

Paechter, Manuela

Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware

Unterrichtswissenschaft 25 (1997) 3, S. 223-240



Quellenangabe/ Reference:

Paechter, Manuela: Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware - In: Unterrichtswissenschaft 25 (1997) 3, S. 223-240 - URN: urn:nbn:de:0111-opus-78823 - DOI: 10.25656/01:7882

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-opus-78823>

<https://doi.org/10.25656/01:7882>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

Gewährt wird ein nicht exklusives, nicht übertragbares, persönliches und beschränktes Recht auf Nutzung dieses Dokuments. Dieses Dokument ist ausschließlich für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch bestimmt. Die Nutzung stellt keine Übertragung des Eigentumsrechts an diesem Dokument dar und gilt vorbehaltlich der folgenden Einschränkungen: Auf sämtlichen Kopien dieses Dokuments müssen alle Urheberrechtshinweise und sonstigen Hinweise auf gesetzlichen Schutz beibehalten werden. Sie dürfen dieses Dokument nicht in irgendeiner Weise abändern, noch dürfen Sie dieses Dokument für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, aufführen, vertreiben oder anderweitig nutzen. Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document. This document is solely intended for your personal, non-commercial use. Use of this document does not include any transfer of property rights and it is conditional to the following limitations: All of the copies of this documents must retain all copyright information and other information regarding legal protection. You are not allowed to alter this document in any way, to copy it for public or commercial purposes, to exhibit the document in public, to perform, distribute or otherwise use the document in public.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.

Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Digitalisiert

Unterrichtswissenschaft

Zeitschrift für Lernforschung
25. Jahrgang / 1997 / Heft 3

Editorial 194

Thema:

Multimedia: Mehr Vielfalt, mehr lernen?

Verantwortlicher Herausgeber:
Peter Strittmatter und Bernd Weidenmann

Peter Strittmatter:
Einführung 195

Bernd Weidenmann:
„Multimedia“:
Mehrere Medien, mehrere Codes, mehrere Sinneskanäle? 197

Doris Lewalter:
Kognitive Informationsverarbeitung beim Lernen mit
computerpräsentierten statischen und dynamischen Illustrationen 207

Manuela Paechter:
Auditiv und visuelle Texte in Lernsoftware 223

Allgemeiner Teil

Hermann Astleitner:
Lehrerbildung und neue Informationstechnologien 241

Andrea Seel:
Von der Unterrichtsplanung zum konkreten Lehrerhandeln –
Eine Untersuchung zum Zusammenhang von Planung
und Durchführung von Unterricht bei Hauptschullehrerstudentinnen 257

Buchbesprechungen 274

Berichte und Mitteilungen 285

193

Manuela Paechter

Auditive und visuelle Texte in Lernsoftware

Auditory and visual text in computer-based learning

Die vorliegende Untersuchung befaßt sich dem Einsatz unterschiedlicher Informationsarten in Lernsoftware. Insbesondere geht es um die Darstellung der Lehrinhalte über schriftliche, d.h. visuelle und gehörte, d.h. auditive Textdarbietungen.

Ausgehend von gedächtnispsychologischen und mediendidaktischen Theorien wurde ein Konzept zum Einsatz visueller und auditiver Texte entwickelt und in ein computerunterstütztes Lernsystem umgesetzt. Im Vergleich mit anderen Lernsystemvarianten wurde empirisch untersucht, wie sich das Lernen und die Nutzung einer Lernsoftware durch eine unterschiedliche Informationsdarbietung und durch unterschiedliche PC-Erfahrung der Lernenden verändern können. Es zeigte sich, daß weder die Art der Informationsdarbietung noch die unterschiedliche PC-Erfahrung die Lernergebnisse (erfaßt als gelöste Aufgaben) beeinflussten. Jedoch veränderte sich bei einer unterschiedlichen medialen Gestaltung und bei unterschiedlicher PC-Erfahrung die Nutzung der Lernsoftware. Die Lernenden entwickelten Strategien, mit denen sie ungünstige Lernbedingungen ausgleichen konnten.

How does a presentation of the learning contents as visual or auditory text influence learning with computer-based training systems? Based on theories from cognitive psychology as well as on media theories three didactic concepts for the use of visual and auditory text information were developed. These concepts mainly differ with regard to the mode of presentation in which certain learning contents are conveyed.

Each of the didactic concepts was converted into a computer-based learning system. In an empirical investigation these learning systems were compared to each other with regard to their influence on learning outcomes and learning processes. None of the learning systems proved to be superior with regard to the learning outcomes (measured as tasks solved correctly). Yet different learning systems as well as differences in prerequisite knowledge with regard to the use of a computer influenced the learning processes. The learners developed strategies to deal efficiently with more unfavorable learning conditions.

1. Lernrelevante Eigenschaften auditiver und visueller Texte

Das Instruktionsmedium Computer zeichnet sich durch eine besonders hohe Flexibilität in der Nutzung verschiedener Informationsarten aus. Dabei gehören neben Stand- und Bewegungsbildern (Filme, Animationen) visuelle und auditive Texte zu den wichtigsten und am häufigsten eingesetzten Informationsarten (Kerres, 1993).

Visuelle und auditive Texte nutzen den gleichen Code, nämlich die Sprache, um Sachverhalte zu vermitteln. Dennoch unterscheiden sich die beiden Informationsarten hinsichtlich mehrerer Eigenschaften:

- der Flüchtigkeit bzw. Stabilität der Informationsdarbietung,
- der angesprochenen Sinnesmodalität und
- der Verarbeitung im Kurzzeit- und Langzeitgedächtnis.

Im folgenden soll dargestellt werden, wie diese Eigenschaften das Lernen im computerunterstützten Unterricht beeinflussen können.

Flüchtigkeit bzw. Stabilität der Informationsdarbietung

Visuelle Texte (und auch Standbilder) zeichnen sich durch eine zeitliche Stabilität der Informationsdarbietung aus. Liest man einen Text, so kann man selbst bestimmen, in welchem Tempo man ihn lesen möchte und wieviel Zeit man für die verschiedenen Abschnitte aufbringen möchte. Dagegen sind auditive Texte (ebenso wie Bewegtbilder) flüchtige Informationsangebote (Weidenmann, 1996). Hier bestimmt das Lernsystem das Tempo, in dem Informationen vorgegeben werden und verarbeitet werden sollen. Werden infolgedessen die Gedächtnisressourcen der Lernenden überlastet, so ist auch das Lernen weniger effektiv.

Sinnesmodalität

Im Vergleich zu anderen Informationsarten wie visuellen Texten, Stand- oder Bewegtbildern können auditive Texte eine besondere Rolle bei der Lenkung der Aufmerksamkeit erhalten, da sie als einzige das Gehör ansprechen.

Alle Sinnesorgane zeigen bei einer längeren Beanspruchung eine Gewöhnung und Ermüdung, so daß bei einer längeren Informationsdarbietung die Aufmerksamkeit sinkt (Holding, 1983). Eine Abwechslung von einer visuellen zu einer auditiven Darbietung kann solche Ermüdungseffekte verringern und die Aufmerksamkeit aufrechterhalten. Andererseits erfordert jedoch längeres Zuhören eine besonders hohe, andauernde und konstante Konzentration. Die Aufmerksamkeit sinkt dadurch unter Umständen früher (Berg & Imhof, 1995).

Kognitive Verarbeitung auditiver und visueller Texte

Hinsichtlich der kognitiven Verarbeitung auditiver und visueller Texte im Kurzzeitgedächtnis belegen zahlreiche Untersuchungen einen Vorteil auditiver Texte. Sprachliches Material wird im Kurzzeitgedächtnis besser behalten, wenn es gehört statt gelesen wird. Das Kurzzeitgedächtnis ist zudem weniger anfällig für externe Störungen, wenn es auditiv dargebotenes Material verarbeitet (vgl. unter anderem Baddeley, 1986; Penney, 1975).

Im Unterricht ist jedoch das Behalten von Informationen im Langzeitgedächtnis wesentlich wichtiger als das Behalten im Kurzzeitgedächtnis, da die Lernenden in der Regel langfristiges Wissen erwerben sollen.

Zum Behalten visueller und auditiver Texte im Langzeitgedächtnis ergeben sich allerdings unterschiedliche, teilweise widersprüchliche Positionen, die im folgenden erläutert werden.

Aufgrund mehrerer empirischer Untersuchungen postulieren Gardiner, Gardiner und Gregg (1983) sowie Glenberg und Swanson (1986) einen Modalitätseffekt zugunsten auditiver sprachlicher Information. Sie gehen davon aus, daß mit dem dargebotenen Lernmaterial immer auch Kontextinformationen über seine Darbietung gespeichert werden. Die Speicherung solcher Kontextinformationen führt zu distinkteren Gedächtnisspuren, die leichter erinnert werden. Zu den Kontextinformationen gehört unter anderem die zeitliche Reihenfolge, in der einzelne Informationseinheiten wie Worte dargeboten werden. Die zeitliche Reihenfolge ist bei einer auditiven Darbietung genauer bestimmbar, da die Darbietung und Abfolge auditiver Reize von der Lernumgebung vorgegeben und zeitlich genau begrenzt ist. Auditive sprachliche Information wird daher im Langzeitgedächtnis leichter erinnert als visuelle sprachliche Information.

Im Gegensatz zu dieser Position nimmt Penney (1989) eine Interaktion zwischen der Art der Informationsdarbietung, den Aufgabenanforderungen und der Behaltensleistung an. In ihren Untersuchungen konnten auditive Texte nur dann besser erinnert werden, wenn sich die kognitive Verarbeitung auf die phonologischen Eigenschaften des Lernmaterials bezog.

Die Untersuchungen von Gardiner et al. (1983), Glenberg und Swanson (1986) und Penney (1989) wurden jedoch mit sinnarmem Lernmaterial (Wort-, Zahlen- oder Silbenlisten) durchgeführt. Ihre Ergebnisse können daher nicht ohne weiteres auf komplexes Lernmaterial übertragen werden.

Tatsächlich ergab eine Literaturrecherche zu Untersuchungen zwischen den Jahren 1960 und 1995 Befunde, die den obigen Annahmen teilweise widersprechen (Pachter, 1996). Die recherchierten Studien zeichnen sich durch die Verwendung von komplexem, realitätsgetreuem Lernmaterial aus. Meist wurde eine auditive Darstellung der Lehrinhalte mit einer visuellen oder einer bimodalen (d.h. einer simultanen Darstellung der Lehrinhalte als visueller und auditiver Text) verglichen.

Die Ergebnisse der recherchierten Studien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Vergleich von auditiven und visuellen Texten erbrachte keine eindeutigen Ergebnisse zugunsten einer bestimmten Informationsart. Die Behaltensleistung hängt vielmehr von einer Interaktion zwischen der Art der Informationsdarbietung und Eigenschaften der Lernenden wie beispielsweise ihren Lesefertigkeiten ab. Dieses Ergebnis spricht gegen eine grundsätzliche Überlegenheit auditiven Materials, wie sie Gardiner et al. (1983) sowie Glenberg und Swanson (1986) postulieren.
- Wurde das Lernmaterial in der bimodalen Kombination als auditiver und visueller Text vorgegeben, so wurde es meistens besser erinnert als ein ausschließlich auditiver oder visueller Text.

Hsia (1977) erklärt dieses Ergebnis mit einer Redundanz in der Informationsdarbietung, durch die Verstehensschwierigkeiten und fehlerhafte

Codierungen vermieden werden. Es wird somit eine stabilere Gedächtnisstruktur angelegt.

Die multimodale Gedächtnistheorie unterstützt diese Annahme (Engelkamp, 1990). Sie legt nahe, daß bei der bimodalen Darbietung als visueller und auditiver Text auch die entsprechenden akustischen und visuellen Wortmarken aktiviert und gespeichert werden. Die Aktivierung mehrerer Wortmarken und die dadurch unter Umständen tiefere Verarbeitung können dazu beitragen, daß ein Wort oder ein Text dauerhafter im Langzeitgedächtnis angelegt und damit auch leichter erinnert wird.

Im folgenden sollen die drei unterschiedlichen Positionen zum Behalten auditiver und visueller Texte zusammenfassend dargestellt werden: Gardiner et al. (1983) gehen davon aus, daß im Langzeitgedächtnis auditive Texte grundsätzlich besser behalten werden als visuelle. Dieser Position widerspricht Penney (1989) mit der Annahme einer Interaktion zwischen der Behaltensleistung, der Art der Informationsdarbietung und der Aufgabenstellung. Eine Recherche über zahlreiche Untersuchungen mit komplexem Lernmaterial konnte jedoch keine der beiden Positionen bestätigen. Die Ergebnisse dieser Studien sprechen eindeutig für eine bimodale Darstellung des Lernmaterials, um das Behalten zu unterstützen.

Keine der Studien zieht jedoch Charakteristika des Lernens mit computerunterstützten Lernsystemen in Betracht. Gerade hier haben die Lernenden jedoch die Möglichkeit, ihr Lernverhalten auf die Art der Informationsdarbietung abzustimmen. Im nächsten Abschnitt soll daher ein Konzept zum Einsatz auditiver und visueller Texte in Lernsoftware vorgestellt werden.

2. Einsatz auditiver und visueller Texte in Lernsoftware

Im folgenden wird eine Lernsoftware vorgestellt, in der auditive und visuelle Texte nach einem instruktionspsychologischen Modell eingesetzt werden. Die Lernsoftware wird aus verschiedenen Sichtweisen wie beispielsweise der instruktionspsychologischen Aufbereitung des Lehrstoffs oder der Verwendung auditiver und visueller Texte beschrieben.

Instruktionspsychologische Aufbereitung des Lehrstoffs

Ausgehend von einem instruktionspsychologischen Modell, der „Component Display Theory“ (Merrill, 1983), wurde ein computerunterstütztes Lernsystem erstellt, das Grundkenntnisse in der Textverarbeitung mit einer Standardsoftware vermittelt.

Insgesamt umfaßt das Lernsystem 18 Lerneinheiten, in denen jeweils eine Prozedur wie das Drucken, das Speichern oder das Formatieren eines Textes erläutert wird. In jeder Lerneinheit wird zunächst die Ausführung einer bestimmten Aufgabe erklärt. Anschließend sollen die Lernenden die Aufgabe tatsächlich ausführen (z.B. einen Text drucken).

Entsprechend der Component Display Theory umfaßt jede einzelne Lerneinheit die folgenden Arten von Erklärungen:

1. Einen *Advance Organizer* (einen Überblick), der das Ziel der jeweiligen Prozedur sowie die wichtigsten Schritte zu ihrer Ausführung enthält. So wird z.B. bei der Lerneinheit „Drucken“ als Ziel angegeben, einen Text gedruckt auf Papier zu erhalten.
2. Eine genaue, ausführliche *Erläuterung im Detail*, die unter Umständen durch Lernhilfen wie Mnemonics etc. ergänzt wird. So werden bei der Lerneinheit „Drucken“ die verschiedenen Optionen bei der Aktivierung des Druckbefehls erläutert. Es werden Merkhilfen gegeben, um die Funktion der Menüs besser zu verstehen und zu behalten.
3. Eine *Zusammenfassung*, die das Vorgehen zur Lösung der Aufgaben kurz aber präzise erläutert.

Nachdem die Lernenden diese unterschiedlichen Erläuterungen gelesen oder gehört haben, sollen sie die dazugehörige Aufgabe ausführen.

Der Component Display Theory zufolge sind der Advance Organizer und die Zusammenfassung am bedeutsamsten. Sie werden daher als „primäre Darstellungsarten“ bezeichnet (Merrill, 1983, S. 305). Die Bearbeitung dieser beiden didaktischen Elemente ist die schnellste Möglichkeit, ein vollständiges mentales Modell über die Ausführung einer Aufgabe zu erstellen. Empirische Untersuchungen belegen, daß eine Lerneinheit besser behalten und verstanden wird, wenn sie diese Darstellungsarten enthält (Merrill, 1983; Reigeluth & Stein, 1983).

Einsatz auditiver und visueller Texte

Da auditive Texte als einzige Informationsart einen anderen Sinneskanal ansprechen, können sie als Abwechslung zu einer visuellen Darstellung der Lehrinhalte eingesetzt werden. Durch eine solche Abwechslung im Informationsangebot können Monotonie und eine einseitige, ermüdende Beanspruchung eines Sinneskanals verhindert werden (Davies, Shackleton & Parasuraman, 1983). Wie Jones (1983) zeigte, ist Ton besonders gut geeignet, um das Arousal positiv zu beeinflussen und die Aufmerksamkeit zu erhöhen. Dies spricht zunächst dafür, bei einer längeren Darstellung die Lehrinhalte in unterschiedlichen Modalitäten abwechselnd als auditiven und visuellen Text darzubieten.

Allerdings könnten sich hier auch nachteilige Wirkungen auf die Lernprozesse ergeben. Denn auditive Texte sind flüchtige Informationsangebote, bei denen die Lernenden ihr Lerntempo nicht selbst bestimmen können.

Wie kann dann die Abwechslung in der Darstellung der Lehrinhalte realisiert werden? Die Lehrinhalte könnten abwechselnd als ein visueller und als ein bimodaler Text dargeboten werden. So können die Nachteile der flüchtigen auditiven Darbietung durch eine bimodale Darstellung als visueller und auditiver Text reduziert werden. Die positiven Effekte einer auditiven Infor-

mationsdarbietung wie die Aktivierung der Lernenden bleiben damit erhalten. Die negativen Aspekte der Flüchtigkeit können dagegen verringert werden, da zusätzlich ein visueller Text verfügbar ist. Zudem belegen etliche Studien einen Vorteil einer solchen bimodalen Darstellung in Bezug auf das Erinnern und Behalten.

Nun muß noch bestimmt werden, welche Lehrinhalte in welcher Informationsart dargestellt werden sollten. In der Component Display Theory sind die primären Darstellungsarten (Advance Organizer, Zusammenfassung) wesentlich für das Verstehen der Lehrinhalte. Nach Merrill (1983) sollten sie daher durch das Layout oder durch einen auditiven Hinweis von anderen Erklärungsarten abgesetzt werden.

Die primären Darstellungsarten werden daher in der hier beschriebenen Lernsoftware bimodal als visueller und auditiver Text dargestellt. Alle anderen Erläuterungen werden als visueller Text vermittelt. Diese Ausarbeitung der Lernsoftware wird im folgenden auch als „*bimodale Variante*“ bezeichnet.

Um zu prüfen, inwiefern diese bimodale Variante der Lernsoftware das Verstehen der Lehrinhalte unterstützt, sollte sie mit zwei weiteren Lernsoftwarevarianten verglichen werden:

- Mit einer Variante, in welcher die primären Darstellungsarten ausschließlich auditiv dargestellt werden (eine „*auditive Variante*“).

Bei der auditiven Darstellung bleibt der PC-Bildschirm bis auf einen kurzen visuellen Text, der zum genauen Zuhören auffordert, leer. Die Erläuterung im Detail wird visuell dargestellt, der Advance Organizer und die Zusammenfassung auditiv.

- Mit einer Variante, in welcher die primären Darstellungsarten visuell dargeboten werden (eine „*visuelle Variante*“).

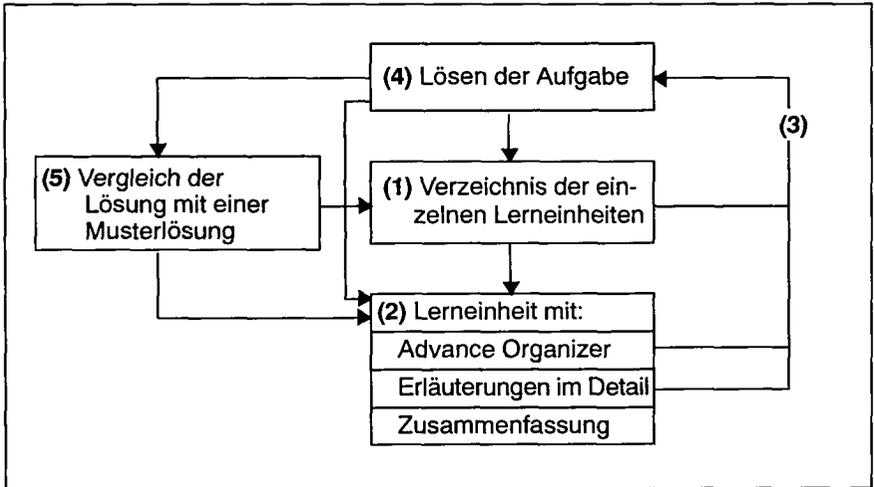
Damit werden in dieser Variante alle Erklärungen als visueller Text dargestellt. Allerdings werden die einzelnen Elemente (der Advance Organizer, die Erläuterung im Detail und die Zusammenfassung) durch einen kurzen Hinweis auditiv angekündigt. Dies hat den folgenden Grund: Bei den anderen Lernsoftwarevarianten wird durch den Wechsel der Informationsart die Aufmerksamkeit auf die entsprechenden Darstellungen gelenkt. Vergleicht man die Wirkungen der drei Lernsoftwarevarianten, so könnte man nicht unterscheiden, ob die Informationsarten oder die Aufmerksamkeitslenkung das Lernen beeinflussen. Um die Aufmerksamkeitslenkung annähernd konstant zu halten, werden daher die unterschiedlichen Darstellungsarten auditiv angekündigt. Die Lehrinhalte selbst werden ausschließlich visuell dargeboten.

Entwicklung als lernergesteuertes System

Bei der Erstellung der Lernsoftware wurde ein lernergesteuerter Ansatz gewählt, der es den Lernenden erlaubt, ihr Lernvorgehen und die Erarbeitung des Lehrstoffs weitgehend selbst zu bestimmen. So können sie an jeder belie-

bigen Stelle einer Lerneinheit die Lehrinhalte wiederholen und eine Lerneinheit beliebig oft aufrufen. Abbildung 1 veranschaulicht, wie die Lernenden bei der Bearbeitung der Lernsoftware vorgehen können.

Abb. 1: Steuerung des Lernvorgehens



Der Lernende beginnt mit der Bearbeitung des Lernsystems bei Punkt (1) und erhält ein Verzeichnis aller Lerneinheiten. Er wählt nun eine Lerneinheit aus (2). Sie beschreibt die Ausführung der dazugehörigen Aufgabe. Eine Lerneinheit enthält immer die drei Darstellungsarten „Advance Organizer“, „Erläuterung im Detail“ und „Zusammenfassung“. Jede dieser Darstellungsarten umfaßt in der Regel mehrere Bildschirmseiten oder auditive Texte. Möchte ein Lernender eine Information wiederholen, so kann er um beliebig viele Bildschirmseiten zu einer bestimmten Darstellungsart „zurückblättern“ oder, im Falle eines auditiven Textes, diesen Text erneut hören.

Im Normalfall liest bzw. hört der Lernende alle Teile der Lerneinheit und verläßt dann die Erklärungen, um die Aufgabe auszuführen (3, 4). Er könnte jedoch auch an einer beliebigen Stelle die Lerneinheit verlassen und zur Ausführung der Aufgabe wechseln. Falls er die Aufgabe nicht sofort lösen kann und Hilfe benötigt, aktiviert er erneut die Beschreibung der Aufgabenlösung. Er startet damit wieder bei (2).

Hat der Lernende die Aufgabe gelöst, so vergleicht er seine Lösung mit einer Musterlösung (5). Stimmen seine Lösung und die Musterlösung überein, so kann der Lernende aus dem Verzeichnis der einzelnen Lerneinheiten eine neue Lerneinheit mit einer neuen Aufgabe aufrufen (1). Ist die Aufgabenlösung falsch, so wiederholt er die Lerneinheit (2).

3. Empirische Untersuchung

Im folgenden wird näher erläutert, wie die beschriebene Lernsoftware und damit die unterschiedliche Verwendung bimodaler, auditiver und visueller Texte auf ihre Lernwirksamkeit überprüft wurden.

3.1 Hypothesen

In Abschnitt 2 waren unterschiedliche Varianten der entwickelten Lernsoftware beschrieben worden: eine „auditive“, eine „visuelle“ und eine „bimodale“ Variante.

Im Vergleich dieser drei Lernsoftwarevarianten soll untersucht werden, wie die Verwendung unterschiedlicher Informationsarten die Verarbeitungsprozesse der Lernenden anregt und beeinflusst. Die im folgenden aufgeführten Hypothesen erläutern, wie sich die Lernergebnisse und die Nutzung der Lernsoftware, d.h. das Lernvorgehen, verändern können.

Hypothese zu den Lernergebnissen:

Die in Abschnitt 1 aufgeführten Untersuchungen belegen einen Vorteil einer bimodalen Präsentation in bezug auf das Behalten. Die Lernenden, welche die bimodale Lernsystemvariante bearbeiten, sollten die Lehrinhalte besser behalten und die Aufgaben eher ausführen können. Daher wurde die Hypothese aufgestellt, daß die Lernenden in der bimodalen Untersuchungsbedingung bessere Lernergebnisse erzielen als die Lernenden in den beiden unimodalen Varianten. Als abhängige Variable zur Erfassung der Lernergebnisse wurde die Summe an gelösten Aufgaben gewählt.

Hypothese zum Lernvorgehen:

Eine auditive Informationsdarbietung ist flüchtig, denn das Lernsystem gibt die Darbietungsgeschwindigkeit vor. Die Lernenden müssen sich dieser Geschwindigkeit anpassen und können ihr Lerntempo nicht eigenständig bestimmen. Um die Lerninformationen ebensogut wie bei einer bimodalen oder visuellen Darbietung aufzunehmen und zu verstehen, müssen sie diese häufiger aufrufen und wiederholen.

Daher wurde die Hypothese aufgestellt, daß die Lernenden in der auditiven Bedingung die Lerneinheiten und die jeweiligen visuellen Textbildschirme oder auditiven Texte häufiger aufrufen als in den beiden anderen Bedingungen. Ferner sollten die Lernenden mehr Zeit zur Bearbeitung der auditiven Lernsystemvariante benötigen.

Diese Hypothese wurde anhand der folgenden abhängigen Variablen überprüft (vgl. auch Abbildung 1).

1. Die Anzahl der Aufrufe der Lerneinheiten: Das entwickelte Lernsystem erlaubt es, die einzelnen Lerneinheiten beliebig häufig aufzurufen. Falls sich ein Lernender beim Lösen einer Aufgabe nicht mehr an den Lösungs-

weg erinnern kann, wird er die Lerneinheit erneut aufrufen. Diese abhängige Variable erfaßt daher, wie oft alle Lerneinheiten aufgerufen wurden.

2. Die mittlere Anzahl der Wiederholungen in einer Lerneinheit: Diese Variable gibt an, wie häufig bei der Bearbeitung einer Lerneinheit ein beliebiger Textbildschirm erneut aufgerufen wird. Sie erfaßt, ob z.B. von der Zusammenfassung zur Erläuterung im Detail „zurückgeblättert“ wird und damit ein bestimmter Textbildschirm oder ein auditiver Text wiederholt wird.

Es wird der Mittelwert berechnet, um angeben zu können, wie oft im Durchschnitt in einer Lerneinheit die Lehrinhalte wiederholt werden.

3. Die Bearbeitungszeit: Diese Variable erfaßt die Zeitdauer, in der die Untersuchungsteilnehmer die Lerneinheiten der Lernsoftware bearbeiten und dort die Lehrinhalte hören oder lesen.

Hypothesen zum Einfluß der bisherigen PC-Erfahrung

Die bisherigen Computerkenntnisse der Lernenden sind eine wichtige Variable, welche die Lernergebnisse und auch das Lernvorgehen beeinflussen kann. Entsprechende Erfahrung mit der Arbeit an einem PC kann zum schnelleren und effizienteren Aufbau eines mentalen Modells über den Lehrstoff und somit zu besseren Lernergebnissen beitragen.

Es wurde daher die Hypothese aufgestellt, daß Lernende mit PC-Erfahrung bessere Lernergebnisse erzielen als Lernende ohne PC-Erfahrung, und somit mehr Aufgaben lösen. Zudem wurde angenommen, daß sich die Lernenden mit PC-Erfahrung von denen ohne PC-Erfahrung im Lernvorgehen unterscheiden und das Lernsystem und seine Informationsbildschirme seltener aufrufen. Ferner sollten die Lernenden ohne PC-Erfahrung mehr Zeit zur Bearbeitung der Lerneinheiten benötigen. (Zur Prüfung dieser Hypothesen wurden dieselben Variablen erhoben wie bei der Hypothese zum Lernvorgehen.)

3.2 Methode

Untersuchungsdesign

Um die zuvor dargestellten Hypothesen anhand eines computerunterstützten Lernsystems zu untersuchen, wurden drei Lernsoftwarevarianten erstellt (vgl. auch Abschnitt 2):

- In einer *bimodalen Variante* werden die wichtigen primären Darstellungsarten bimodal als auditiver und visueller Text dargestellt.
- In einer *auditiven Variante* werden diese didaktischen Komponenten als auditiver Text dargestellt.
- In einer *visuellen Variante* werden diese didaktischen Komponenten als visueller Text dargestellt.

Diese drei Lernsoftwarevarianten bilden drei unterschiedliche Untersuchungsbedingungen (bimodale, auditive und visuelle Bedingung). Damit ergibt sich ein einfaktorielles Untersuchungsdesign, wobei die Lernenden entweder mit der bimodalen, der auditiven oder der visuellen Variante arbeiten.

Stichprobe der Untersuchungsteilnehmer

Insgesamt nahmen 73 Studierende des Lehramts bzw. der Geistes- und Sozialwissenschaften an der Untersuchung teil, davon 57 Frauen (78,09%) und 16 Männer (21,91%). Die Teilnehmer waren im Schnitt 25,1 Jahre alt (Standardabweichung=5,14). 31 Kursteilnehmer (42,5%) hatten noch nie an einem PC gearbeitet. 42 Teilnehmer (57,5%) verfügten bereits über PC-Erfahrung. Jedoch konnte keiner der Teilnehmer mit PC-Erfahrung grundlegende Prozeduren der Textverarbeitung wie das Speichern oder das Drucken ausführen.

In der bimodalen Bedingung und in der auditiven Bedingung gab es jeweils 24 Teilnehmer. Die visuelle Bedingung hatte 25 Teilnehmer. Die Teilnehmer waren den Bedingungen so zugeteilt worden, daß die PC-Erfahrung, das Alter und das Geschlecht gleich verteilt waren.

4. Ergebnisse

Im folgenden werden die Ergebnisse der empirischen Untersuchung dargestellt.

Lernergebnisse

Hinsichtlich der Anzahl gelöster Aufgaben konnte kein Unterschied in den drei Untersuchungsbedingungen nachgewiesen werden. Insgesamt unterschieden sich die Werte dieser abhängigen Variable in den drei Bedingungen kaum voneinander. In der bimodalen Bedingung lag der Median an gelösten Aufgaben bei 17,0, in der auditiven Bedingung bei 16,5 und in der visuellen Bedingung bei 16,0. Eine Rangvarianzanalyse erbrachte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen.

Damit konnte die Hypothese eines besseren Lernergebnisses in der bimodalen Untersuchungsbedingung nicht bestätigt werden.

Ebensowenig hatte die PC-Erfahrung einen Einfluß auf die Anzahl gelöster Aufgaben. Die Prüfung mittels eines U-Tests zeigte keine Unterschiede zwischen den Werten der Teilnehmer ohne und der Teilnehmer mit PC-Erfahrung. Der Median lag bei den Teilnehmern ohne PC-Erfahrung bei 17,0 und bei den Teilnehmern mit PC-Erfahrung bei 16,0.

Somit konnte die Hypothese, daß die Lernenden mit PC-Erfahrung bessere Lernergebnisse erzielen, nicht bestätigt werden.

Lernvorgehen in den drei Untersuchungsbedingungen

Es wurde überprüft, ob sich das Lernvorgehen, also die Nutzung der Lernsoftware, in den drei Untersuchungsbedingungen unterscheidet (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Lernvorgehen in den drei Untersuchungsbedingungen

<i>Variable</i>	<i>Kenn- werte</i>	<i>Bimodale Bedingung</i>	<i>Auditive Bedingung</i>	<i>Visuelle Bedingung</i>	<i>Sign. niv.</i>
Anzahl der Aufrufe der Lerneinheiten	<i>MD</i>	22,00	25,00	25,00	* p=.010
	<i>M</i>	22,83	25,96	26,20	
	<i>SD</i>	4,60	4,62	8,33	
	<i>n</i>	24	24	25	
Mittlere Anzahl Wiederholung in einer Lerneinheit	<i>MD</i>	0,06	0,19	0,11	* p=.002
	<i>M</i>	0,09	0,25	0,13	
	<i>SD</i>	0,09	0,20	0,11	
	<i>n</i>	24	24	25	
Bearbeitungs- zeit (Minuten)	<i>MD</i>	51,06	60,47	47,16	* p=.009
	<i>M</i>	55,61	59,08	48,49	
	<i>SD</i>	15,63	10,00	15,02	
	<i>n</i>	24	24	25	

Anm.: MD = Median; M = Mittelwert; SD = Standardabweichung, n = Personen;

Sign niv. = Signifikanzniveau; p = Wahrscheinlichkeit; * = nach Adjustierung des Signifikanzniveaus signifikant

Da die Daten nicht normalverteilt waren, wurden Unterschiede zwischen den Untersuchungsbedingungen jeweils mit einer Rangvarianzanalyse überprüft und es wurde dabei das Signifikanzniveau adjustiert (vgl. Alpha-Fehler-Adjustierung über Agglutinationstests bei Bortz, Liernert & Bochnke, 1990).

In der bimodalen Bedingung wurden die einzelnen Lerneinheiten seltener aufgerufen. Die mittlere Anzahl an Wiederholungen innerhalb einer Lerneinheit war in der auditiven Bedingung wesentlich höher als in den anderen Bedingungen. Zudem benötigten die Lernenden in der auditiven Bedingung mehr Zeit zur Bearbeitung der Lerneinheiten als die Teilnehmer in den anderen beiden Bedingungen.

Die Rangvarianzanalyse prüft jedoch lediglich, ob generell ein Unterschied zwischen den Untersuchungsbedingungen vorliegt. Um zu prüfen, welche Bedingungen sich unterscheiden, wurden Paarvergleiche über U-Tests durchgeführt (auch hier wurden die Signifikanzniveaus adjustiert). Sie ergaben:

- Die Anzahl der Aufrufe war in der bimodalen Bedingung signifikant niedriger als in der auditiven Bedingung und der visuellen Bedingung.
- Die Anzahl der Wiederholungen war in der auditiven Bedingung signifikant höher als in der bimodalen und der visuellen Bedingung.
- In der auditiven Bedingung wurde signifikant mehr Zeit zur Bearbeitung der Lerneinheiten benötigt als in der visuellen Bedingung.

Die Hypothese, daß in der auditiven Bedingung die Lerneinheiten häufiger aufgerufen werden, konnte damit nicht bestätigt werden.

Mit den letzten beiden Ergebnissen konnten jedoch die Hypothesen bestätigt werden, daß in der auditiven Bedingung mehr Textbildschirme oder auditive Texte innerhalb einer Lerneinheit wiederholt werden und die Bearbeitungszeit höher ist.

Lernvorgehen bei unterschiedlicher PC-Erfahrung

Es wurde weiterhin untersucht, ob sich die Teilnehmer ohne bisherige PC-Erfahrung im Lernvorgehen von den Teilnehmern mit PC-Erfahrung unterscheiden.

Tab.2: Lernvorgehen bei Teilnehmern ohne und mit PC-Erfahrung

Variable	Kennwerte	Ohne PC-Erfahrung	Mit PC-Erfahrung	Sign. niv.
Anzahl der Aufrufe der Lerneinheiten	MD	26,00	23,00	* p=.005
	M	27,19	23,43	
	SD	6,64	5,94	
	n	31	42	
Mittlere Anzahl Wiederholung in einer Lerneinheit	MD	0,16	0,13	n.s. p ≥ .05
	M	0,16	0,15	
	SD	0,12	0,16	
	n	31	42	
Bearbeitungszeit (Minuten)	MD	59,12	50,84	* p=.020
	M	58,61	51,13	
	SD	13,64	14,13	
	n	31	42	

Anm.: n.s. = nicht signifikant

Die einzelnen Variablen wurden jeweils über einen U-Test auf Unterschiede zwischen den Teilnehmern ohne bzw. mit PC-Erfahrung geprüft. Dabei wurden die Signifikanzniveaus adjustiert.

Die Ausgangshypothesen konnten teilweise bestätigt werden. Entsprechend der Ausgangshypothesen war die Anzahl der Aufrufe bei den Teilnehmern ohne PC-Erfahrung signifikant höher als bei den Teilnehmern mit PC-Erfahrung. Teilnehmer ohne PC-Erfahrung benötigten mehr Zeit zur Bearbeitung aller Lerneinheiten. Dagegen fanden sich keine Unterschiede bei der mittleren Anzahl der Wiederholungen in einer Lerneinheit, so daß hier die Ausgangshypothese verworfen werden muß.

5. Diskussion

Welchen Einfluß hat diesen Ergebnissen zufolge die Verwendung unterschiedlicher Informationsarten für das Lernen im computerunterstützten Unterricht? Wie hoch ist der Stellenwert der Verwendung unterschiedlicher Informationsarten im Vergleich zu Variablen wie der bisherigen PC-Erfahrung?

Im folgenden soll auf diese Fragen näher eingegangen werden.

Beeinflussung der Lernergebnisse

Bezüglich der Lernergebnisse war die Hypothese aufgestellt worden, daß die Lernenden in der bimodalen Variante des Lernsystems bessere Lernergebnisse erzielen und mehr Aufgaben lösen (vgl. Abschnitt 3.1). Die empirischen Ergebnisse konnten diese Hypothese nicht bestätigen. Die Verwendung auditiver, visueller oder bimodaler Texte hatte keinen Einfluß auf die Lernergebnisse.

Ebensowenig konnte die Hypothese bestätigt werden, daß die PC-Erfahrung der Teilnehmer die Lernergebnisse beeinflusste.

Eine genaue Betrachtung der Daten zeigt jedoch, daß die Lernenden eine eher ungünstige Gestaltung der Lernsoftware sowie fehlende PC-Erfahrung ausgleichen konnten. Sie entwickelten bestimmte Lernstrategien und paßten ihr Lernvorgehen sozusagen ihrem jeweiligen Kenntnisstand und den Vorgaben des Lernsystems an. Das Lernvorgehen wirkte damit als eine moderierende Variable, wie im folgenden näher erläutert wird.

Einfluß der Lernsoftwaregestaltung auf das Lernvorgehen

Bei einer unterschiedlichen Gestaltung des Lernsystems in bezug auf die Verwendung auditiver und visueller Texte entwickelten die Lernenden auch unterschiedliche Bearbeitungsstrategien.

In der Nutzung der Lernsoftware lassen sich bei der auditiven Untersuchungsbedingung deutliche Unterschiede gegenüber der beiden anderen Darbietungsformen erkennen. Hier wurden die einzelnen Lerneinheiten häufiger aufgerufen. Innerhalb einer einzelnen Lerneinheit wurden weitaus mehr Informationen wiederholt. Zudem benötigten die Untersuchungsteilnehmer in der auditiven Bedingung mehr Zeit zum Bearbeiten der Lerneinheiten.

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, daß in dieser Bedingung das Lernen durch die Flüchtigkeit der auditiven Informationsdarbietung erschwert war. Bei einer flüchtigen Informationsdarbietung haben die Lernenden keinen Einfluß auf deren zeitlichen Ablauf. Sie müssen ihre Informationsverarbeitung dem Darbietungstempo anpassen, denn die Information ist nur kurzzeitig verfügbar und muß in der vom Sprecher vorgegebenen Zeit auch verarbeitet werden (Berg & Imhof, 1995). Eine solche Informationsdarbietung ist schwerer zu verstehen. Entsprechend kann es bei einer auditiven Darbietung der Lehrinhalte schneller zu Verstehenslücken und einer bruchstückhaften Verarbeitung der Informationen kommen, d.h. zu einer „kognitiven Überlastung“ (Sweller, Chandler, Tierney & Cooper, 1990, S. 176).

Eine kognitive Überlastung bei der Aufnahme und Verarbeitung von Informationen tritt vor allem bei einem Überangebot an externen Informationen auf, wenn die Aufmerksamkeitsressourcen eines Lernenden nicht ausreichen, um alle Informationen aufzunehmen und zu verarbeiten. Letztendlich

entsteht eine kognitive Überlastung durch die begrenzte Aufnahmekapazität des Kurzzeitgedächtnisses, als deren Folge nicht mehr alle Informationen verarbeitet werden können.

Durch die auditive Darbietung trat eher eine kognitive Überlastung ein, da die Lerninformationen in der vom System vorgegebenen, möglicherweise zu hohen Geschwindigkeit verarbeitet werden mußten. Um eine solche Überlastung auszugleichen, veränderten die Teilnehmer ihre Lernstrategien. Die Anpassung der Lernstrategien an die Darbietung der Lehrinhalte war so erfolgreich, daß die Teilnehmer in der auditiven Bedingung ebenso effizient lernten wie die Teilnehmer in den anderen Bedingungen. In der auditiven Bedingung wurden ebenso viele Aufgaben gelöst wie in der bimodalen und der visuellen Untersuchungsbedingung.

Solange beim Erlernen der Prozeduren das Lernsystem als externe Hilfe zur Verfügung stand und die Lernenden die Beschreibung der Aufgabenlösung immer wieder abrufen konnten, konnten sie daher die schwierigeren Lernbedingungen ausgleichen. Sie entwickelten in ihrem Lernvorgehen entsprechende Strategien zur Nutzung der Lernsoftware.

Einfluß der PC-Erfahrung auf das Lernvorgehen

Generell muß diese Variable als eine besonders wichtige Determinante der Lernleistungen betrachtet werden (Engelkamp & Zimmer, 1990). Sie erfaßt das Wissen der Teilnehmer in dem zu erlernenden Sachgebiet. Verfügen die Lernenden bereits über Wissensstrukturen in einem Gebiet, so können sie neues Wissen daran verankern und in bereits bestehende Wissensstrukturen einordnen. Im Vergleich zu den Teilnehmern mit PC-Erfahrung sollten daher die Teilnehmer ohne PC-Erfahrung schlechtere Lernleistungen zeigen. Diese Hypothese konnte jedoch nicht bestätigt werden, da die Teilnehmer ohne PC-Erfahrung Lernstrategien entwickelten, mit denen sie Verstehensdefizite ausgleichen konnten.

Im folgenden soll einmal das typische Vorgehen eines Lernenden ohne PC-Erfahrung beschrieben werden: Zu Beginn liest bzw. hört der Lernende die Lerneinheit. Er verläßt die Lerneinheit und führt die ersten Schritte zur Lösung der Aufgabe aus. Dann unterbricht er jedoch diese Aufgabe und ruft die jeweilige Lerneinheit erneut auf, um sich die Lösungsschritte anzusehen. Anschließend geht er wieder zur Bearbeitung der Aufgabe usw.

Ein solches Vorgehen legt die Annahme nahe, daß die Lernenden wesentliche Lösungsschritte nicht erinnern können und wieder im Lernsystem „nachschlagen“ müssen. Dies weist auf Schwierigkeiten hin, die gesamte Aufgabenlösung sinnvoll im Gedächtnis zu codieren und zu behalten. Daher läßt sich folgern, daß den Teilnehmern ohne PC-Erfahrung bestimmte kognitive Strategien in dem zu erlernenden Sachgebiet noch nicht in effizienter Weise zur Verfügung standen. Dazu gehört z.B. das Chunking der zu erlernenden Sachinformationen im Kurzzeitgedächtnis (also das Zusammenfassen einzelner Informationseinheiten zu größeren Einheiten). Personen mit einem höhe-

ren Kenntnisstand verfügen über bessere Chunking-Strategien in ihrem jeweiligen Fachgebiet. Sie können mehr Informationen zusammenfassen und diese leichter behalten und erinnern (Chi, Feltovich & Glaser, 1981). Wenn solche Gedächtnisstrategien bei Personen ohne PC-Erfahrung nicht in ausreichendem Maße zur Verfügung stehen, kommt es eher zu einer kognitiven Überlastung, zu Verstehenslücken und einer bruchstückhaften Verarbeitung der Informationen.

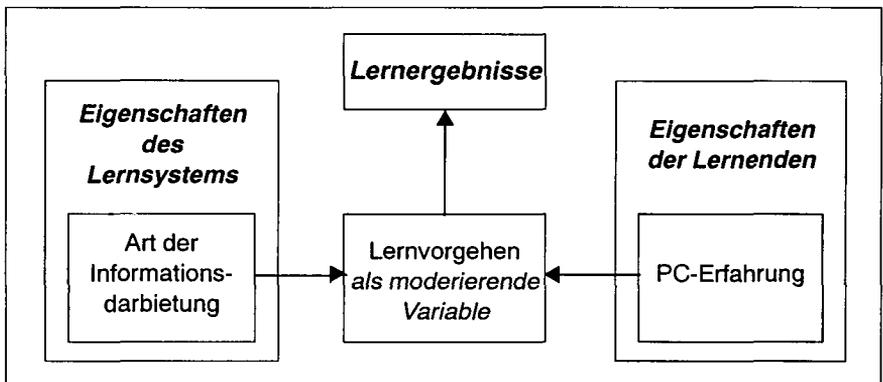
Die häufigeren Aufrufe des Lernsystems lassen sich darauf zurückführen, daß die Teilnehmer ohne PC-Erfahrung in geringerem Maße auf domänen-spezifische Gedächtnisstrategien in dem Sachgebiet der Textverarbeitung zurückgreifen konnten. Die Lehrinhalte wurden weniger effizient kodiert und schlechter erinnert.

Diese Annahme konnte durch weitergehende Analysen belegt werden: Es wurden die Fehler erfaßt, welche die Lernenden bei der Ausführung der Aufgaben machten (vgl. Fehleranalysen nach Frese & Zapf, 1991). Bei Lernenden ohne PC-Erfahrung traten wesentlich mehr Fehler auf als bei Lernenden mit PC-Erfahrung. Die höhere Anzahl und die Art der Fehler weisen darauf hin, daß die Lernenden ein weniger effizientes, häufig fehlerhaftes mentales Modell über die zu erlernenden Sachverhalte entwickelten. Allerdings konnten die Lernenden ohne PC-Erfahrung zu den gleichen Lernergebnissen gelangen wie die Lernenden mit PC-Erfahrung, indem sie die Beschreibung der Aufgabenlösung häufiger aufriefen.

6. Schlußfolgerungen

Die Gestaltung des Lernsystems durch eine unterschiedliche Informationsdarbietung hatte keinen Einfluß auf die Lernergebnisse, da die Teilnehmer in jeder der drei Untersuchungsbedingungen in etwa gleiche Ergebnisse erzielten. Ebenso wenig zeigte sich ein Einfluß der bisherigen PC-Erfahrung auf die Lernergebnisse.

Abb. 2: Beeinflussung der Lernergebnisse



Allerdings ergab sich, daß die Teilnehmer unterschiedliche Strategien zur Nutzung der Lernsoftware entwickelten. Zwei Variablenbeeinflußten die Nutzung der Lernsoftware, d.h. das Lernvorgehen:

1. Eigenschaften des Lernsystems: die Gestaltung der Lernsoftware, d.h. die Verwendung bimodaler, auditiver und visueller Texte.
2. Eigenschaften der Lernenden: die bisherige PC-Erfahrung der Teilnehmer.

Zum einen unterschied sich das Lernvorgehen in den drei Untersuchungsbedingungen; darüber hinaus entwickelten die Teilnehmer ohne PC-Erfahrung andere Nutzungsstrategien als die Teilnehmer mit PC-Erfahrung. So konnten die Teilnehmer in etwa gleiche Lernergebnisse erzielen.

Das Lernvorgehen kann somit als eine besonders wichtige Variable betrachtet werden (vgl. auch Abbildung 2). Denn die Teilnehmer entwickelten während des Lernens unterschiedliche Strategien, so daß sie ungünstigere Lernbedingungen aufgrund einer bestimmten Lernsystemgestaltung oder mangelnder PC-Erfahrung ausgleichen konnten. Die Untersuchungsergebnisse zeigen damit auch, daß Lernen mit Lernsoftware ein aktiver Prozeß ist, in welchem dem zielorientierten und situationsadäquaten Einsatz von Verarbeitungsstrategien, die den jeweiligen medienbedingten Spezifika angepaßt sind, eine zentrale Rolle zukommt. Die Lernenden können ihre Lernprozesse eigenständig gestalten und den Bedingungen der Lernsituation anpassen.

Diese Untersuchungsergebnisse sprechen für einen lernergesteuerten Ansatz bei der Erstellung von Lernsoftware. Ein lernergesteuerter Ansatz kann Lernprozesse unterstützen, indem er den Nutzern eine Abstimmung und Auswahl ihrer Lernstrategien auf Lernermerkmale wie das Vorwissen und auf Lernsystemeigenschaften wie die mediale Gestaltung ermöglicht. Beispielsweise war es in dem in dieser Untersuchung verwendeten Lernsystem möglich, auf die bimodalen, visuellen oder auditiven Textteile innerhalb einer Lerneinheit und auf die Lerneinheiten selbst beliebig häufig zuzugreifen. So konnten die Lernenden Strategien entwickeln, um ungünstigere Lernbedingungen auszugleichen.

Allerdings sollte man bei der Gestaltung von Lernsoftware bedenken, daß ein Lernsystem trotz weitreichender Steuerungsmöglichkeiten der Lernenden übersichtlich sein sollte (Tergan, 1995). Beispielsweise sollten bestimmte Lernpfade vorgegeben werden, um vor allem Lernende mit einem geringeren Vorwissensstand nicht zu überlasten. Müssen die Lernenden zusätzlich zu den Lehrinhalten den Lernweg im Gedächtnis behalten, so erfordert dies wiederum zusätzliche Gedächtniskapazität. Auch hieraus können eine kognitive Überlastung und eine Desorientierung über die Lernwege und die Lehrinhalte resultieren.

Literatur

- Baddelcy, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon.
- Berg, D. & Imhof, M. (1995). *Zuhören lernen - lernen durch Zuhören. Arbeiten aus der Schulpsychologie*. Unveröffentlichter Bericht der Fakultät Pädagogik, Philosophie und Psychologie. Bamberg: Universität Bamberg.
- Bortz, J., Lienert, G. A. & Bochnke, K. (1990). *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Chi, M.T., Feltovich, P.J. & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121-152.
- Davies, D.R., Shackleton, V.J. & Parasuraman, R. (1983). Monotony and boredom. In G.R.J. Hockey & P. Hamilton (Eds.), *Stress and fatigue in human performance* (pp. 1-32). Chichester: Wiley.
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1990). Unterschiede in der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalität und Aufgabenstellung. In K. Böhme-Dürr, J. Emig & N. Seel (Hrsg.), *Wissensveränderung durch Medien* (S. 84-97). München: Saur.
- Frese, M. & Zapf, D. (1991). Fehlersystematik und Fehlerentstehung: Eine theoretische Einführung. In M. Frese & D. Zapf (Hrsg.), *Fehler bei der Arbeit mit dem Computer* (S. 14-31). Bern: Hans Huber.
- Gardiner, J.M., Gardiner, M.M. & Gregg, V.H. (1983). The auditory recency advantage in longer term free recall is not enhanced by recalling precency items first. *Memory and Cognition*, 11, 616-620.
- Glenberg, A.M. & Swanson, N. (1986). A temporal distinctiveness theory of recency and modality effects. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 12, 3-15.
- Holding, D.H. (1983). Fatigue. In G.R.J. Hockey & P. Hamilton (Eds.), *Stress and fatigue in human performance* (pp. 149-167). Chichester: Wiley.
- Hsia, H.J. (1977). Redundancy: Is it the lost key to better communication? *Audiovisual Communication Review*, 25, 63-85.
- Jones, D.M. (1983). Noise. In G.R.J. Hockey & P. Hamilton (Eds.), *Stress and fatigue in human performance* (pp. 60-86). Chichester: Wiley.
- Kerres, M. (1993). Software-Engineering für multimediale Teachware. In C. Scidel (Hrsg.), *Computer Based Training* (S. 87-102). Göttingen: Hogrefe.
- Merrill, M.D. (1983). Component Display Theory. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models. An overview of their current status* (pp. 284-334). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- Paechter, M. (1996). *Visuelle und auditive Texte in Lernsoftware. Herleitung und empirische Prüfung eines didaktischen Konzepts zum Einsatz audiotexte und visueller Texte in Lernsoftware*. Münster: Waxmann.
- Penney, C.G. (1975). Modality effects in short-term verbal memory. *Psychological Bulletin*, 82, 68-84.

- Penney, C.G. (1989). Modality effects in delayed free recall and recognition: Visual is better than auditory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 41A, 455-470.
- Reigeluth, C.M. & Stein, F.S. (1983). The Elaboration Theory of instruction. In C.M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-design theories and models. An overview of their current status* (pp. 335-381). Hillsdale: Lawrence Erlbaum.
- 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.
- Tergan, S.-O. (1995). Hypertext und Hypermedia. In L.J. Issing & P. Klimsa (Hrsg.), *Information und Lernen mit Multimedia - ein Lehrbuch zur Multimedia-Didaktik* (S. 123-137). Heidelberg: Springer.
- Weidenmann, B. (1996). Instruktionsmedien. In F.E. Weinert (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Psychologie des Lernens und der Instruktion* (Bd. 2, S. 319-368). Göttingen: Hogrefe.

Anschrift der Autorin:

Dr. Manuela Pacchter

Institut für Psychologie und Erziehungswissenschaft

Fakultät Sozialwissenschaften Universität der Bundeswehr München

Werner-Heisenberg-Weg 39, 85579 Neubiberg