hatte ich bald keine Lust mehr mit dem Lernprogramm zu lernen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
22. Durch das Weiterklicken wurde ich ständig beim Lesen unterbrochen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
26. Wenn ich kurz hintereinander weiterklicken musste, strengte das meine Augen stark an.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
27. Ich konnte alle Lerninhalte durch weiterklicken einfach erreichen.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>
29. Das Weiterklicken hat mich beim Lesen gestört.	+2	+1	0	-1	-2	<input type="radio"/>

II. Die folgenden 39 Aussagen beziehen sich auf Ihre *persönlichen Erfahrungen*, die Sie bezüglich der Handhabung der *Navigation* beim *Lernen mit dem Lernprogramm* gemacht haben.

	trifft zu	trifft eher zu	teils / teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
3. Ich hatte häufiger Probleme von mir gesuchte Informationen schnell mittels Navigation zu erreichen.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
4. Ich fand einige Lerninhalte waren in der Navigation zu verschachtelt angeordnet.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
6. Es ist einfach, sich zwischen den verschiedenen Menüebenen zu bewegen.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
9. Die Navigation war einfach und unkompliziert zu bedienen.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
14. Ich war manchmal während des Lernens etwas frustriert, weil mich die Navigationsgestaltung beim effizienten Lernen einschränkte.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
15. Die Navigation war unübersichtlich gestaltet.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
16. Es gab zu viele Navigationsbereiche.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
17. Die Bezeichnung der Navigationsbuttons war so klar formuliert, dass ich schnell wusste, zu welchem Lernthema sie Lerninhalte anbieten.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
18. Die Bedienung der Navigation frustrierte mich manchmal.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
19. Die Übersichtlichkeit der Navigation war für mich zufrieden stellend.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
20. Das linke Navigationsmenü funktionierte so, wie ich es erwartet hatte.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
22. Das Navigieren im Lernprogramm war leicht erlernbar.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
23. Mir hat die Navigation nicht so gut geholfen, schnell zu dem Lerninhalt zurückzukommen zu dem ich wollte.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
24. Ich hatte die Navigation nicht immer im Blick, was ich für das Lernen nicht vorteilhaft fand.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
27. Ich fand die Anordnung der Navigationsbereiche im Lernprogramm für effizientes Lernen hilfreich platziert.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
28. Alle Textlinks waren in ihrer Funktion eindeutig verständlich	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
31. Durch die komplizierte Navigation des Lernprogramms hatte ich schnell keine Lust mehr damit zu lernen.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
38. Die linke Navigationsleiste wirkte in der Handhabung auf mich auf die Dauer ermüdend.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>

III. Die folgenden 27 Aussagen beziehen sich auf Ihre *persönlichen Erfahrungen*, die Sie bezüglich der *Orientierung* beim *Lernen mit dem Lernprogramm* gemacht haben.

	trifft zu	trifft eher zu	teils / teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
1. Ich hatte immer den Überblick, wo ich auf der Seite war.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
2. Mir war zu jedem Zeitpunkt die Gliederung des Texts klar.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
3. Mich haben meine ständigen Orientierungsschwierigkeiten frustriert.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
4. Es ist aufwändig nicht die Orientierung im Lernprogramm zu verlieren.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
5. Wenn ich einen Link benutzte führte er mich dorthin, wo ich es erwartet hatte.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
6. Weil ich nicht mehr wusste, wo ich im Lernprogramm gerade war, musste ich öfter zurückklicken.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
7. Die Orientierung im Lernprogramm empfand ich als zufrieden stellend einfach.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
8. Da die Reaktion des Lernprogramms immer mit meiner Erwartung übereinstimmte, verlor ich nie die Orientierung im Lernprogramm.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
9. Mir war nicht auf jeder Bildschirmseite klar wie viele Inhalte noch auf dieser Seite folgten.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
10. Ich musste mich ständig anstrengen, dass ich die Orientierung im Lernprogramm nicht verlor.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
11. Ich habe leicht gelernt, wie ich mich im Lernprogramm orientiere.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
12. Mir fehlte teilweise die Orientierung, welche Lerninhalte noch zum Thema gehören.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
13. Ich hatte immer einen guten Überblick, wo ich im Lernprogramm gerade war.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
14. Auch ohne viel Erfahrung konnte ich mich schnell im Lernprogramm orientieren.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
15. Die Orientierung im Lernprogramm empfand ich als zufrieden stellend übersichtlich.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
16. Es wurden nie zu wenige Orientierungsmöglichkeiten angeboten.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
17. Mich hat frustriert, wie schwierig es zu erlernen war, wie ich mich im Lernprogramm orientieren kann.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
18. Ich fand im Lernprogramm immer schnell das, was ich suchte.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
19. Ich war zufrieden mit den Orientierungshilfen, die im Lernprogramm angeboten wurden.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
20. Ich musste ständig suchen wo ich war, das ermüdete mich.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
21. Da ich Orientierungsprobleme hatte, ist mein Eindruck, dass ich mit dem Lernen langsamer vorankam.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>
22. Ich hatte immer dann ein negatives Gefühl beim Lernen, wenn ich einige Zeit suchen musste, um die gewünschte Information zu finden.	(+2)	(+1)	(0)	(-1)	(-2)	<input type="radio"/>

	trifft zu	trifft eher zu	teils / teils	trifft eher nicht zu	trifft nicht zu	für mich nicht relevant o. beurteilbar
23. Wie ich mich im Lernprogramm orientiere, habe ich schnell gelernt.	<input type="radio"/> +2	<input type="radio"/> +1	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> -1	<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/>
24. Weil ich mich immer gut im Lernprogramm orientieren konnte, verspürte ich Zufriedenheit beim Lernen.	<input type="radio"/> +2	<input type="radio"/> +1	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> -1	<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/>
25. Da ich nicht immer wusste wo ich war, und was ich als nächstes tun konnte, hatte ich während des Lernens manchmal ein negatives Gefühl.	<input type="radio"/> +2	<input type="radio"/> +1	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> -1	<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/>
26. Ich wusste im Lernprogramm immer schnell wo ich gerade war.	<input type="radio"/> +2	<input type="radio"/> +1	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> -1	<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/>
27. Manchmal kam es vor, dass ich den gewünschten Lerninhalt nicht schnell genug fand.	<input type="radio"/> +2	<input type="radio"/> +1	<input type="radio"/> 0	<input type="radio"/> -1	<input type="radio"/> -2	<input type="radio"/>

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit!

Wenn Sie Anmerkungen (Kritik, Ergänzungen, Kommentare) haben, können Sie dafür gerne die das restliche Blatt nutzen. Sie helfen uns damit weiter!

Mein Kommentar zu diesem Fragebogen: