

Hypermediagestützte Simulationssysteme - Neue Software-Werkzeuge in der beruflichen Bildung

Simulation ist eine experimentelle Methode; sie umfaßt die Nachbildung eines real existierenden oder ideellen Systems in ein Modell und das anschließende Experimentieren mit diesem mit der Zielsetzung, Erkenntnisse zu gewinnen, die gewisse Rückschlüsse auf das Originalsystem erlauben. Ein wesentliches *Potential* der Simulation ist der risikolose Umgang mit Modellen existierender oder gedachter 'Wirklichkeiten'. Es zeigt sich, daß mit Simulationen Zugänge zur Erschließung komplexer Vorgänge ermöglicht bzw. in manchen Fällen komplexe Realität überhaupt erst erfahrbar gemacht werden kann (Müller 1998).

Rechnergestützte Simulatoren können, – das belegen unterschiedliche Studien zum Einsatz rechnergestützter Simulationen in der beruflichen Bildung – auch im didaktischen Kontext eine bedeutende Rolle spielen, um Technik besser verstehen und bewältigen zu können (Kummer 1991; Kusch 1992; Roy 1995). Dies gilt insbesondere für solche Gegebenheiten, in denen die Durchschaubarkeit technischer Systeme mit gegenständlichen Mitteln nur begrenzt bzw. sogar nicht mehr möglich ist. So lassen sich im Zuge von Modellbildung, Experiment und Modellanimation in vielen Fällen verborgene, nicht unmittelbar wahrnehmbare Eigenschaften, Wirkungszusammenhänge, Funktionsprinzipien oder Prozesse technischer Systeme veranschaulichen oder explorativ erkunden. Hierdurch ergeben sich in vielen Bereichen der technischen Bildung didaktische Perspektiven, die mit Hilfe anderer Lehr- und Lernmedien kaum möglich sind. Zahlreiche Erfahrungsberichte zeigen aber auch, daß Simulationssysteme in der Regel nicht didaktischen Anforderungen gerecht werden (vgl. z.B. Müller 1998). Einschränkungen und Mängel zeigen sich vor allem in folgenden Punkten:

- Möglichkeiten der Simulation auf unterschiedlichen Abstraktionsebenen,
- Unterstützung verschiedener Sichtweisen und Perspektiven bei der Simulation durch Komponentenvielfalt und -heterogenität,
- Unterstützung individueller Vorgehensweisen bei der Simulation durch wahlfreie Navigationsmöglichkeiten in modularen Softwareumgebungen,
- Möglichkeiten der Prozeßkopplung zwischen Simulationsmodellen und Realsystemen.

Darüber läßt sich feststellen, daß rechnerbasierte Simulatoren in vielen Fällen eine sehr hohe Bedienungskomplexität besitzen, wodurch wertvolle Unterrichtszeit nur für das Erlernen der Handhabung eines Simulators verwendet werden muß.

Vor diesem Hintergrund wurde im Modellversuch "Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (*HYSIM*)" ein neues Konzept zur Gestaltung von Lernsimulatoren erforscht und an protoypischen Systemen evaluiert, das auf *Hypermedia* als Basistechnologie aufbaut. Dabei wurde von der These ausgegangen, dass Hypermedien neue Perspektiven zur Gestaltung von Simulatoren eröffnen, die eingige der oben genannten Defizite überwinden und damit den didaktischen Erfordernissen besser gerecht werden als verfügbare Simulationssysteme.

Lernen mit Hypermedien

Hypermedien¹ basieren auf multimedialen Informationseinheiten, die in Form hierarchischer und/oder netzartiger Strukturen gespeichert sind und entsprechend verarbeitet und dargestellt werden können (Mühlhäuser 1991, Kuhlen 1991). Sie unterstützen eine nicht-sequentielle Organisation und Verknüpfung von Programmen und digitalen Medien, wie Text, Graphik, Ton, Abbildungen, Animationen, Simulation, Video usw. mit Hilfe sog. *Hyperlinks*. Hyperlinks repräsentieren Beziehungen bzw. Verweise zwischen den einzelnen Informationseinheiten, diese können unterschiedlicher Natur sein, also verschiedene Bedeutungen besitzen (etwa *siehe im einzelnen, siehe auch, ist Teil von, läßt sich untergliedern in, folgt auf* u.ä.). Entsprechend der Art der Beziehung zwischen den Informationen kann zwischen semantischen und pragmatischen Verknüpfungen unterschieden werden. *Semantische Verknüpfungen* sollen das Verständnis von Hypermedia-Inhalten erleichtern, indem diese eine semantische Kohärenz zwischen verschiedenen Informationsknoten herstellen. *Pragmatische Verknüpfungen* bilden Verbindungen zwischen Knoten, die in einem spezifischen funktionalen oder kontextuellen Zusammenhang stehen.

Die Verknüpfungen innerhalb einer Hypermedia-Anwendung legen fest, wie die verschiedenen Informationseinheiten logisch strukturiert sind. Unterschieden werden können sequentielle, netzartige, hierarchische, gitterartige Strukturen sowie azyklische Graphen (Gloor 1990, S. 14). Netzartig verknüpfte Hypermedien beinhalten die komplexeste Struktur, hier können Informationen mit vielfältigen Querbeziehungen zwischen einzelnen Informationsblöcken erfaßt werden. Das Gesamtgebilde aus Knoten, Verknüpfungen und Pfaden wird deshalb auch als *Web* (engl. für Netz) bezeichnet. Aufbauend auf dem Hypermedia-Konzept lassen sich homogene Softwareumgebungen mit einer konsistenten Benutzungsoberfläche realisieren, die aus den unterschiedlichsten Programm-, Informations- und Medienbausteinen bestehen können. Dabei wird neben der nicht-sequentuellen Verknüpfung von Programmen und Daten vor allem auch die Möglichkeit unterstützt, verschiedene zeitunabhängige (Text, 2D/3D-Graphik) sowie zeitbasierter Medien (Video, Audio, Animation) in eine einheitliche Softwareumgebung integrieren zu können.

¹ Im folgenden werden die Begriffe Hypermedia und Hypertext synonym verwendet.

Für die Realisierung von Simulatoren eröffnet sich entsprechend die Möglichkeit unterschiedlichste Modellier-, Simulations- und Visualisierungsbausteine so in eine Lernumgebung integrieren zu können, daß Simulationssysteme entstehen, die besser als gängige Simulatoren *vielperspektivische* sowie *mehrdimensionale* Nutzungs- und Navigationsmöglichkeiten ermöglichen. Bedeutsam ist dies vor allem, wenn die Struktur und das Verhalten hoch-komplexer technischer Komponenten, Maschinen oder Anlagen mit Hilfe der Simulation experimentell erkundet werden soll.

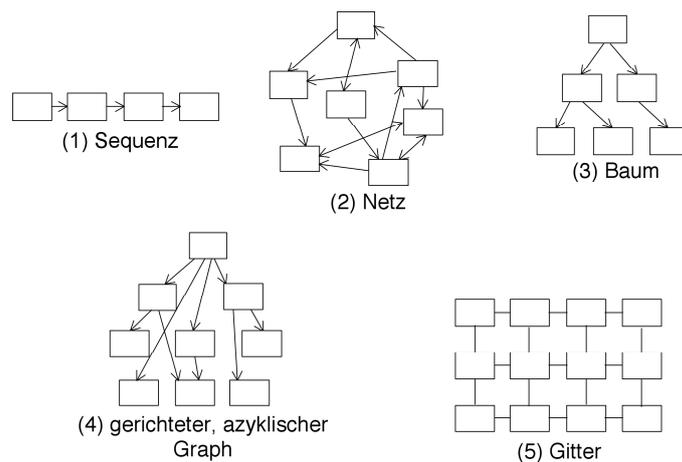


Abb. 1: Hypertext-/Hypermediastrukturen

Ob Hypermedien in lernpsychologischer Hinsicht Vorteile gegenüber anderen Lehr- und Lernmedien besitzen, ist abhängig von den spezifischen Bedingungen der jeweiligen Lehr-/Lernsituation und schwierig zu erforschen. Wie Schulmeister (1996) sicherlich zutreffend formuliert, wird zudem "... eine Evaluation der Lernprozesse beim Arbeiten mit Hypertext ... durch die komplexe Struktur des Hypertexts und die nahezu beliebige Freiheit, die er Lernenden gewährt, erheblich erschwert" (S. 245). Dennoch lassen bisherige Untersuchungen zum Einsatz von Hypermedien, darauf schließen, daß hypermediabasierte Anwendungen hilfreich beim Auf- und Ausbau orientierungs- und handlungsleitender Wissensstrukturen sein können. So kommen beispielsweise Böhle, Riehm und Wingert in einer Analyse von verschiedenen Hypertexten zu dem Ergebnis, "... daß die netzwerkartige Organisation von Inhalten in Hypertexten den kognitiven Verarbeitungsprozessen beim Menschen angemessener sei als die traditionelle lineare Präsentation von Ideen in gedruckten Medien" (Böhle/Riehm /Wingert 1992, S.12).

Aufgrund experimenteller Untersuchungen formulieren Spiro und Jehng (1990) die These, daß Hypermedia-Systeme sich besonders für das Lernen in "ill-structured domains" eignen, in denen kognitive Flexibilität gefordert, aber auch herausgebildet werden kann. Hypermedia-Systeme seien "... best suited for advanced learning, for transfer/application learning goals requiring cognitive flexibility, in complex and ill-

structured domains - rather than introductory learning ..." (S. 167). Die Autoren begründen ihre These damit, daß Hypermedien dem Benutzer vielfältige Verknüpfungsmöglichkeiten und Perspektiven bieten und hierdurch "multiple explanations, multiple analogies, multiple dimensions of analysis" (S. 167) möglich sind. Auch Gloor (1990, S. 152) charakterisiert das typische Browsing in Hypermedia-Systemen als eine Informationsfindungs-Strategie, die besonders gut geeignet ist, für unscharf definierte und unstrukturierte Probleme in einem Bereich, der dem Benutzer unbekannt ist. Durch die relative Offenheit von Hypermedien im Vergleich zu anderen rechnergestützten Lehr- und Lernmitteln ist in der Tat eine flexiblere Nutzung möglich: "Zu den Potentialen gehört sicherlich in erster Linie die Flexibilität im Zugriff auf Wissen. Lernsituationen sind in hohem Maße individualisierte Situationen, so daß Ausbildungsmaterialien auf unterschiedliche Fähigkeits-, Erfahrungs- und Verständnisebenen ... reagieren können sollten" (Kuhlen 1991, S. 180).

Durch die Möglichkeit von Hypermedia, über das gleiche Datenmaterial auf relativ einfache Weise ganz unterschiedliche Sichten definieren zu können, indem verschiedene Ausschnitte und Arten von Verknüpfungen verfügbar sind, verspricht Hypermedia, die Bedürfnisse unterschiedlicher Benutzergruppen und unterschiedlicher Kontexte mit dem gleichen Programm und Datenmaterial abdecken zu können. Dies erklärt u.a. auch das didaktische Interesse an Hypermedien, sie dort einzusetzen, wo Umfang, Reihenfolge und zeitliches Ausmaß im Umgang mit Lernmaterialien individuell von den Benutzern geregelt werden soll.

Hypermediabasierte Mehrebenensimulation

Aus der Theorie komplexer Systeme (Simon 1982) ist bekannt, daß es bei der Modellierung und Simulation solcher Systemen sehr hilfreich ist, wenn Modellkonfigurationen verwendet werden können, die eine schrittweise und iterative Vorgehensweisen auf verschiedenen *Stufen* der Systemkomplexität mit Hilfe unterschiedlicher (Teil-)Modelle im Sinne einer Mehrebenensimulation unterstützen. Dabei lassen sich grundsätzlich zwei verschiedene Konzepte zur Ebenenbildung unterscheiden und zwar die *Aggregation* und die *Abstraktion* (vgl. Müller 1998). Die Tabelle 1 zeigt beide Varianten im Überblick und die sich daraus ergebenden Empfehlungen für die Konzeption und Gestaltung von Simulatoren.

Für die Realisierung des Mehrebenenkonzeptes ist es erforderlich, einheitliche Umgebungen zu entwickeln, in der eine enge Integration und Kopplung zwischen verschiedenen Simulationsmodellen unterschiedlicher Aggregation und Abstraktion realisiert ist. Dabei ist zu fordern, daß die Assoziativität zwischen verschiedenen Modellierungsebenen durch eine entsprechende Strukturierung und Gestaltung der Benutzungsoberfläche unterstützt wird.

Ordnende Gesichtspunkte	Aggregation	Abstraktion
Prinzipien	Vereinigen oder Zerlegen	Verallgemeinern oder Konkretisieren
Hierarchiebildung	'part of'-Hierarchie	'is a'-Hierarchie
Beziehungsart zwischen Modellen unterschiedlicher Ebenen	besteht aus bzw. Teil von	abstrahiert als bzw. konkretisiert durch

Tab. 1: Konzepte zur Ebenenbildung

Die Integration und Kopplung softwarebasierter Simulationsmodelle kann – wie angedeutet – zweckmäßig auf der Basis von Hypermedia realisiert werden. Mit Hilfe eines hypermediabasierten Navigations- und Steuerungsrahmen besteht die Möglichkeit, (Teil-)Modelle in *Hyperknoten* zu integrieren und diese dann untereinander durch *Hyperlinks* zu verbinden. Die Abbildung 2 zeigt das Prinzip ein solches Mehrebenenmodell auf der Basis einer entsprechenden Hyperstruktur. Auf diese Weise lassen sich vielperspektivische, aus unterschiedlichen Modellier-, Simulations- und Visualisierungsbausteinen aufgebaute Mehrebenenensimulatoren implementieren, wobei die didaktischen Möglichkeiten der Simulation sich mit denen von Hypermedia ergänzen. Die Struktur einer solchen *hypermediabasierten Mehrebenenensimulationsumgebung* kann leicht unterschiedlichen Anforderung angepaßt werden, indem bei Bedarf Modellkomponenten anders verknüpft oder neue Modelle eingebunden werden, dabei können einzelne Knoten auch mit gegenständlichen Modellelementen bzw. Realsystemen über entsprechende Schnittstellen gekoppelt werden.

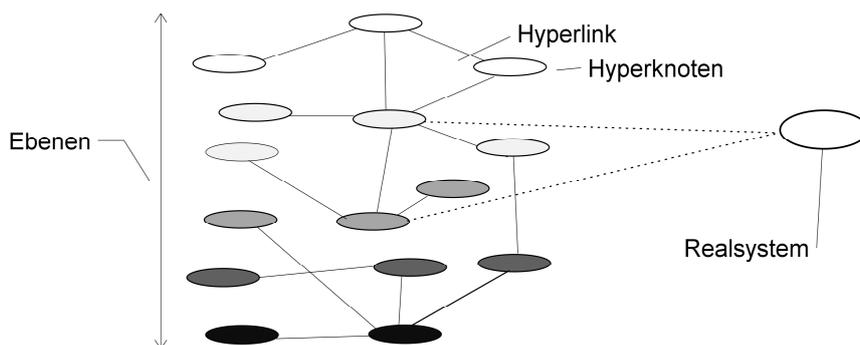


Abb. 2: Mehrebenenmodell auf der Basis einer Hyperstruktur

Anwendungsbeispiele

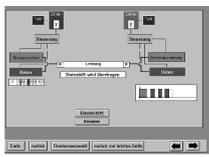
Im Modellversuch *HYSIM* wurden verschiedene hypermediabasierte Systeme, die auf das Konzept der Mehrebenensimulation aufbauen, entwickelt und evaluiert. Insgesamt sind sechs Simulatoren entstanden, die mit Hilfe des Autorensystems *ToolBook* erstellt wurden.

	Lernsoftware	Lerngruppen	Funktion der Software im Lernprozeß
1	Hypermediasystem 'Serielle Schnittstelle'	Kommunikations-elektroniker/-in	Einführung in die digitale Datenübertragung
2	Simulationssystem 'SPS-gesteuerte Pneumatik'	Industriemechaniker/-in	Unterstützung beim Aufbau von Steuerungen
3	Simulationssoftware 'Selbsthalteschaltungen'	Industriemechaniker/-in	Einführung in die Steuerungstechnik
4	Simulation eines Mikroprozessors	Techn. Assistent/-in für Informatik	Einführung in die maschinen-nahe Programmierung
5	Lernsystem 'Vakuumtechnik'	Phys.-techn. Assistent/-in	Kennenlernen einer phys. Experimentaleinrichtung
6	Untersuchungen von Simulatoren zur Robotik	FOS Elektrotechnik	Einführung in die Roboterprogrammierung

Tab. 2: Erprobte und dokumentierte Lernsoftware im Modellversuch *HYSIM*

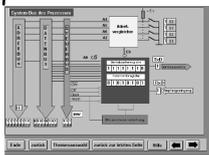
Erprobt und evaluiert wurden die entwickelten Systeme in fünf unterschiedlichen beruflichen Bildungsgängen (vgl. Tabelle 2). In der Regel erfolgte der Einsatz der Lernsoftware in Kombination mit anderen Lernmedien, wie beispielsweise schriftlichem Begleitmaterial und/oder Realsystemen.

Exemplarisch soll aus diesem Spektrum ein Beispiel herausgegriffen werden, an denen sich Elemente hypermediagestützter Simulation verdeutlichen lassen (vgl. Abb. 3). Es handelt sich dabei um das Hypermediasystem "Serielle Schnittstelle", das mit der Zielsetzung entwickelt wurde, den Schnittstellenbaustein eines konkreten Mikrocomputersystems so abzubilden, daß die Visualisierung der im Realsystem verborgen ablaufenden Vorgänge möglich und transparent wird. Der Simulator wurde als ein ergänzendes Lehr- und Lernmedium zu einem vorhandenen industrietypischen Microcomputersystem konzipiert. Die Lernsoftware wurde im Lernbereich Kommunikationselektronik in Kombination mit dem erwähnten Realsystem eingesetzt und mit Berufsschülern erprobt (vgl. Eblinger/Gräger/Tussinger 1997).



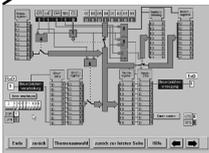
Anlagen-/Prozessebene:
Simulation einer seriellen
Datenübertragung

Modellvisualisierung:
dynamische Schemadarstellung
der Datenübertragung
(Protokoll)



Komponentenebene:
Simulation der Steuerung des
Schnittstellenbausteines

Modellvisualisierung:
dynamische Schemadarstellung
(Prinzipschaltbild) der
Baugruppe



Elementenebene: Simulation
des Schnittstellenbausteines
8251

Modellvisualisierung:
dynamische Schemadarstellung
(Blockschaubild) des
Schnittstellenbausteins

Abb. 3: Mehrebenensimulation einer seriellen Schnittstelle

Die Lernumgebung besteht aus unterschiedlichen Simulationsbausteinen, die jeweils durch zusätzliche Hilfe- und Informationsbausteine ergänzt werden. Die einzelnen Softwarebausteine sind so in eine hypermediale Struktur eingebunden, daß, der Komplexität des Gegenstands angemessen, die Lernenden in Teilschritten vorgehen können: So können auf der Prozessebene, die wesentlichen Funktionsprinzipien der seriellen Datenübertragung untersucht werden. Auf der Ebene einzelner Komponenten kann in einem weiteren Schritt die Einbindung der Schnittstelle in ein Rechnersystem simuliert werden. Schließlich besteht auf der Elementenebene die Möglichkeit, die Schnittstelle in ihrer gesamten Komplexität einschließlich ihrer Programmierung und Steuerung kennenzulernen.

Erfahrungen mit hypermediagestützten Lernumgebungen

Aus den prototypischen Softwarestudien und empirischen Untersuchungen, die im Modellversuch *HYSIM* durchgeführt wurden, ergaben sich vielfältige Impulse und Anregungen, insbesondere was die Konzeption, die Gestaltung und den didaktischen Einsatz hypermedialer Simulatoren betrifft. Im einzelnen konnten zu folgenden Fragen neue Ergebnisse und Erkenntnisse gewonnen werden: Integration von Hypermedia und Simulation, Möglichkeiten und Grenzen der Gestaltung hypermedialer Simulationssoftware, didaktische Wirksamkeit von Hypermedien und Antworten zu Fragen der Kombination von Realsystemen und Simulatoren.

Die zu Anfang dieses Beitrags zitierten Forschungsergebnisse zu den Vorteilen von Hypermedien in lernpsychologischer Hinsicht konnten im Modellversuch *HYSIM* nicht generell und grundsätzlich bestätigt werden. Dabei hat sich unsere These erhärtet, daß die Evaluation von Lernsoftware insbesondere, wenn sie auf die reine summative Betrachtung des Lernzuwachses ausgerichtet ist, unsinnig ist. Der in diesem Zusammenhang von Schulmeister (vgl. oben) vorgebrachten Kritik ist deshalb voll zu zustimmen. Dementsprechend wurde im Modellversuch *HYSIM* ein formatives Vorgehen gewählt, das vor allem auf qualitative Einschätzungen der beteiligten Schulpraktikern aufbaut und die umfangreich dokumentiert wurden (*HYSIM* 1997).

Bei der unterrichtspraktischen Erprobung der unterschiedlichen Softwarepakete zeigte sich, daß hauptsächlich zwei Faktoren das Lernen mit hypermediagestützten Simulatoren prägen:

- Erstens ist der Umgang mit solchen Systemen für viele Lernende neu und interessant: das Medium selbst wirkt motivierend.
- Zweitens ist die Möglichkeit, hypermediabasierte Simulationen für ausgewählte Fragestellungen innerhalb einer komplexen Thematik zu einem geeigneten Zeitpunkt einsetzen zu können, hilfreich für eine flexible, schülerzentrierte Gestaltung des Unterrichts.

Grundsätzlich konnten eine Steigerung der Schüleraktivitäten und zum Teil auch eine Verbesserung der Schülerselbsttätigkeit beobachtet werden. Ein wesentlicher Faktor

– so ist zu vermuten – besteht darin, daß Simulatoren generell spielerisches Experimentieren und Probehandeln fördern. Die Möglichkeit von angstfreiem Probehandeln durch die Simulation von Fehlern ist dabei pädagogisch besonders bedeutsam. Einige Lehrkräfte beklagten allerdings auch den Verlust ihrer 'didaktischen Regie' im Unterricht: Ein auf ein vorgeplantes Lernziel ausgerichtetes Lernen erwies sich bei dem Einsatz hypermedialer Systeme teilweise als relativ schwierig. Inwieweit dadurch tatsächlich Lernprozesse behindert oder vielleicht nur in andere – vom Lehrer nicht mehr zu kontrollierende – Bahnen gelenkt wird, ist schwer zu beurteilen.

Besondere Aufmerksamkeit erfordert der Einsatz von Hypermedien wenn Lerngruppen sehr inhomogen zusammengesetzt sind: Vor allem schwächere Schüler haben Schwierigkeiten sich in hypermedialen Systemen zu orientieren, wohingegen fortgeschrittene die netzartige Struktur eines Hypermediums vorwiegend positiv beurteilen. Hierdurch wird das Leistungsgefälle innerhalb einer Lerngruppe unter Umständen noch verstärkt. Diese Problematik, die auch in anderen Untersuchungen bestätigt wird, läßt sich durch den Einsatz spezifischer, didaktisch gestalteter Systeme und durch begleitende strukturierende Hilfen (z.B. Arbeitsblätter, zusätzlich personale Unterstützung) während des Unterrichts reduzieren, aber nicht beseitigen. Damit zeigt sich, daß die Problematik einer Informationsüberflutung und eines damit einhergehenden Orientierungsverlustes durch den Einsatz neuer digitaler Medien, wie z.B. Hypermedia verstärkt wird. Die vom Rechner vorgelegte Geschwindigkeit und Bearbeitungskapazität geht in vielen Fällen über die Möglichkeiten der Benutzer hinaus. Außerdem sind Anfänger im Regelfall nicht in der Lage, die Korrektheit von Programmen und Daten so zu überprüfen, daß sie die gewonnenen Fakten und Informationen verifizieren können.

Insgesamt muß festgestellt werden, daß nach den Erfahrungen im Modellversuch *HYSIM* das größte Hindernis bei der Nutzung von Hypermedien im Unterricht in der unzulänglichen Handhabbarkeit der Hard- und Software liegt. Insbesondere ist der Zeitaufwand für die Installation und Wartung der Systeme zu groß. Lehrkräfte beklagen darüber hinaus die kurzen Innovationszyklen und die daraus resultierenden Probleme der Konsolidierung von Ausstattungs- und Medienkonzeptionen.

Was die konkreten Entwicklungsarbeiten zur Implementation eines Mehrebenensimulators angeht, zeigte sich, daß Hypermedia-Autorensysteme – unabhängig von den in der Anwendung darzustellenden Inhalten – zunächst nur ein rein technisches Hilfsmittel zur Verfügung stellen. Dementsprechend ergeben sich für die Softwareentwicklung breite Spielräume und für die Gestaltung von Benutzungsoberflächen einer Hypermedia-Anwendung unter anderem folgende Probleme:

- Bei der Gestaltung der Benutzungsoberfläche muß berücksichtigt werden, daß der thematische Zusammenhang zwischen Informationseinheiten innerhalb einer Hypermedia-Anwendung durch eine entsprechende visuelle Darstellung verdeutlicht wird.
- In der symbolisch-räumlichen Umgebung eines Hypermedia-Systems benötigt der Benutzer entsprechende Navigationshilfen.

- Reichhaltige Navigationshilfen können auch von den eigentlichen Lernzielen ablenken und die Aufmerksamkeit auf die Programmbedienung statt auf die Inhalte lenken.

Ferner wurde in den Untersuchungen deutlich, daß die *ästhetische Seite* bei der visuellen Gestaltung von Benutzungsoberflächen für Hypermedia-Anwendungen im wesentlichen auch eine *funktionale* Bedeutung hat: Insbesondere bei komplexen Hyperstrukturen trägt eine sorgfältig gestaltete Benutzungsoberfläche dazu bei, Beziehungen zwischen Informationen zu verdeutlichen und die Orientierung des Benutzers zu unterstützen, ohne dabei aufdringlich zu wirken. Die visuelle Darstellung muß sich dabei auf das Wesentliche beschränken und die Information in den Mittelpunkt stellen. Nicht alles, was spektakulär und technisch realisierbar ist, sollte implementiert werden.

Die prototypischen Studien haben grundsätzlich gezeigt, daß das Konzept der Mehrebenensimulation eine wichtige Weiterentwicklung innerhalb der Simulationstechnik darstellt – allerdings nicht nur aus einer informationstechnischen, sondern insbesondere auch aus einer didaktischen Perspektive.

Unterstellt man die *kognitive Plausibilität* von Hypermedien (vgl. Kuhlen 1991, S. 182), können durch hypermediale Mehrebenensimulationen Lernprozesse in besonderer Weise unterstützt werden. Positive Erfahrungen, die Lehrer mit dem Konzept der Mehrebenensimulation im Unterricht gesammelt haben, bestätigten dies. Dabei sind die didaktischen Möglichkeiten von Hypermedia in erster Linie darin zu sehen, *Brücken* zwischen Konkretem, Gegenständlichem und Abstraktem, Virtuellem zu unterstützen. Im Modellversuch *HYSIM* wurden deshalb unterschiedliche Varianten des unterrichtlichen Einsatzes hypermediagestützter Simulationen in Kombination mit Realsystemen erforscht. Dabei bestätigte sich, daß eine einseitige Orientierung an multimedialen Lehr- und Lernkonzepten in die falsche Richtung führt: sie bedeutet den Verlust an Gegenständlichkeit und Durchschaubarkeit. Dies ist einleuchtend, denn bei der heutigen multimedial ausgerichteten Lernsoftware zieht der Bildschirm die ganze Aufmerksamkeit des Lernenden auf sich, hierbei reduzieren sich Lernaktivitäten auf wenige Tätigkeiten, die meist auf die Interaktion mit der Rechnerperipherie beschränkt sind. Betrachtet man Lehr- und Lernprozesse aus der Perspektive unterschiedlicher sachbezogener, sozialer, herstellender, darstellender, realer und symbolischer Tätigkeitsformen, wie sie Aebli in seiner "Taxonomie bildender Tätigkeiten" (Aebli 1995) ausführlich dargelegt hat, wird deutlich, daß Multimedia nur eine sehr geringe Menge möglicher lernförderlicher Aktivitäten abzudecken vermag. Folglich ist nur ein *integrativer Ansatz* didaktisch sinnvoll, bei dem der Einsatz rechnerbasierter Simulationssysteme in Verbindung mit gegenständlichen Modellen (oder Realsystemen) angestrebt wird. Auf diese Weise kann direktes und indirektes Lernen mit konkret-stofflichen Medien und rechnerbasierten, symbolischen Modellen kombiniert werden. Hierdurch bleiben einerseits sensomotorische Erfahrungsmöglichkeiten erhalten, andererseits können die didaktischen Potentiale von Simulationen mit den Vorteilen anderer Medien kombiniert werden.

Hypervernetzte Simulationen haben durch das *World-Wide-Web* inzwischen eine noch größere Bedeutung gewonnen als dies zu Anfang des Projektes *HYSIM* abzusehen war. Neue Konzepte sind deshalb zu erwarten (Fishwick 1996). Gemessen daran, wie lange andere Medien (Buch, Film) brauchten, um sich theoretisch und praktisch zu entwickeln, existieren in dem Bereich hypermediagestützter Lehr- und Lernmedien noch zu wenig Erfahrungen, um angemessene didaktische Konzepte formulieren zu können. Es sind noch deshalb viele unterrichtsnahe Studien – wie sie im Projekt *HYSIM* durchgeführt und wissenschaftlich begleitet wurden – erforderlich und sinnvoll.

Literatur

- Aebli, H. (1995): Grundlagen des Lehrens. Eine Allgemeine Didaktik auf psychologischer Grundlage. 3. Aufl. Stuttgart
- Böhle, K./Riehm, U./Wingert, B. (1992): Bücher über Hypertexte und Hypertexte der Bücher - Erfahrungen aus einer Evaluation. In: Vortragspapiere - Hypersystem-Konzepte in Medien und kultureller Produktion II. Lüneburg
- Eblinger, K./Gräger, G./Tussinger, P.(1997): Hypermediasystem zum Thema "Serielle Schnittstelle". In: HYSIM 1997, S. 187-192
- Fishwick, P.A. (1996): Web-Based Simulation: Some Personal Observations. In: 1996 Winter Simulation Conference, December, San Diego, CA, pp. 772-779. [Online]. URL: <http://www0.cise.ufl.edu/~fishwick/tr/tr96-027.html>
- Gloor, P. A. (1990): Hypermedia - Anwendungsentwicklung. Stuttgart
- HYSIM (1997): Sen. f. Bildung, Wissenschaft, Kunst und Sport Bremen (Hrsg.): Modellversuch "Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM)". Abschlußbericht. Bremen.
- Kuhlen, R. (1991): Hypertext. Ein nicht-lineares Medium zwischen Buch und Wissenschaft. Berlin/Heidelberg
- Kummer, R. R. (1991): Computersimulation in der Berufsschule: Entwicklung und Evaluation eines Konzepts zur Förderung kognitiver Komplexität im Politik- und Wirtschaftslehre-Unterricht. Frankfurt am Main; Bern; New York; Paris. Zugl. Diss. Univ. Paderborn 1990
- Kusch, W. (1992): Eine vergleichende Bewertung von zwei CNC-Ausbildungskonzepten. Computersimulations- und werkzeugmaschinenorientierte Ausbildung. Diss. phil. TU München
- Mühlhäuser, M. (1991): Hypermedia-Konzepte zur Verarbeitung multimedia Informationen. In: Informatik-Spektrum (1991) 14, S. 281-290

- Müller, D. (1998): Simulation und Erfahrung. Ein Beitrag zur Konzeption und Gestaltung rechnergestützter Simulatoren für die technische Bildung. Diss. phil. Universität Bremen (im Druck)
- Roy, B. (1995): Simulation als handlungsorientiertes Medium in der Beruflichen Bildung. Entwicklung eines Lehr- und Lernkonzeptes mit Simulatoren zur Handhabungstechnik. Diss. phil. Universität Bremen
- Schulmeister, R. (1996): Grundlagen hypermedialer Systeme. Theorie-Didaktik-Design. Bonn, Paris
- Simon, H. A. (1982) : The Sciences of the Artificial. Cambridge
- Spiro R.J./ Jehng, J.-Ch. (1990): Cognitive Flexibility and Hypertext: Technology for the Nonlinear and Multidimensional Traversal of Complex Subject Matter. In: Nix. D./Spiro. R.J. (eds): Cognition. Education, and Multimedia. Exploring Ideas in High Technology. Hillsdale, NJ u.a. pp163- 205