



Juli 2001  
Arbeitspapier

korrigierte und leicht modifizierte Version

Dr. Jürgen Petri  
Universität Bremen



# Lernen in Multimedia-Umgebungen

## pädagogisch-psychologische Grundlagen, empirische Ergebnisse, aktuelle Entwicklungen

### 0 Vorbemerkungen

Die empirische Forschung zum Lernen in modernen Multimedia-Lernumgebungen (MM-Lernumgebungen), die verschiedene Komponenten wie z.B.

- Scriptbausteine mit eingebundenen Bildern, Animationen und Videos,
- tutoriell gestützte Übungseinheiten,
- Simulationsprogramme (virtuelle Welten und Labore),
- Modellbildungssysteme (graphik- oder gleichungs- oder tabellenorientiert),
- und die durch das Internet gegebenen Möglichkeiten des kooperativen Lernens

verknüpft, hinkt der technischen Entwicklung bzw. dem dadurch beförderten Angebot an Lernprogrammen stark hinterher. Ein Großteil der verfügbaren Literatur bezieht sich auf die Zeit vor der Einführung von Windows 95 und der etwa gleichzeitig einsetzenden Popularisierung und "Explosion des www". Forschungsergebnisse zu neueren, insbesondere Online-Lernumgebungen sind noch recht dünn gesät.

Die folgende Darstellung fasst den Stand der Forschung zur Gestaltung von MM-Lernumgebungen aus psychologischer, pädagogischer und fachdidaktischer Sicht zusammen (Stand Mitte 2001). Sie referiert teilweise allgemeine medienpsychologische Erkenntnisse, es wird aber soweit wie möglich auf das Lernen am Bildschirm und Befunde zu den Naturwissenschaften fokussiert.

Das Manuskript fungiert als Arbeitsgrundlage für das vom BMBF geförderte Entwicklungsvorhaben "*physik multimedial*" (Förderkennzeichen 08NM102A).

Kommentare und Ergänzungsvorschläge sind sehr willkommen.

Zur Darstellung:

- Die wichtigsten Aussagen werden jedem Kapitel stichpunktartig vorangestellt.
- Das Papier ist anhand von fünf Fragestellungen - teilweise mit Unterkapiteln - gegliedert:
  1. Lernt es sich mit dem Computer grundsätzlich besser?
  2. Welche Erkenntnisse liefern Medienpsychologie und -didaktik?
  3. Welche Rahmentheorien bietet die Lernpsychologie?
  4. Was bringt die didaktisch-situierte Perspektive?
  5. Wohin geht die Entwicklung von Multimedia-Modulen?
- Die Literaturliste nennt lediglich die in diese Darstellung eingeflossenen Aufsätze und Bände.
- Ein kleines medienpsychologisch - fachdidaktisches Glossar ist am Ende angefügt.

## 1 Lernt es sich mit dem Computer grundsätzlich besser?

- Computerlernprogramme garantieren nicht grundsätzlich höheren Lernerfolg. Entscheidend ist die didaktische Qualität der Lernprogramme.
- Der Computer erlaubt im Rahmen des interaktiven Potenzials und des implizierten Feedbacks sanktions- und angstfreies Fehlermachen.
- Wie, Was und Wann des Feedbacks müssen wohlüberlegt entschieden werden.
- Auch beim Feedback gibt es keine Patentrezepte, die unabhängig von individuellen Lernvoraussetzungen der NutzerInnen funktionieren.

Auswertungen zahlreicher Vergleichsuntersuchungen zum Lernen mit und ohne Computer kamen zu dem Ergebnis, dass SchülerInnen mit dem Computer i.d.R. mehr und schneller als ohne Rechner lernten. SchülerInnen fänden Unterricht mit Computer besser und gewännen eine positivere Einstellung zum Rechner, wenn er ihnen beim Lernen helfe. Der Computer verbessere aber nur zum Teil die Einstellung zum Unterrichtsstoff (Urhahne et. al. 2000, 161).

Dieses recht positive Bild wird mittlerweile stark kritisiert. Häufig liegt eine ernsthafte Konfundierung der Ergebnisse vor. So sinkt beispielsweise der Überlegenheitseffekt des Computerlernens stark ab, wenn sich Studien über längere Zeit erstrecken, der Neuigkeitseffekt also verfliegen ist (Urhahne et al. 2000, 161) oder ein eventueller Hawthorne-Effekt nicht mehr vorliegt. Hierunter versteht man eine positive Wirkung, die in diesem Falle nicht aus der Veränderung der Lernumgebung, sondern aus dem durch das Interesse der wissenschaftlichen Begleitung verursachten psychologischen Stimulus resultiert. Gleiches gilt, wenn der Unterricht mit und ohne Computer von derselben Lehrkraft durchgeführt wird.

Der Ansatz von Medienvergleichsuntersuchungen gilt heute weitgehend als gescheitert (Schulmeister 1997, 387 ff). Entscheidend ist nicht, ob mit oder ohne Computer gearbeitet wird sondern welche Unterrichtsmethode realisiert wird und wie das Medium dabei dem Lerngegenstand und den Voraussetzungen und Bedürfnissen der Lernenden Rechnung trägt.

Auch bei den affektiven Aspekten bietet sich ein uneinheitliches Bild. Dies lässt sich exemplarisch am Thema "Feedback" illustrieren: Vorteile von MM-Lernumgebungen gegenüber traditionellen Lernumgebungen resultieren aus dem hohen Potenzial an proaktiver (über das Reagieren auf Bildschirmaufforderungen hinausgehender) Interaktion zwischen Mensch und Programm und dem dabei implizit oder explizit auftretenden Feedback. Der Computer erlaubt sanktions- und angstfreies Fehlermachen (vgl. Schulmeister 1997, 49). Im Unterschied zum Feedback durch Lehrkräfte, Vorgesetzte oder potenzielle PrüferInnen kann man beim PC keinen schlechten Eindruck hinterlassen und ohne Schaden an Mensch und Material anzurichten in virtuellen Laboren experimentieren und virtuelle Welten modellieren. Andererseits kann ein zu frühes und zu direktes Feedback auch als kontrollierend und einengend empfunden werden und letztlich demotivierend wirken. Feedback muss bewusst geplant und dosiert eingesetzt werden. Anfänglich sollte Feedback nicht eventuelle Fehler aufzeigen, sondern Zusatzinformationen geben. Erst bei fortgeschrittenen Lernenden sollte Feedback zur Selbstkorrektur anregen. Erklärendes und begründendes Feedback erweist sich dabei als sinnvoller als reines Richtig-Falsch-Feedback. Beim Experimentieren in virtuellen Laboren oder Mikrowelten ist ein natürliches Feedback gegeben, das nicht als Kontrolle durch das Programm empfunden wird (vgl. Schulmeister 1997, 109 ff).

Wie in vielen noch darzustellenden Punkten gibt es auch beim Feedback keine von den Einstellungen der NutzerInnen unabhängigen, allgemeingültigen Rezepte. Ungeduldige Lernende kümmern sich oft gar nicht um das Feedback, während ehrgeizige Lernende das Feedback und die Möglichkeiten zum sanktionsfreien Üben konsequent nutzen (van der Linden 1994, nach Schulmeister 1997, 111).

## **2 Welche Erkenntnisse liefern Medienpsychologie und -didaktik?**

### **2.1 Bildschirmgestaltung und Navigation**

- Farbgestaltung, Metaphern und Bildschirmaufteilung haben wichtige Funktionen für Motivation, Navigation, und Strukturierung.
- Die optimale Navigationsstruktur lässt sich nicht unabhängig von Inhalt, Umfang und Ziel des Moduls sowie den Voraussetzungen der NutzerInnen zu definieren.
- Eine jederzeit abrufbare Übersicht über die Navigationsstruktur schützt insbesondere Lernende mit geringem Vorwissen vor schneller Überforderung durch Abruf von Spezialwissen.

### **2.2 Zum Verhältnis von Bild (Animation) und Text (Ton)**

- Bildlich konkrete und veranschaulichte "Materie" wird i.a. besser behalten als abstrakte.
- Allerdings kann es sowohl vom Individuum, vom Lerninhalt, als auch vom Lernkontext abhängen, ob Darstellungen in sprachlicher oder bildlicher Form bevorzugt werden.
- Der Einsatz bildlicher Darstellungen darf sich nicht an reiner Verfügbarkeit und technischer Machbarkeit orientieren, sondern muss der zu leistenden Funktion (z.B. Motivation, Situierung, Visualisierung, kognitive Organisation) angemessen sein.
- Kontiguitätseffekt: Werden Bild und Text (Ton) gleichzeitig präsentiert, erhöht sich die Lernleistung, vorausgesetzt, Bild und Text sind gut aufeinander abgestimmt.
- Je nachdem, ob das Verhältnis von Text und Bild eher kongruent-redundant oder hoch komplementär ist, wird das Einprägen ins Langzeitgedächtnis oder die interne Verarbeitung gefördert.
- Bei zu hoher Informationsdichte von Text und Bild, Text-Bild-Scheren und stark divergierenden Abstraktionsebenen kommt es zu selektiver Verarbeitung und kognitiver Überlastung (cognitive overhead, cognitive overload).
- Der Kontiguitätseffekt ist bei Anfängern wesentlich stärker als bei Fortgeschrittenen und setzt räumliches Vorstellungsvermögen voraus.
- Supplantationstheorie: Animationen und andere Visualisierungen entlasten das Arbeitsgedächtnis und erleichtern das Begreifen schwieriger Zusammenhänge (abhängig von individuellen und situativen Faktoren wie dem räumlichen Vorstellungsvermögen und der Art und Schwierigkeit der Problemstellungen).
- Interaktive Simulationen, Hypertext und andere MM-Elemente fördern Interesse und Motivation und unterstützen problemorientiertes und selbstgesteuertes Lernen.
- Bei (umfangreichen) Videofilmen sind zur Vermeidung einer passiven Konsumentenhaltung (Film als Unterhaltungsprogramm) die Lernertätigkeit aktivierende Interaktionsangebote und -aufforderungen zu installieren.

### **2.3 Strukturierung von Inhalten**

- Lernangebote sollten mittels kognitionspsychologisch fundierter Methoden strukturiert und präsentiert werden. Z.B.:
  - Preview -Present-Review-Format
  - Advance und Post Organizer
  - vom Leichten zum Schwierigen
  - entsprechend der Chronologie und Sachlogik
  - chunking und concept mapping
  - Graphische Veranschaulichung und Anregung von Vorstellungsbildern
  - Vergleiche, Metaphern, Analogien und Gedächtnisstützen einbauen
  - angemessenen und anregenden Sprachstil verwenden.

## 2.4 Selbststeuerung, Führung, Unterstützung

- Selbststeuerung des Lernprozesses - vom Setzen der Lernziele, über die Wahl der Lernstrategien- und Methoden, der Sequenzierung und des Tempos bis zur Einbindung in den Lebensrhythmus - stellt hohe Anforderungen an die Lernenden bzw. an die Umgebung hinsichtlich geeigneter Stützungsmaßnahmen.
- In umfangreichen Modulen besteht die Gefahr der Überforderung der NutzerInnen mit der Selbststeuerung des Lernprozesses und des "Lost-in-Hyperspace" bei unübersichtlicher Navigation.
- Die Betreuung muss hinsichtlich der Selbststeuerung insbesondere auf die Vermittlung von Lern- und Selbstmanagementstrategien angelegt sein.
- Die richtige Mischung von Programm- und Lernerkontrolle ist nur unter Einbeziehung von Zielgruppe, Inhaltsbereich und Einsatzbereich einer Anwendung zu finden.
- Einzelne Seiten sollten nicht unstrukturiert und "wild" verlinkt werden. Bei der Hyperstrukturierung der Lerninhalte ist ein angemessen tiefer und breiter und in sich ausgewogener Hierarchiebaum zu realisieren.
- Eine eingebaute inhaltliche Hilfe stützt insbesondere Lernende mit mittlerem Vorwissen. Fortgeschrittene brauchen sie nicht oder sie wirkt kontraproduktiv, AnfängerInnen werden zusätzlich abgelenkt und überfordert. Indirekte Hilfe (in Beispiele verpackt) motiviert mehr als direkte Hilfe.
- Bei der Gestaltung von MM-Umgebungen und der Kommunikation mit den NutzerInnen sollte Wert auf emotionale Stimmigkeit gelegt werden. Sprache, Menüführung, Hilfestellung und Feedback sollten positive Emotion, Respekt und Wertschätzung ausdrücken sowie die Aufmerksamkeit und die soziale Bindung stärkende Elemente enthalten.

## 2.1 Bildschirmgestaltung und Navigation

Es gibt keine Nicht-Gestaltung von Medien. Jede bewusst oder unbewusst getroffene Entscheidung zur Gestaltung von MM-Lernumgebungen hat Auswirkungen auf die Wahrnehmung und Verarbeitung des Angebots. Die Einflussgrößen, Zusammenhänge und Effekte sind vielschichtig und können hier nur knapp skizziert werden.

Mit farblicher Hervorhebung lässt sich Aufmerksamkeit steuern, Farbe motiviert oder schreckt ab. Helle, hoch gesättigte Farben wirken auffallender als dunkle, ungesättigte Farben. Durch Farbgebung lassen sich z.B. wichtige Definitionen von Erläuterungen und Überleitungen abgrenzen. Farben sollten konsequent zugeordnet werden, um verschiedene Typen von Seiten (Information, Übung, Exkurs, Ableitung, Experiment, erläuterndes Beispiel) zu kennzeichnen. Bereits besuchte Seiten, vergangene Wege oder abgearbeitete Aufgaben können durch Farbschattierungen kenntlich gemacht werden (History-Funktion). Farbeffekte sind also ein wichtiges Element von Navigation und Orientierung (vgl. Bruns & Gajewski 1999, 59 ff).

Metaphern haben ebenfalls orientierende Funktion, indem sie die Lernumgebung entsprechend bekannter Muster strukturieren. Die gebräuchlichste Metapher ist die Buchmetapher mit Inhaltsverzeichnis, Index, einzelnen Kapiteln etc., z.T. mit einem beigefügten Arbeits- und Notizblock. Für weniger lineare Module kommt z.B. ein Gebäude mit Eingangstür, Auskunft, Büros, Hörsaal, Seminar, Übungsraum, Briefkasten, Bibliothek, persönliches Schließfach etc. in Betracht.

Die Lernenden sollten jederzeit (per Klick) orientiert sein, wo sie sich befinden (z.B. "Fischaugen-Anzeige" der Umgebung), wohin sie gehen können, wie sie wieder zurückkommen und was wichtig ist.

Bei der klassischen Bildschirmgestaltung wird ein funktionaler Teil (Orientierung, Navigation etc.) vom inhaltlichen Teil getrennt. Der Inhaltsbereich, dem das Hauptaugenmerk gilt, sollte heller hinterlegt sein als die Funktionsleiste. Der Hintergrund sollte tendenziell einfarbig sein. Linien zwischen Text und Graphik wirken eher blockierend, Leerräume sind günstig. Unterstreichungen sind für Links reserviert (vgl. Bruns & Gajewski 1999, 69 ff).

Einerseits sollten Seiten nicht mit Details überfrachtet werden, andererseits ist das Scrollen unbeliebt. Die Notwendigkeit zum Scrollen sollte auf ein aus Gründen der Darstellung unvermeidbares Minimum reduziert werden.

Symmetrische und mittige Anordnungen wirken eher langweilig, besser sind Proportionen nach dem Goldenen Schnitt (Dimensionsverhältnis 5:8) (vgl. Bruns & Gajewski 1999, 74).

Gute Orientierung ist nicht hinreichend aber notwendig für den Lernerfolg. Die Navigation sollte einen Hierarchiebaum bilden, dessen Grundstruktur für die NutzerInnen erkennbar bleibt und so die Bildung einer kognitiven Landkarte stützt. Eine "wilde Vernetzung", zu der das einfache Anbringen von Links verführt, ist zu unterlassen. Außerdem sind folgende Fehler zu vermeiden (vgl. Kerres 1998, 244 ff):

- Zu tiefe Hierarchie: Ist der Hierarchiebaum zu tief ausgelegt, d.h. muss man durch zu viele Ebenen klicken, um an eine Information zu gelangen, wird das Programm als linear erlebt. 4 oder 5 Ebenen sind nur bei sehr vielen Informationselementen (über ca. 100 bzw. über 200 Einheiten) begründbar.
- Zu flache Hierarchie: Von jeder Ebene sollte es im Schnitt mindestens 3 Verzweigungen geben.
- Unausgewogene Äste: Jeder Ast des Hierarchiebaumes sollte etwa gleich viele Verzweigungen beinhalten. Dies fördert die Bildung eines mentalen Modells des Programms.
- Sackgassen, die nicht angemessen zu anderen Ästen zurückführen.
- Zu niedrige / hohe Vernetzung des Interaktionsraums

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Orientierung für die Nutzenden über ihren derzeitigen Standort im Hierarchiebaum zu installieren. Welche Methode geeignet ist, kann nicht unabhängig von der Struktur und Größe des hyperstrukturierten Interaktionsraumes beantwortet werden.

In einer Studie von Müller-Kalthoff et al. (Leutner et al. 2000, 57ff) mit Studierenden der Psychologie empfanden NutzerInnen mit hohem Vorwissen eine Navigationsübersicht als hilfreich gegen Desorientierung; ein Effekt auf die Lernwirksamkeit des MM-Angebots war aber nicht festzustellen. Anders bei NovizInnen. Hier verbesserte eine gute Orientierungshilfe auch die Lernwirkungen, da diese sie vor Überforderung durch verfrühten Abruf von Spezialwissen schützte.

## **2.2 Zum Verhältnis von Bild (Animation) und Text (Ton)**

Multimediale Module sind i. d. R. auch multimedial, d.h. sie kodieren Inhalte sowohl als Text, in Form von Zahlen, Tabellen und Graphiken, als auch in statischen oder bewegten Bildern. Sprechen sie außer dem Auge weitere Sinnesmodalitäten, z.B. das Ohr an, bezeichnet man sie als multimodal.

Entsprechend den beiden für unterschiedliche kognitive Leistungen schwerpunktmäßig zuständigen Hirnhälften postuliert die Theorie der doppelten Kodierung (Pavio) zwei unterschiedliche Informationsverarbeitungssysteme im Gehirn: Das eine verarbeitet sprachlich-verbale Reize, das andere Bilder, Geräusche und Handlungsabläufe. Eine doppelte Kodierung sorgt für eine bessere Verankerung des Wissens. Konkretes und Anschauliches wird besser behalten und leichter rekonstruiert als Abstraktes (Bildüberlegenheitseffekt). Allerdings spricht einiges dafür, dass es individuelle Unterschiede in der Lernpräferenz von verbalen oder graphisch-bildlichen Darstellungen gibt. MM-Lernumgebungen sollten individuellen Unterschieden Rechnung tragen. Möglicherweise ist eine solche Präferenz aber nicht individuell konstant, sondern hängt zusätzlich von Thema und Lernsituation ab.

Eine Weiterentwicklung dieser Theorie zur Generativen Theorie des multimedialen Lernens (Mayer) postuliert zusätzlich zu einem verbales und einem visuelles Wissen generierenden System eine übergeordnete Instanz, die neues Wissen mit bestehenden Strukturen abgleicht und ein insgesamt kohärentes mentales Modell konstruiert. Abweichend davon wird nach Schnotz zunächst eine propositionale Repräsentation eines Testes erzeugt, aus der dann ein mentales Modell mit graphisch-visuellen Anteilen konstruiert wird. Dieses Modell erlaubt dann wiederum die Bildung von neuen propositionalen Schlussfolgerungen. Das Modell erklärt, wie Lernende bildliche

und sprachliche Informationen gegeneinander abgleichen, um subjektiv in sich konsistente Vorstellungen oder Erklärungen zu entwickeln (vgl. Urhahne et al. 2000, 162 ff).

Das Kontiguitätsprinzip besagt, dass sich multimediales Lernen verbessert (speziell kreative Transferleistungen), wenn inhaltlich zusammenhängende Texte und Bilder sowohl gleichzeitig als auch auf einen Blick dargeboten werden. Das Ineinandergreifen von Text und Bild erleichtert das Verstehen und verhindert einen Split-Attention-Effekt. In einer Untersuchung von Mandl et. al. stellte sich z.B. heraus, dass Expertenmaps, die begriffliche Zusammenhänge oder Wirkungsbeziehungen eines Inhaltsbereichs graphisch symbolisieren, ohne erläuternden Text nicht lernfördernd wirken.

Berücksichtigt man auch das Modalitätsprinzip, sollten textartige Informationen zu Bildern auch über das Ohr angeboten werden. Das Ansprechen beider Sinnesmodalitäten wirkt sich ebenfalls lernfördernd aus. Liegen Bild und Ton (Text) jedoch inhaltlich zu weit auseinander (Text-Bild-Scheren, stark unterschiedliche Abstraktionsebenen), verkehrt sich der Effekt ins Gegenteil. Es besteht die Gefahr selektiver Wahrnehmung und der kognitiven Überlast (cognitive overload, oder cognitive overhead). Ist etwa das Bild sehr anschaulich und der Text sehr abstrakt, besteht die Gefahr, dass die NutzerInnen sich nach dem Prinzip des geringsten Aufwandes nur an die Bilder halten.

Sind Text und Bild in hohem Maße kongruent oder sogar redundant, wird die Behaltensleistung im Langzeitgedächtnis gefördert. Sind Text und Bild hoch komplementär - beide zusammen bilden eine Einheit, das Bild ist für das Lernziel relevant, der Text bereitet die Bildverarbeitung vor, ruft zum Bildlesen auf und führt durch das Bild - wird die integrative innere Verarbeitung gefördert.

Auch hier wird die Lage dadurch verkompliziert, dass es vom individuellen Vorwissen abhängt, wie groß ein möglicher Kontiguitätseffekt ist. Für AnfängerInnen ist Kontiguität besonders hilfreich, leistungsstarke SchülerInnen können Mängel eher kompensieren. Außerdem tritt der Kontiguitätseffekt vornehmlich bei Personen mit allgemein gutem räumlichen Vorstellungsvermögen (rVvm) auf (vgl. Urhahne et al. 2000, 164).

In einer weitergehenden Untersuchung (Brünken et al., in Leutner 2000, 37 ff) wurde festgestellt, dass gutes rVvm dann besonders hilfreich ist, wenn sowohl beim Lernen als auch beim überprüfenden Problemlösen bildliches Material vorliegt. Durch Vergleiche von ProbandInnen unterschiedlichen allgemeinen Leistungsniveaus konnten jedoch gewisse kompensatorische Effekte festgestellt werden, die von der subjektiv wahrgenommenen Aufgabenschwierigkeit abhingen. Bei einfachen Aufgaben kann hohes rVvm fehlende Anschauungshilfen kompensieren, und Anschauungshilfen können mangelndes rVvm ausgleichen. Bei schwierigen Aufgaben treten diese Effekte nicht auf. Insgesamt deutet dies darauf hin, dass hohes rVvm eher bei der Anwendung als beim Aufbau mentaler Modelle hilft.

Bei bildlichen Darstellungen ist zwischen Abbildungen (z.B. Foto, Video), logischen Bildern (z.B. Graphiken, Diagramme) und bildlichen Analogien (z.B. bildliche Metaphern, Modelle) zu unterscheiden und insbesondere der Einsatz zur Visualisierung statt zur bloßen Bebilderung zu beachten. Bilder haben verschiedene Funktionen: Dekoration und Motivation, Situierung (Erzeugen authentischer Kontexte), Darstellung, Animation und Visualisierung, schematische Organisation und Darstellung komplexer Prozesse. Visualisierungen (logische Bilder, Analogien) sollen vereinfachende Einblicke in Strukturen ermöglichen, die mit textlicher Beschreibung schwer oder gar nicht darzustellen sind. Visualisierung geht also über Veranschaulichung und erst recht über bloße Bebilderung mit mehr oder weniger passenden Motiven hinaus. Visualisierung bietet zusätzliche relevante Information. MM-Umgebungen beinhalten das Risiko, der Versuchung der Technik hinsichtlich eines übermäßigen oder unkritischen Einsatzes von bildlichen Darstellungen zu erliegen (vgl. Behrens 1999, 185 ff).

Bei vertonten Videoaufnahmen besteht außerdem die Gefahr, dass die Anstrengungsbereitschaft nachlässt (reines Unterhaltungsprogramm, Fernseh-Effekt). Es muss vermieden werden, dass Lernprogramme als leichte, im Gegensatz zu Büchern mit wenig Aufwand zu verarbeitende

Unterhaltungsprogramme wahrgenommen werden. Hierzu ist die Aktivierung der Lernenden durch vielfältige Interaktionsangebote und Aufgabenstellungen notwendig, die sowohl das Sachwissen als auch das Methoden- und Handlungsrepertoire als auch das Kontrollwissen (Selbstreflexion, Verstehen, Lernstrategien, Persönlichkeitsbildung) zu entwickeln geeignet sind (vgl. Behrens 1999, 106 ff).

Nach der Supplantationstheorie entlasten Animationen das Arbeitsgedächtnis und fördern das Begreifen dynamischer Abläufe. Außerdem können Fehlvorstellungen vermieden werden. Auch hier spielen individuelle und situative Faktoren eine wichtige Rolle. (vgl. Urhahne et al. 2000, 164 f). Daher bestehen durchaus auch Risiken: Wird beispielsweise das angestrebte erleichterte Begreifen nicht mit Anwendungsübungen überprüft, kann die "gesparte Anstrengung" auch zu mangelnder kognitiver Verarbeitung führen (vgl. Kerres 1998, 59 f).

Simulationen mit hohem interaktivem Potenzial bieten große Chancen, Interesse und Motivation nachhaltig zu fördern, indem sie Eigenaktivität, problemorientiertes Arbeiten und Selbststeuerung erlauben und aktivierende Herausforderungen bieten.

### **2.3 Strukturierung von Inhalten**

Die Lerninhalte sollten mit kognitionspsychologisch fundierten Methoden strukturiert und dargeboten werden. Dazu gibt es eine Reihe von Modellen. Behrens (1999, 157 ff) z.B. favorisiert ein Preview-Present-Review-Format: Zunächst wird eine Vorschau auf die kommenden Inhalte gegeben (preview). Dadurch wird ein Lerngerüst oder ein Überblick über die "kognitive Landschaft" bereitgestellt. Der "Advance Organizer" geht noch einen Schritt weiter, indem er an das Vorwissen der Studierenden anknüpft. Im einfachsten Fall wird dabei an die Ergebnisse des vorangegangenen Unterrichts erinnert. Auch die von außen gesetzten Ebenen und Inhalte von Lernzielen sollten transparent gemacht werden, damit die Lernenden sich dazu entscheiden können. Der Hauptteil berücksichtigt Prinzipien und Methoden, die sich auch im traditionellen Unterricht bewährt haben: vom Leichten zum Schwierigen, Berücksichtigung der Chronologie und Sachlogik, Zusammenfassungen schwieriger Abschnitte, Hervorhebungen wichtiger Aussagen, gezielte Querverweise und Wiederholungen etc..

Neuere Techniken wie die schon erwähnten Advance Organizer, Chunking (Bildung größerer Einheiten durch sinnvolles Zusammenfassen von Einzelheiten), Concept Mapping (Inhalte und Konzepte räumlich-graphisch darstellen und verknüpfen), Veranschaulichung durch Diagramme, Anregung von Vorstellungsbildern und die Nutzung von Vergleichen, Metaphern, Analogien und Gedächtnisstützen empfehlen sich ebenfalls. Entsprechend dem Advance Organizer ist ein Post Organizer geeignet, Verankerung und Transfer von Wissen zu unterstützen. Lineare Organizer (zusammenfassende Auflistung wichtiger Punkte) unterstützen eher die allgemeine Reproduktion der Inhalte, Matrix Organizer (graphische Aufbereitung mit Querverbindungen und Relationen) die Erinnerung an die Verknüpfung der Inhalte. Darüber hinaus sollten die Lernenden durch Verweise auf weitere Materialien, Quellen, Ansprechpartner etc. zu weiterer Auseinandersetzung mit dem Thema angeregt werden.

Auch auf der Ebene der sprachlichen Darstellung und Verständlichkeit gibt es Kriterien wie die größt-mögliche Einfachheit, Kürze und Prägnanz von Formulierungen, Argumentationsaufbau, Gliederung und innere Ordnung, stimulierende Elemente und Humor, die beachtet werden müssen.

### **2.4 Selbststeuerung, Führung und Unterstützung**

Die kognitive Plausibilität von Hypertext ist umstritten: Entspricht Hypertext grundsätzlich der Netzstruktur im menschlichen Gehirn und ist daher ein gutes kognitives Werkzeug oder sind es gerade die in der allgemeinen Netzstruktur nicht erfassten, vielfältigen individuellen Unterschiede in der kognitiven Struktur, die ausschlaggebend für Lernprozesse sind?

Den Chancen von Interaktivität und Selbststeuerung steht das Risiko des "Lost in Hyperspace" gegenüber. Eine gute Orientierungshilfe, gute Navigationsinstrumente und eine übersichtliche Struktur sind unabdingbare Voraussetzung. Allerdings liegt auch gerade in der Selbststeuerung

die Gefahr der Überforderung, wenn es bei den Lernenden an der Formulierung sinnvoller Fragestellungen und an Arbeitsstrategien mangelt. In diesem Fall ist eine gute Betreuung der Lernenden dringend erforderlich. Feedback und Kommunikation mit Lehrkräften und BetreuerInnen darf sich nicht auf die Lerninhalte beschränken, sondern muss hinsichtlich der Selbststeuerung auf die Vermittlung von Lernstrategien, Strategien zur Planung und Kontrolle des eigenen Lernprozesses und des Ressourcenmanagements (Energie und Zeit, Kooperation, sachliche Ausstattung, Hilfe einholen etc.) ausgerichtet sein (vgl. Urhahne et. al. 2000, 166f, bzw. Reinmann-Rothmeier & Mandl, 1997).

In einer Untersuchung zu einem MM-Physik-Lernangebot (SPIEGEL, Mikelskis, in: Leutner et al. 2000, 103 ff) hätte die Mehrzahl der ProbandInnen (GermanistInnen wie NaturwissenschaftlerInnen) eine stärkere Führung, d.h. weniger Selbststeuerung durch das Programm bevorzugt. Lost-in-Hyperspace-Effekte wurden aber nicht festgestellt, die ProbandInnen hatten i.d.R. klare Zielvorstellungen zu ihren Aktivitäten. Insgesamt wurde das Programm von beiden ProbandInnengruppen positiv bewertet. Die GermanistInnen waren jedoch stärker beeindruckt als die NaturwissenschaftlerInnen.

Wie stark das System oder die Nutzenden den Lernweg kontrollieren sollten, ist umstritten. Starke Führung bedeutet einerseits Überblick behalten, Gewissheit ans Ziel zu gelangen und das Gefühl etwas geschafft zu haben. Man entkommt der Gefahr des Lost-in-Hyperspace. Andererseits kann starke Führung als Einengung und Vorenthaltung interessanter Informationen erlebt werden. Exploratives Lernen wird stark eingeschränkt, die Möglichkeit, per Zufall auf interessante Themen zu stoßen (Serendipity-Effekt) entfällt. Neben dem Vorwissen der Nutzenden sind der Strukturierungsgrad des Gegenstandsbereichs und das Einsatzfeld der Anwendung wichtige Entscheidungsfaktoren.

Eingebaute inhaltliche Hilfen nützen insbesondere Lernenden mit mittlerem Vorwissen beim Aufbau eines kohärenten Verständnisses (nicht bei Behaltensleistungen), da sie bereits über Strategien verfügen, die Hilfen zu nutzen. AnfängerInnen werden durch die Hilfen oft zusätzlich belastet und überfordert. Fortgeschrittene brauchen die Hilfen nicht, werden evtl. davon abgelenkt oder verarbeiten den Stoff sogar schlechter, da er durch die Hilfen zu einfach oder unattraktiv wird. Eine indirekte Hilfe, die Informationen in authentische Beispiele "verpackt", ist hinsichtlich der Motivation einer direkten inhaltlichen Hilfe vorzuziehen (Seufert in: Leutner et al. 2000, 65 ff).

Die Potenziale und Effekte, die durch die Möglichkeiten der Kommunikation, Kooperation und Betreuung durch das Internet entstehen, sind denkbar groß, bisher jedoch kaum empirisch erforscht. Es ist aber nicht selbstverständlich, dass sie funktionieren, und daher dringend notwendig, diese Möglichkeiten aktiv zu gestalten (vgl. Abschnitt 5: Scheuermann). Auf dem Hintergrund hoher Abbruchquoten von (MM)Fernstudien formuliert z.B. Astleitner (in Leutner et al. 2000, 17 ff) eine Liste von Maßnahmen, die Online-Angebote für Fern- und Selbststudium emotional stimmiger machen: von der Vermeidung von Befehlston und Drohungen über die Intensivierung von persönlichem oder netzbasiertem Kontakt bis zum Ausdruck von positiven Emotionen und Wertschätzung sowie informellem und persönlichem Sprachstil. Diese Elemente sind auch unter dem Gesichtspunkt der Erhaltung der Aufmerksamkeit beim Arbeiten mit Lernprogrammen zu beachten.

### 3 Welche Rahmentheorien bietet die Lernpsychologie?

- Behavioristische "Drill-and-Practice"-Programme sind ungeeignet für unterrichtliche Projekte, die auf konzeptuelles Verständnis etc. abzielen.
- Sogenannte Intelligente Tutorielle Systeme (ITS), die bei unterschiedlichsten Lernvoraussetzungen als perfekte Lehrkraft die Lernenden automatisch zum Lernziel führen, erwiesen sich theoretisch und praktisch als Sackgasse.
- Es genügt nicht, langweilige Pauk-Programme und trockenen Stoff in einer noch so gut gemachten aber letztlich aufgesetzten Oberfläche zu verpacken.
- Wissen kann nicht "eingetrichtert" werden, sondern muss vom Individuum in einem sozialen und kommunikativen Prozess selbst konstruiert werden. Zur Förderung eines selbstgesteuerten und -verantworteten Lernprozesses sollten möglichst authentisch und praxisnah situierte, proaktive Module entwickelt werden.
- Lernprozesse können beeinflusst werden. Im Sinne einer Erhöhung der Chancen von Lernerfolg sind präskriptive Aussagen möglich, die methodisch-organisatorische Planung von Lernprozessen ist sinnvoll und notwendig.
- DozentInnen oder TutorInnen coachen und moderieren den Lernprozess. Übungs- und auch Prüfungsaufgaben sollten kommunikations- und prozessorientiert sein.

#### **Behaviorismus**

Das federführend von B. Skinner in den 50-er und frühen 60-er Jahren vertretene behavioristische Verständnis von Lernen, das lediglich Reiz-Reaktionsschemata betrachtet und dabei jegliche bereits bestehende Wissensstrukturen und aktive Verarbeitungsprozesse etc. im Kopf der Lernenden außer acht lässt, prägt de facto immer noch einen Großteil der verfügbaren Lernangebote. Im Prinzip gehen viele gängige Lehrmethoden wie Multiple-Choice-Aufgaben oder Lückentexte auf den Behaviorismus zurück: Erfolgt auf eine bestimmte Frage (Reiz) die richtige Antwort (Reaktion), wird dies positiv und verstärkend rückgemeldet, indem man z.B. mit einer weiterführenden Information/Aufgabe belohnt wird. Bei einer falschen Reaktion wird die Frage oder eine äquivalente Aufgabe solange wiederholt, bis die richtige Antwort erfolgt. Solche "Drill-and-Practice"-Programme machen auch einen Großteil von Computer-Lernprogrammen aus. Mögen entsprechende konditionierende Lehrstrategien in bestimmten Bereichen wie etwa dem Training von Sofortmaßnahmen in Gefahrensituationen durchaus ihre Berechtigung haben, so können sie etwa für eine Physikausbildung, die auf die Entwicklung physikalischen Verständnisses zielt, keine Grundlage sein.

#### **Informationsverarbeitung**

Mit dem Übergang von der passiven Reizverarbeitung beim Behaviorismus zur Vorstellung einer aktiven Informationsverarbeitung beim Lernen entstehen in den 60-er Jahren Modelle des kognitiven Systems, bei denen Wissen intern repräsentiert ist. Menschliches Denken wird dabei häufig mit Computeranalogien beschrieben. Man entwickelt die Vorstellung, dass es möglich ist, das Wissen eines Lernenden durch bestimmte Instruktionstechniken und -methoden dem objektiven Wissen zu einem bestimmten Gebiet (z.B. ein Teilgebiet der Physik) anzugleichen. Bei die Entwicklung von Lernprogrammen wirkt sich dies vor allem dahingehend aus, dass man versucht intelligente tutorielle Systeme (ITS) zu konzipieren, die aus der Diagnose des Antwortverhaltens von Lernenden erkennen, welche Wissensstrukturen fehlen und mit welchen Hilfestellungen die Lücken nach und nach geschlossen werden können (Adaptivität, wechselseitige Interaktion). Auch wenn man mit den in der Folge entwickelten Theorien des Instruktionsdesigns den Anspruch erhob, ein über das Faktenpauken hinausgehendes tieferes Verständnis von Sachgebieten bewirken zu können, unterschieden sich viele entsprechende Computerlernprogramme in der Praxis kaum von behavioristischen Programmen. Der Ansatz des Instruktionsdesigns in seiner ursprünglichen Fassung gilt weitgehend als gescheitert (s. Schulmeister 1997, 115 ff). Die Vorstellung, man könne die Resultate von komplexen Lernprozessen von Seiten der Lehrenden genau determinieren, hat sich theoretisch und empirisch als unhaltbar erwiesen. In der Praxis erwiesen sich ITS-Anwendungen als

kontraproduktiv. Nachdem der Neuigkeitseffekt verfliegen war, empfanden die Lernenden die Programme als äußerst langweilig oder wegen der stereotypen Rückmeldungen und fehlenden Aktionsfreiräume als demotivierend und nervtötend. Es genügt auch nicht, monotone Drillprogramme, die mit Multiple-Choice-Aufgaben, Lückentext o.ä. arbeiten, in ein graphisch ansprechendes, letztlich aber bloß aufgesetztes Szenario zu stellen. Der dadurch erzeugte extrinsische Motivationseffekt verfliegt schnell.

In einer abgeschwächteren, konstruktivistische Elemente (s. unten) einbeziehenden Form ist Instruktionsdesign (der 2. Generation) natürlich dennoch sinnvoll und notwendig. Allgemeine Richtlinien für didaktisch angemessene Vorgehensweisen und die methodische und organisatorische Planung von Unterricht werden auch im Multimediabereich nicht obsolet (s. oben). Es gibt Lerninhalte und Situationen, in denen aus pragmatischen oder grundsätzlichen Erwägungen abweichend vom konstruktivistischen Ideal Inhalte dekontextualisiert und vereinfacht werden müssen, stärker einschränkende und führende Vorgaben zu machen sind und individuelles Arbeiten effizienter ist als kooperatives Vorgehen (vgl. Behrens 2000, 96 f).

### **Konstruktivismus**

Gegenwärtig bildet der Konstruktivismus (in radikaler oder gemäßiger Form) das erkenntnistheoretische Paradigma, das Lerntheorie und empirisch didaktische Forschung prägt. Gemäß dem Konstruktivismus können Informationen nicht von außen sozusagen dem Gehirn eingetrichtert und dort abgespeichert werden. Jede/r Lernende konstruiert aufgrund ihres/seines Vorwissens aus über die Sinneskanäle eingehenden "Daten" ihre/seine individuellen Bedeutungen, ihre/seine eigene Wirklichkeit. Die verschiedenen Varianten des Konstruktivismus unterscheiden sich u.a. in ihrer Sicht auf die Erfahrbarkeit der Außenwelt. Da das Gehirn semantisch abgeschlossen ist, kann es prinzipiell kein objektives Abbild der Außenwelt gewinnen. Jedes Individuum lebt demnach in seiner eigenen Welt. In moderateren Varianten wird die Erfahrbarkeit der äußeren Welt nicht vollkommen ausgeschlossen, und man geht davon aus, dass es sehr viele intersubjektiv übereinstimmende Bedeutungszuweisungen gibt. Der größte Teil der vom Individuum konstruierten Wirklichkeit wird (bzw. wurde) in einem komplexen sozialen Interaktionsprozess ausgehandelt und ist durch evolutionäre Mechanismen selektiert und stabilisiert.

Hinsichtlich des Lehrens und Lernens bedeutet die Abkehr von Trichtermodellen und der Vorstellung, den Lernprozess determinieren zu können, u.a. eine Erweiterung der Perspektive, indem das Zusammenwirken von individuellen Voraussetzungen der Lernenden, den Lerninhalten und situativem Kontext, in dem das Lernen stattfindet, betrachtet werden muss. Die Rolle der Lehrkraft und der zum Einsatz kommenden Medien bzw. multimedialen Lernumgebungen verändert sich. Lehrkräfte werden zu GestalterInnen von Lernumgebungen und zu ModeratorInnen von Lernprozessen ("coaching").

Das Lernangebot sollte möglichst authentisch sein, insofern der Stoff in einen auf die Erfahrungen, Lebenswelt, Motive und Ziele des Lernenden eingehenden Kontext eingebettet wird. Die Lernenden übernehmen die Verantwortung für und die Kontrolle über ihre Lernprozesse. Das Programm muss entsprechende Entscheidungsfreiräume und Interaktionsmöglichkeiten bieten. Der Lernprozess des/der Einzelnen wird in hohem Maße selbstgesteuert, denn der/die Lernende entscheidet über Lernstrategien, Lernziele etc.. Dies stellt auch hohe Anforderungen an die entsprechenden Fähigkeiten. Es wird zu einer wichtigen Aufgabe der Lehrkraft, hier stützende und orientierende Funktionen zu übernehmen. Schon an dieser Stelle wird erkennbar, dass es nicht Ziel der Entwicklung multimedialer Lehr-Lernmodule sein kann, persönliche Kontakte und Betreuung durch DozentInnen und TutorInnen zu ersetzen.

## 4 Was bringt die didaktisch-situierte Perspektive?

- Durch ihr technisches Potenzial scheinen Multimedia-Lernumgebungen grundsätzlich besonders geeignet, aus konstruktivistischer Erkenntnistheorie abgeleitete Lehr-Lern-Szenarien zu bilden bzw. entscheidend mitzuprägen.
- Multimedia-Module können ein hohes proaktives Interaktionsniveau realisieren.
- Sie können Probleme unter vielfältiger Perspektive, mit zahlreichen Beispielen und auf unterschiedlichste Voraussetzungen abgestimmte Niveaus realisieren.
- Authentische und problemorientierte Szenarien können realisiert werden.
- Die Vernetzung kann kooperative Lernformen fördern.
- Die Grenzen zeigen sich bei den Hilfestellungen und Betreuungsaufgaben. Hier kann der Faktor Mensch nicht ersetzt werden.
- Es gibt (auch) keine optimale Gestaltung von MM-Modulen unabhängig vom Lerngegenstand.

Auf dem Hintergrund des Konstruktivismus wurden mehrere Ansätze formuliert - ob sie den Status einer Lerntheorie verdienen oder ob es sich bloß um Unterrichtsmethoden handelt, sei dahingestellt - die besonders berücksichtigen, dass das Lernen bestimmter Inhalte immer mit individuellen Voraussetzungen und insbesondere in der aktuellen Situation und einem bestimmten (sozialen) Kontext stattfindet. Lernen wird dann u.a. nicht über Behaltensleistungen oder das Lösen von Aufgaben definiert, sondern an der Fähigkeit gemessen, konstruktiv mit bestimmten Werkzeugen umgehen zu können und über relevante Themen kommunizieren zu können.

Behavioristische und kognitivistische Unterrichtsmethoden scheitern oft am Problem des Wissenstransfers: Situationsspezifisch erworbenes Wissen kann nur in sehr eng begrenzten Kontexten wieder angewandt werden. Man denke etwa an im Mathematikunterricht gelernte Methoden von Termumformungen, die SchülerInnen oft nicht auf physikalische Formeln übertragen können. So entstehen große Bereiche von ungenutzten "trägem" Wissen. Um dem zu begegnen wurden verschiedene Ansätze entwickelt.

In der Theorie der kognitiven Flexibilität (Spiro et al.) geht es darum, multiple kognitive Repräsentationen insbesondere bei schwach strukturierten Inhaltsbereichen aufzubauen, etwa um in der Medizin in der Lage zu sein, bei komplexen Symptomkonstellationen zu richtigen Diagnosen zu kommen. Schulmeister sieht hierin aber nur eine aufwändige Formulierung der alten Erkenntnis, dass es schon immer gut war, einen Sachverhalt an möglichst vielen verschiedenen Beispielen zu lernen, z.B. um eine relativ komplexe Sachstruktur wie etwa die Newtonschen Axiome von letztlich austauschbaren kontextuellen Beigaben zu trennen und zu abstrahieren. In MM-Umgebungen lassen sich solche vielfältigen Zugänge und Beispiele mit den Möglichkeiten von Hypertext etc. im Prinzip gut realisieren.

Der Ansatz Cognitive Apprenticeship (Collins et al.) adaptiert die Methoden der handwerklichen Lehre auf schulische Lernsituationen. Gelernt wird in authentischen Lernumgebungen (Expertenumgebung) mit möglichst unmittelbarem Anwendungsbezug, beginnend mit allgemeinen Problemen, die in den konzeptuellen Rahmen einführen. Methodisch wird ein Phasenmodell vorgeschlagen: Vormachen (Modelling), unter Anleitung üben (Coaching), Unterstützen von Lernbemühungen (Scaffolding), allmähliches Zurückfahren der Hilfe (Fading), Verbalisierung der Problemlösestrategien (Articulation), rückblickende Bewertung (Meta-Reflection) und Aufforderung zur selbstständigen Problemlösung (Exploration). Entsprechend gestaltete Programme ermöglichen es, jedem/r Einzelnen eine den individuellen Unterstützungsbedürfnissen entgegengkommene strukturierte Lernumgebung zur Verfügung zu stellen (Adaptierbarkeit). Empirische Untersuchungen zu diesem Ansatz liefern bisher widersprüchliche Ergebnisse. Allgemein wird aber anerkannt, dass der Ansatz in Fächern, die viel Fakten- und Konzeptwissen verlangen weniger aussichtsreich ist.

Der Ansatz Anchored Instruction (Technology Group at Vanderbilt) nutzt Videofilme, um spannende und realistische Probleme darzustellen. Die Geschichten haben ein offenes Ende

oder werden an bestimmten Stellen unterbrochen, was zur Reflexion und Erarbeitung von Problemlösungen genutzt werden soll (Gruppenarbeit). Dazu werden geeignete Hilfsmittel und Materialien bereitgestellt. Empirische Begleitungen ergaben allerdings kaum messbare Leistungsverbesserungen im kognitiven Bereich, es wurden jedoch im affektiven Bereich (Selbstbild, Selbstvertrauen, Interesse, Kompetenzerleben) positive Veränderungen festgestellt.

Die zuvor genannten Aspekte werden unter dem Label Problemorientiertes Lernen (Mandl et al.) zusammengeführt:

- Lernsituation authentisch und anwendungsbezogen gestalten
- Transferfähigkeit durch multiple Kontexte und Blickwinkel fördern
- im kooperativen sozialen Kontext und weitgehend selbstgesteuert lernen
- mit persönlicher Betreuung lernen, um Überforderungen u. Ineffizienzen zu vermeiden

Der Computer kann ein interaktionsreiches und problemorientiertes Angebot machen. Nach ersten Untersuchungen kann aber auch ein gelungenes Design der Lernumgebung nicht die kompetente und einfühlsame Anleitung durch eine Lehrkraft ersetzen. Stand-Alone-Programme sind sehr anspruchsvoll hinsichtlich der Selbststeuerungskompetenzen der NutzerInnen bzw. bleiben auf kleinere, leicht überschaubare Angebote beschränkt.

Prenzel et al. (in Leutner et al. 2000, 1113 ff) arbeiten in einem umfangreichen BLK-Projekt an der didaktischen Optimierung des MM-Einsatzes in der Schule (Bereich NW). Bisher (1998) existierende Lernprogramme überfordern die SchülerInnen häufig und genügen nicht den Kriterien problemorientierten Lernens. Einige Programme bieten jedoch insbesondere über Visualisierungen positive Ansätze. Als auch didaktisch positives Beispiel für eine Lernsoftware wird dort Thinker Tools (White u. Frederiksen) genannt. SchülerInnen, die mit der Software die Newtonsche Mechanik erlernen, werden in einem der naturwissenschaftlichen Methode nachempfundenen Untersuchungszyklus von der Lehrkraft methodisch angeleitet und zusätzlich zur Reflektion ihrer Aktivitäten mit ihren MitschülerInnen angehalten.

## 5 Wohin geht die Entwicklung von Multimedia-Modulen?

- Untersuchungen und Entwicklungen (Evaluation) zum MM-Lernen sind zunehmend besser theoretisch (kognitionspsychologisch und pädagogisch) fundiert.
  - Beispiel: Die Entwicklung eines Qualitätsrasters für Entwicklung und Evaluation von Teleteaching-Projekten, in dem die einzelnen Qualitätskriterien durch Kontrollfragen operationalisiert werden (Behrens).
- Empirische Erkenntnisse und Erfahrungsberichte über Probleme und Erfolge bei der Implementation von virtuellen Seminaren und Online-Lehr-Lernmodulen stehen vermehrt zur Verfügung.
- Es besteht noch hoher Forschungsbedarf hinsichtlich Aptitude-Treatment-Matter Interaktionen (Begabungs-Inhalts-Unterrichts-Wechselwirkungen).
- Die Berücksichtigung von Motivation und Einstellungen der NutzerInnen rückt zunehmend in den Mittelpunkt.
- Die Beherrschung des Mediums absorbiert zunehmend weniger Lernkapazitäten.
- InformatikerInnen, PsychologInnen, FachdidaktikerInnen und NutzerInnen sollten bei der Entwicklung enger zusammenarbeiten.
  - Ein Beispiel bietet die Implementation und Evaluation von MM-Modulen in Physik-Veranstaltungen (statistische Physik) an der Universität Freiburg.

Es liegen inzwischen kognitionspsychologische Theorien vor (Mayer, Schnotz, s. Abschnitt 2.2), die eine abgesicherte Basis für MM-Entwicklungen bilden. Kognitive Faktoren allein greifen jedoch zu kurz. Motivation und Einstellungen, speziell auch zu Computer oder Internet als Medium sind ebenfalls ausschlaggebend.

Behrens setzt zur Entwicklung und Evaluation von CBT- bzw. Teleteaching-Projekten zusätzlich zu Lernerfolgs- und Transfermessungen sowie Beobachtung und Befragung der NutzerInnen die Methode der Inhaltsanalyse ein. Dabei wird ein Qualitätsraster begründet und entwickelt, das es ermöglicht, Anwendungen nach durch Kontrollfragen operationalisierten Qualitätskriterien zu analysieren und weiter zu entwickeln.

Die Qualitätskriterien lauten für Teleteaching (vgl. Behrens, 1999, 232):

- Aktivierung und Lernerzentriertheit
- Selbststeuerung und Lernkontrolle
- Interaktion und Beziehungsaufbau
- Authentizität, Situiertheit, Multiple Perspektiven
- Strukturierung
- Aufbau und Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit
- Verständlichkeit
- Mediendidaktisches Design: Darstellungsformen
- Mediendidaktisches Design: Bild- und Tongestaltung sowie deren Abstimmung aufeinander

Zu jedem Kriterium wird eine Reihe von Kontrollfragen (5 bis 15) angegeben, die die Überprüfung der Kriterien ermöglichen soll.

Für schulische CBT-Anwendungen lauten die Kriterien (vgl. Leidig & Behrens in: Beck & Sommer (Hg.) 1999, 551 ff):

- Informationen über das Programm (technische Voraussetzungen, Vorwissen)
- Layout des Programms (Verwendung von Animation, Video, Graphik etc.)
- Bezug zu anderem Material (Bücher Internet)
- Interaktivität (reaktiv, proaktiv, wechselseitig)
- Motivation (Neugier erzeugen, Spannung aufbauen etc.)
- Förderung aktiven Lernens (Lernkontrolle, exploratives Lernen)
- Unterstützung situierten Lernens (realistische, alltagsnahe Beispiele etc.)
- Unterstützung sozialen Lernens (Diskussion, gemeinsames Lernen)
- Lernstrategien (Förderung und Reflexion eigener Lernstrategien)
- Strukturierung (Inhaltsverzeichnis, Hervorhebung, sinnvolle Einheiten etc.)
- Fachdidaktik und Inhalte (Richtigkeit und Angemessenheit etc.)
- Adaptivität (Setzen von Voreinstellungen durch Lehrer je nach Lerngruppe etc.)

Es sind insbesondere für den Bereich stark strukturierter Fächer wie z.B. Physik noch Untersuchungen nötig, die klären, ob die unter Punkt 4 geschilderten Ansätze auch hier wirksam sind. Wegen der schon mehrfach angesprochenen vielfältigen Einflussfaktoren sollten diese Untersuchungen den Aptitude-Treatment-Matter-Interaktionen Rechnung tragen, also sowohl die Talente der Lernenden (Aptitude), die Gestaltung der Lehr-Lernumgebung (Treatment) als auch den Lerngegenstand (Matter) im Blick haben (vgl. Urhahne et al. 2000, 175). Es müssen entsprechende Module entwickelt werden, die auf individuelle Voraussetzungen eingehen können, inhaltlich begründete Strukturen und Methoden anwenden und eine angemessene unterrichtsmethodische und tutorielle Struktur bzw. Begleitung aufweisen. Hier ist bereits ein positiver Trend festzustellen.

Die in den technischen Möglichkeiten des Computers liegenden Potenziale müssen u.a. dahingehend weiterentwickelt werden, dass zunehmend weniger Energie und Aufmerksamkeit für die Beherrschung der Hard- und Software aufgewendet werden muss.

Technische Infrastruktur, NutzerInnenkompetenzen und –gewohnheiten sind ein sensibler Punkt, der auch die Motivation der NutzerInnen stark beeinflusst. In einem virtuellen Seminar an der Universität des Saarlandes (Scheuermann in Scheuermann et al. (Hg.) 1998, 18 ff) ) wurde ein zusätzlicher Drop-Out-Effekt durch den hohen zeitlichen Aufwand für die e-Mail-basierte Kommunikation festgestellt. Insbesondere für NutzerInnen, die für den Netzzugang auf EDV-Räume der Universität angewiesen waren und dafür einen festen Wochentermin einplanten, war

eine ortsungebunden konzipierte Veranstaltung eher eine zusätzliche Belastung als ein Gewinn. Falls zusätzlich technische Probleme mit dem Netz, mit Soft- oder Hardware auftreten, kann die anfängliche Begeisterung für das Projekt schnell in Frustration umschlagen. Derart motivationsbedingten "Ausfällen" kann in Präsenzveranstaltungen unmittelbarer und effektiver gegengesteuert werden. Zusätzliche Präsenzveranstaltungen waren in diesem Fall problematisch, da die überregionalen Studierenden nicht teilnehmen konnten. Von den Anwesenden wurden diese Veranstaltungen aber als unverzichtbar betrachtet. Wenn gegen Semesterende Klausuren und Prüfungen zunehmen, ist das Aussteigen aus arbeitsintensiven, aber nicht prüfungsrelevanten Szenarien sehr wahrscheinlich. Wo ein sehr hoher Kommunikationsanteil über das Netz abgewickelt wird und eine sehr hohe Online-Präsenz erwartet wird, steigt die Belastung für alle Beteiligten stark an. Konzentration und Qualität bei der Bearbeitung von Anfragen bzw. der Erarbeitung von Seminarbeiträgen sinken oft spürbar ab.

Bei der Entwicklung von MM-Modulen muss die Zusammenarbeit von Programmentwicklern, didaktisch-psychologischer Forschung und NutzerInnen (Lehrende und Lernende) intensiviert werden. Ein Beispiel bietet die Implementation und Evaluation von MM-Modulen in Physik-Veranstaltungen (statistische Physik) an der Uni-Freiburg (Hofer et al. in Leutner et al. 2000, 123 ff). Die Implementation basiert auf der OPT-Strategie, die Evaluation auf dem Modell des Learning Cycle (Mayes). OPT steht für die Einbeziehung organisatorischer Rahmenbedingungen, pädagogisch-psychologischer Erkenntnisse und technischer Aspekte. Das präskriptive Instruktionsmodell des Learning Cycle unterscheidet drei Phasen: Konzeptualisierung (Orientieren bis Experimentieren), Konstruktion (Interpretation, Selektion und Verknüpfung mit Vorwissen) und Dialog (Diskussion und Reflexion). Evaluiert wurden interaktive Simulationen, die in der Vorlesung und auch zum Selbststudium eingesetzt wurden. Es zeigte sich, dass die MM-Elemente zwar insgesamt von den Studierenden als positivster Teil der gesamten LV bewertet wurden. Doch schlug diese Bewertung kaum auf die Gesamtbeurteilung der LV durch, wodurch die Vermutung nahe liegt, dass die Studierenden die MM-Elemente nicht als integrales Element der LV empfanden. Als kritisch bzgl. der Inhalte der MM-Elemente stellte sich heraus, dass die Visualisierungen, wo es sie gab, oft trivial waren und dort, wo sie hilfreich gewesen wären, anscheinend nicht zu erstellen waren. Bei zu geringem Vorwissen wurde das Spielen mit Simulationen zur Alibitätigkeit. Wer etwas mit den Simulationen anfangen konnte, vermisste Möglichkeiten zur selbständigen Programmergänzung (weiterführende Simulation und Modellbildung). Derartige lernfördernde Maßnahmen wären aber sehr zeitaufwendig und programmiertechnisch zu anspruchsvoll. Die technische Implementierung der Simulationen verschlang sehr viele Ressourcen, die bei Inhalt und Didaktik fehlten.

Veranstaltungen in Rechnerräumen erwiesen sich in diesem Modellversuch als problematisch, wenn dabei auch mit Referat, Tafel und Diskussion gearbeitet wurde. Der Rechner lenkte die Lernenden zu sehr ab.

## Literatur

- Beck, U. & Sommer, W. (Hg.) (1999): Learntec 99. 7. Europäischer Kongress und Fachmesse für Bildungs- und Informationstechnologie. Tagungsband. Karlsruhe: Karlsruher Kongress- und Ausstellungs-GmbH.
- Behrens, U. (1999): Teleteaching is easy? Pädagogisch-psychologische Qualitätskriterien und Methoden der Qualitätskontrolle für Teleteaching-Projekte. Landau: Verlag Empirische Pädagogik.
- Bruns, B. & Gajewski, P. (1999): Multimediales Lernen im Netz. Leitfaden für Entscheider und Planer. Berlin: Springer.
- Issing, L. J. & Klimsa, P. (Hg.) (<sup>2</sup>1997): Information und Lernen mit Multimedia. Weinheim: Psychologische Verlags Union.
- Kerres, M. (1998): Multimediale und telemediale Lernumgebungen: Konzeption und Entwicklung. Wien: Oldenbourg.
- Leutner, D. & Brünken, R. (Hg.) (2000): Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung: aktuelle Ergebnisse empirischer pädagogischer Forschung. Münster et.al.: Waxmann.
- Reinmann-Rothmeier, G. & Mandl, H. (1997): Selbststeuerung des Lernprozesses mit Multimedia. In: Geißler, K. A. et. Al. (Hg.): Handbuch Personalentwicklung und Training. Ein Leitfaden für die Praxis. Köln: Verlagsgruppe Deutscher Wirtschaftsdienst.
- Scheuermann, F.; Schwab, F.; Augenstein, H. (Hg.) (1998): Studieren und weiterbilden mit Multimedia: Perspektiven der Fernlehre in der wissenschaftlichen Aus- und Weiterbildung. Nürnberg: Bildung und Wissen.
- Schulmeister, R. (<sup>2</sup>1997): Grundlagen hypermedialer Lernsysteme: Theorie – Didaktik – Design. Wien: Oldenbourg.
- Urhahne, D.; Prenzel, M.; von Davier, M.; Senkbeil, M.; Bleschke, M. (2000): Computereinsatz im naturwissenschaftlichen Unterricht. - Ein Überblick über die pädagogisch-psychologischen Grundlagen und ihre Anwendung. In: ZfDN, Jg. 6, 157 - 186.

## Kleines Glossar

Anmerkung: Die *kursiv* gedruckten Begriffe wurden zitiert nach Issing & Klimsa (<sup>2</sup>1997, 481 ff).

**Adaptierbarkeit:** Ein Lehr- und Informationssystem ist dann adaptierbar, wenn es (auf der Grundlage einer extern vorgenommenen Diagnose durch extern vorgenommene Eingriffe) so eingestellt werden kann, dass es dem Unterstützungsbedarf der Lernenden möglichst gut entspricht.

**Adaptivität:** Ein Lehr- und Informationssystem ist dann adaptiv, wenn das System selbst in der Lage ist, den Unterstützungsbedarf der Lernenden zu diagnostizieren und das Ergebnis der Diagnose in geeignete (angepasste) Lehrtätigkeiten umzusetzen.

**Advance / Post Organizer:** Ein Advance O. ist ein vorstrukturierendes Element einer Lerneinheit. Er ist mehr als eine Auflistung der zentralen, zu behandelnden Punkte. Er bezieht das Vorwissen der Lernenden explizit mit ein, nimmt darauf Bezug und aktiviert dieses Wissen. Den Abschluss einer Lerneinheit bildet entsprechend ein Post O., der u.a. durch eine Zusammenfassung und das Aufzeigen von Konsequenzen, Perspektiven und offenen Fragen den Wissenstransfer unterstützen soll (vgl. Behrens 1999, 158 ff).

**Aptitude-Treatment-Matter-Interaktion:** Wechselwirkung zwischen den "Talenten" der Lernenden (Aptitude), der "Behandlung" im Sinne der Gestaltung der Lehr-Lernumgebung (Treatment) und dem Lerngegenstand (Matter).

**Cognitive Apprenticeship** (Collins et al. 1989): C. A. adaptiert die Methoden der handwerklichen Lehre auf die Schule. Gelernt wird in authentischen Umgebungen (Expertenumgebung) mit möglichst unmittelbarem Anwendungsbezug und beginnend mit allgemeinen Problemen, die in den konzeptuellen Rahmen einführen. Methodisch wird ein Phasenmodell vorgeschlagen: Vormachen (Modelling), angeleitetes Üben (Coaching), Unterstützen von Lernbemühungen (Scaffolding), allmähliches Zurückfahren der Hilfe (Fading), Verbalisierung der Problemlösestrategien (Articulation), rückblickende Bewertung (Meta-Reflection), Aufforderung zum selbständigen Problemlösen (Exploration) (z.B. Urhahne et al. 2000, 171).

**Desorientierung (konzeptuelle):** Konzeptuelle Desorientierung entsteht, wenn Hypertext/Hypermedia-Nutzer nicht in der Lage sind, die semantische Bedeutung der aufgesuchten Informationen in die eigene Wissensstruktur zu integrieren und eine kohärente Wissensrepräsentation aufzubauen.

**Desorientierung (Navigation):** Wenn Hypertext/ Hypermedia-NutzerInnen nicht mehr in der Lage sind einzuschätzen oder festzustellen, an welcher Stelle im Programm bzw. Netz sie sich momentan befinden, oder sie den "roten Faden" in ihrer Nutzung verloren haben, spricht man ebenfalls von Desorientierung im Sinne von Konfusion (Schlagwort: Lost-in-Hyperspace). In diesem Fall kann die Ursache in einer mangelhaften Navigationsstruktur des Programms liegen (s. z.B. Schulmeister, 1997, 60 f).

**extrinsische Motivation:** Motivation, die auf äußerer (fremder) Zielvorgabe oder Notwendigkeit beruht.

**Interaktivität:** Umfassender Begriff für solche Eigenschaften eines Computer-Systems, die dem Benutzer Eingriffs- und Steuermöglichkeiten eröffnen, im Idealfall auch die wechselnde Dialog-Initiative von Mensch und Computer.

**intrinsische Motivation:** Motivation, die auf eigenem inneren Interesse an etwas beruht.

**Kognitive Überlast (engl. cognitive overhead):** Von Conklin (1987, vgl. Kuhlen 1991) geprägter Begriff. Man versteht hierunter die zusätzliche kognitive Belastung, die dadurch entsteht, dass beim Lernen mit Hypertext/Hypermedia zusätzliche Gedächtniskapazität benötigt wird, um die bereits besuchten bzw. noch nicht besuchten Informationsknoten, bestehende Navigationsmöglichkeiten, bereits gebildete mentale Repräsentationen etc. im Gedächtnis zu behalten.

**Kontiguitätsprinzip:** Nach diesem Prinzip verbessert sich multimediales Lernen, wenn zusammengehörige Texte und Bilder sowohl räumlich als auch zeitlich den Lernenden gemeinsam angeboten werden (vgl. Urhahne et al. 2000, 164).

**Kongruenz / Komplementarität** von Text und Bild: Kongruent (oder redundant) sind Text-Bild-Informationen, wenn sie sowohl visuell im Bild als auch verbal im Text angeboten werden. Komplementär gestaltet sind Text und Bild, wenn erst beide Darstellungsformen zusammen eine sinnvolle Aussage ergeben. Text und Bild stehen damit im Verhältnis einer gegenseitigen Ergänzung. Ist hingegen die semantische Diskrepanz von Text und Bild so groß, dass keine Komplementarität mehr gegeben ist, spricht man von einer Text-Bild-Schere (vgl. Behrens 1999, 219 ff).

**Mentales Modell:** Mentale Repräsentation eines Gegenstands durch ein hypothetisches internes (Quasi-)Objekt, das in einer Struktur- oder Funktionsanalogie zu dem repräsentierten Gegenstand steht.

**Metapher:** Hier: Metaphorische Gestaltung der graphischen Oberfläche auf dem Bildschirm. Beim PC ist die graphische Oberfläche zum Betriebssystem einem Büro (Schreibtisch, Papierkorb) nachempfunden. Weitere bekannte Beispiele sind die Baum-Metapher oder andere zum jeweiligen Programm in inhaltlichen Bezug stehende Metaphern wie eine Stadt, eine Landschaft, ein Gebäudekomplex oder ein Cockpit (vgl. Bruns & Gajewski 1999, 62).

**Proaktive / reaktive Interaktion** (Interaktivität): Reaktive Interaktion erlaubt nur eine Reaktion auf vom Computer präsentierte Stimuli (z.B. Wahl gegebener Alternativen, Beantworten einer Frage). Proaktive Interaktion erlaubt darüber hinaus generierende Aktivitäten, die zu einzigartigen Konstruktionen und Elaborationen führen (z.B. Simulationen und Modellbildung, Testen eigener Hypothesen in virtuellen Laborexperimenten) (vgl. Schulmeister 1997, 47).

**Propositionale Repräsentation:** Mentale Repräsentation eines Gegenstands durch interne, nach bestimmten syntaktischen Regeln zusammengesetzte Symbole, durch die der Gegenstand in einer hypothetischen mentalen Sprache beschrieben wird.

**Schülervorstellung:** Typisches, naives, aus Alltagserfahrungen abgeleitetes kognitives Konstrukt von SchülerInnen, das von entsprechenden wissenschaftl. Konzepten stark abweicht und in Lernprozessen zu von ExpertInnen oft unterschätzten konzeptuellen Verständnisproblemen führt. Relativ bekannt sind inzwischen entsprechend bedingte Probleme z.B. beim Erwerb des Newtonschen Kraftbegriffes oder der Konzeptualisierung von Strom und Spannung.

**Selbststeuerung beim Lernen:** Selbstgesteuert sind Lernende insofern, als sie entscheiden, welche Informationen sie aufnehmen, wie sie diese verarbeiten und mit vorhandenem Wissen verknüpfen. Da Lernende immer auch mit von anderen Personen gebildeten oder konstruierten Instanzen interagieren, sind sie stets in gewissem Umfang fremdgesteuert. Lernen ist ein komplexer Handlungsprozess, daher gibt es eine Reihe von Komponenten, die unterschiedliche Grade und Formen der Selbststeuerung zulassen. Dies betrifft die Vorbereitung (Zielsetzung und Motivation), die Steuerung (Informationsverarbeitungsstrategien, die Organisation (z.B. Wahl, der Medien, Lehrkräfte, Materialien) und die Koordination (Einbettung in den Alltag). Da Selbststeuerung zugleich Ziel, Voraussetzung und Methode ist, ist nicht selbstverständlich, dass Lernende über entsprechende Kompetenzen verfügen. Selbststeuerung im Lernprozess muss daher gefördert und unterstützt werden (vgl. Reinmann-Rothmeier & Mandl 1997).

**Situiertes Lernen, situierte Kognition:** Lernen vollzieht sich nicht unabhängig von konkreten Situationen. Lernen ist in einen sozialen Kontext eingebunden. Merkmale der Situation werden immer mitgelernt und Wissen wird situationsspezifisch reaktiviert. Dadurch kann es zu Problemen beim Wissenstransfer kommen, wenn Lern- und Anwendungssituation zu weit differieren. Ein Reihe von lerntheoretischen Ansätzen (s. z.B. Cognitive Apprenticeship) trägt dem Rechnung, indem z.B. die Lernumgebung möglichst viele authentische Merkmale der mutmaßlichen Anwendungsumgebung übernimmt oder Probleme aus vielfältiger Perspektive und in vielfältige Situationen eingebettet bearbeitet werden (vgl. Urhahne et al. 2000, 170 ff).

**Supplantation** (Salomon 1979): Ein Vorgang der "Veräußerlichung" innerer Prozesse. Supplantation ist die Funktion, die durch eine explizite Präsentation dessen erreicht wird, was üblicherweise Lernende selbst intern zur Erreichung eines Lernziels tun müssen (vgl. Kerres 1998, 59).