



Gegenständliche Modelle mit dem Datenhandschuh begreifen

Eine Lernumgebung für den Technikunterricht

Bernd Robben, Eva Hornecker
Universität Bremen
Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec)
Bibliotheksstraße (MZH)
28334 Bremen

Wir arbeiten an der Entwicklung einer computer- und mediengestützten Lernumgebung besonderer Art für den Aufbau und die Simulation pneumatischer Schaltungen. Anders als bei herkömmlichen Multi- und Hypermedia-Systemen oder Simulationsprogrammen geht es nicht in erster Linie um die mehr oder minder logische Darbietung von Lernstoff oder die Visualisierung von abstrakten Zusammenhängen. Unser Hauptanliegen ist die *Kopplung* des Arbeitens in einer realen stofflichen Lernumgebung mit dem Experimentieren an computergenerierten Modellen. In einem entdeckenden Lernen soll es möglich sein, fließend zwischen materiellen Gegenständen und symbolischen Repräsentationen hin- und herzugehen. Für die berufliche Bildung scheint dieses Vorgehen besonders sinnvoll, da es Übersetzungen zwischen — für BerufsschülerInnen oft schwer verständlichen — abstrakten Sichten und konkreten *beGreifbaren* Modellen ermöglicht. Diese ungewöhnliche Art der Mediennutzung, schließt außer audiovisuellen Sinnen *ausdrücklich* taktile und kinästhetische Wahrnehmung mit ein. Durch seinen ganzheitlichen Ansatz eignet sich die von uns konzipierte Lernumgebung besonders für einen erfahrungs- und handlungsorientierten Unterricht.

Voraussetzungen

Unser Konzept gründet auf Erfahrungen aus einem mehrjährigen Modellversuch an Bremer Berufsschulen [HYSIM97] über Entwicklung und Einsatz von Hypermedia-Systemen für den Unterricht. Ziel des Modellversuchs war, zu erkunden, inwieweit Hypermedia-Systeme für entdeckendes Lernen und einen handlungsorientierten Unterricht geeignet sind. Die Ergebnisse sind recht unterschiedlich und differenziert, etwa nach genauen Qualifikationsanforderungen eines Lehrberufs oder verschiedenen Softwarepaketen. Insgesamt läßt sich das Fazit ziehen, daß Simulationsprogramme und Hypermedien so gestaltet und eingesetzt werden *können*, daß sie ein experimen-

tierendes Lernen ermöglichen und fördern. Jedoch bleiben eine Reihe offener Einzelfragen und zwei unseres Erachtens zentrale Problemfelder:

- Der Einsatz von Hypermedia tendiert dazu, den bisher üblichen Umgang mit physikalisch gegenständlichen Modellen ganz zu ersetzen. Dies mag aus Kostengründen vielleicht wünschenswert sein, läßt sich pädagogisch aber keineswegs rechtfertigen. Folge ist die Reduzierung der Wahrnehmung auf den audiovisuellen Bereich, was nicht nur eine problematische Reduzierung sinnlicher Erfahrung bedeutet, sondern auch dazu führt, daß eine Reihe von im Realen auftretenden Problemen im Unterricht verschwinden, weil sie — da stofflicher Art — auf dem Bildschirm nicht erscheinen können.
- Für BerufschülerInnen ist es oft schwierig, abstrakte Modelle — seien sie herkömmlich auf Papier oder Wandtafel, seien sie durch Computermedien dargestellt — wieder auf real-stoffliche Anlagen zu beziehen. Simulationsprogramme ermöglichen zwar anders als Zeichnungen oder Beschreibungen in Lehrbüchern einen experimentellen Umgang mit dem Unterrichtsgegenstand, aber die Übersetzung der durch den Computer dargestellten Modelle auf reale Probleme bleibt für viele schwierig.

Um diese Mängel zu überwinden, entwickeln wir eine Lernumgebung, die ganzheitlicher ist, nicht nur Gesichts- und Hörsinn anspricht und Übersetzungen zwischen gegenständlichen Modellen und abstrakten Repräsentationen ermöglicht. Dabei stützen wir uns auf ein neues Konzept zur Gestaltung von Mensch-Computer-Schnittstellen, das in unserem Forschungsinstitut entstanden ist [Bru93]. Ähnlich wie beim Ansatz der „Virtual Reality“ werden andere Ein- und Ausgabemedien als Tastatur, Maus und Bildschirm verwendet. Virtual Reality Systeme wollen neue Wahrnehmungsmöglichkeiten erschließen, indem Sie die BenutzerInnen in künstliche computergenerierte dreidimensionale Bild-Welten eintauchen lassen.

Im Gegensatz dazu interagieren bei unserem Ansatz die BenutzerInnen in der gewohnten natürlichen real-stofflichen Umgebung. Über eine entsprechende Sensorik werden ihre Handlungen erfaßt und an Modellwelten im Rechner gekoppelt. In Absetzung und bewußter Ironisierung des Begriffs „Virtual Reality“ nennen wir unseren Ansatz „Real Reality“. Im Folgenden beschreiben wir die Lernumgebung für Pneumatik-Schaltungen, die wir derzeit prototypisch entwickeln. Im Anschluß diskutieren wir deren Relevanz für die berufliche Bildung.

Eine rechnergestützte Lernumgebung mit stofflichen Pneumatik-Schaltungen

Wir verwenden industrietübliche Modellbaukästen, wie sie auch im bisherigen Berufsschulunterricht üblich sind, sowie vorhandene Simulationsprogramme zur Erstellung und Erprobung von pneumatischen Schaltungen und koppeln diese. Die SchülerInnen experimentieren zunächst mit den stofflichen Bauelementen (Zylinder, Ventile,

Schläuche etc.) und bauen damit auf einer Stecktafel eine Schaltung auf. Der Rechner bleibt in dieser Phase im Hintergrund; die Lernenden operieren im Realen. Ohne daß sie ihre Aufmerksamkeit darauf lenken müssen, baut parallel zu ihren Aktionen der Rechner intern die entsprechende ‚virtuelle‘ Schaltung auf. Konkret heißt das zweierlei: Erstens stellen wir eine 3-D-Visualisierung zur Verfügung, die zu jedem realen Objekt ein imaginäres Zwillingsobjekt am Bildschirm visualisiert. Zweitens koppeln wir das reale Modell mit einem Simulationsprogramm. Das Design der Schaltung, welche die Schüler im Realen aufgebaut haben, wird mit ihrer Funktionalität durch das Simulationsprogramm am Bildschirm nachgebildet.



Gruppenarbeit an der Pneumatikschalttafel
(Tafel von FESTO©)

Damit dies funktionieren kann, bedarf es einer Sensorik, die dem Computer die für seine interne Repräsentation notwendigen Daten liefert. Prinzipiell gibt es mehrere Möglichkeiten: Die Bauelemente könnten mit Sensoren ausgestattet werden, eine Kamera könnte die Aktionen der NutzerInnen aufzeichnen. Auf der Informatik-Ebene entstehen dabei immer schwierige und rechenintensive Mustererkennungsprobleme. Um diese für unseren Prototyp zu minimieren, arbeiten wir mit einem Datenhandschuh. Unter Verwendung von Gestenerkennungs-Algorithmen können wir so die notwendigen Daten extrahieren.

Die Lernenden hantieren an der realen Schaltung und erstellen dabei indirekt das virtuelle Modell. Wenn Zweifel über die Funktionsfähigkeit der Schaltung oder

die Funktionsweise eines Schaltelementes auftauchen, können sie sich Informationen dazu aus dem Computermodell holen. Aber auch in dieser Phase bleiben sie den stofflichen Modellen zugewandt, formulieren ihre Anfragen durch Gesten. Etwa führt eine Zeigegeste dazu, daß der Computer Informationen über ein bestimmtes Schaltelement bereitstellt, eine andere dazu, daß die Simulation der Schaltung beginnt.

Damit der Medienbruch beim Übergang vom real-stofflichen Modell zum virtuellen Computermodell gering bleibt, sollen Anfragen an das Computermodell möglichst durch Handgesten und nicht über die Tastatur erfolgen. Denkbar ist auch eine sprachliche Eingabe über wenige Kommandos. Statt des kleinen Bildschirms werden wir Wandprojektionen zu verwenden, mit denen die Gruppe von Experimentierenden arbeiten kann. Einfaches Testen der Schaltung sowie Hilfestellung zu Name und Funktion von Schaltelementen durch das Simulationsprogramm sind somit möglich, ohne sich vom realen System abzuwenden. Denkbar, aber bisher nicht realisiert, sind auch Projektionen auf die Schalttafel im Sinne von Augmented Reality

Wir müssen hier jedoch betonen, daß unser System sich noch in einem wissenschaftlichen Experimentierstadium befindet. Technisch bereitet das Trackingsystem, das die Ortskoordinaten der Hand erfaßt, noch große Schwierigkeiten. Da die bisher verfügbaren erschwinglichen Systeme von Metall erheblich gestört werden, können wir bisher nur an einem von uns nachgebauten Holzmodell die prinzipielle Machbarkeit unseres Konzepts nachweisen.



Pneumatik-Schalttafel

Datenhandschuhe
bzw. Kameras

Projektionsfläche

Rechner zur Gestenerkennung
und Simulation

Die Bedeutung von sinnlichem Erfahrungslernen

Ausgangspunkt des „Real Reality“-Ansatzes ist: Ganzheitliche sinnliche Erfahrungen mit anfaßbaren real-stofflichen Wirklichkeiten sind fundamental für die menschliche Bildung. Angeregt wurden wir von arbeitspsychologischen Untersuchungen, die auf die grundlegende „Rolle der sinnlichen Erfahrung und eines gefühlsmäßig geleiteten Handelns im Arbeitsprozeß“ verweisen [BöMi88, S.10]. Böhle/Milkau setzen ihr Konzept des subjektivierenden Arbeitshandelns gegen die Vorstellung, die zunehmende Rationalisierung und Automatisierung des Produktionsprozesses erfordere beim Facharbeiter im Wesentlichen ein objektivierbares, kognitives technisches Wissen. Auch moderne computergesteuerte Maschinen verlangen vom Facharbeiter über intellektuell-analytische Fähigkeiten hinaus ein Gefühl für das Material, einen „sechsten Sinn“ für das Funktionieren von Produktionsanlagen, eine offene und breite Wahrnehmung und plastisches Vorstellungsvermögen. Erfahrungs- und Prozeßwissen kann nur im Umgang mit Materialien, Werkzeugen und technischen Systemen erworben werden. Die Berufsschule sollte die Fähigkeit, Erfahrungen zu machen, fördern; sie sollte Gelegenheiten zum Ausprobieren und Austesten der Eigenschaften und Grenzen von Materialien und Arbeitsgegenständen bieten [Bö91].

Deshalb versuchen wir eine Lernumgebung zu entwickeln, die die Sinne der SchülerInnen nicht auf den audiovisuellen Bereich reduziert, sie nicht zwingt, nach einer Computerlogik am Bildschirm zu arbeiten. Stattdessen soll es möglich sein, in einer alle Sinne umfassenden Umgebung möglichst natürlich experimentieren zu können. Die Lernenden sollen die Schwere pneumatischer Schaltelemente in der Hand fühlen können. Nur durch Arbeit mit realen stofflichen Bauteilen läßt sich die Widerständigkeit des Materials erfahren. Erst wer die Kraft von Druckluft spürt, erhält ein Gefühl dafür, wie sorgfältig die Elemente befestigt werden müssen. Reale Schläuche verheddern sich ganz anders als ihre auf dem Bildschirm visualisierten schematischen Pendants. Unser Ziel ist, daß diese stoffliche Welt nicht als eine von der logischen Welt von Schaltplänen und Weg-Schritt-Diagrammen völlig getrennte erscheint. Stattdessen wollen wir Hilfen für die Übersetzung zwischen beiden Anschauungs- und Erkenntnisebenen zur Verfügung stellen.

„Real Reality“ und erfahrungs- und handlungsorientierter Unterricht

SchülerInnen lernen intensiver, wenn Lernen mit konkretem Erleben und Erfahrung in einem vertrauten Kontext verbunden ist. Begriffe und Konzepte werden besser verstanden, wenn sie in praktischen Tätigkeiten entdeckt und erprobt worden sind. Diese Einsicht gilt nicht nur für die berufliche Ausbildung im Betrieb, sondern entspricht auch der Erfahrung von LehrerInnen in der Berufsschule. Deshalb ist „Handlungsorientierung“ eine jener pädagogischen Leitideen, über die spontanes Einverständnis hergestellt werden kann — auch bei ansonsten sehr unterschiedlichen Vorstellungen von Bildung (siehe [HoSch95, Arn90, JaMe91]). „Handlungsorientierung“ hat verschiedene Dimensionen. Es beinhaltet ein experimentelles und entdeckendes Lernen, das wir mit unserem System auf doppelte Weise unterstützen: Zum einen durch die Möglichkeit des Probierens am stofflichen Modell, zum anderen indem Übergänge zwischen praktischen und theoretisch abstrakten Lernphasen fließend möglich sind. Für das technische Lernsystem bedeutet dies, daß es modular aus verschiedenen Komponenten aufgebaut sein muß, die in einer einheitlich zu bedienenden Umgebung integriert sind. Im Vordergrund sollten die entsprechenden Lerninhalte stehen. Dagegen dürfen sich Fragen der Bedienung des Lernmediums nicht in den Vordergrund schieben. In einer solchen Forderung sehen wir eine wichtige Anforderung an die Informatik.

Hypermedia-Lernsysteme ermöglichen meist nur isoliertes individuelles Lernen. Wenn LehrerInnen Visualisierungen auf eine Leinwand projizieren, erzeugt der Einsatz von Neuen Medien nur moderne Formen von passivem Frontalunterricht. Wir möchten dagegen ein kooperatives handlungsorientiertes Erfahrungslernen mit unserer Lernumgebung fördern. Mit ihr soll eine Gruppe von SchülerInnen arbeiten können. Diese experimentieren gemeinsam am realen Modell und diskutieren und reflektieren Probleme mit Unterstützung durch die im Computer gespeicherten Modelle und Informationen. Erleichtert wird dies schon dadurch, daß bei der Arbeit an traditionel-

len Schalttafeln und Experimentiertischen ein gemeinsamer Interaktions- und Kommunikationsraum entsteht. Ein vorrangiges Ziel ist, daß mehrere SchülerInnen *gleichzeitig* am Modell hantieren können. Für unser System heißt das, daß es imstande sein muß, mehrere Datenhandschuhe gleichzeitig zu verwalten, eine Forderung an die Hard- und Softwaregestaltung, die uns weit wichtiger erscheint, als die Verbesserung dieser oder jener Grafik.

Rechnergestütztes Erfahrungslernen — ein Widerspruch?

Wenn wir so sehr die Notwendigkeit des Lernens in real-stofflichen, mit allen Sinnen erfahrbaren Umgebungen betonen, so erscheint es zunächst als Widerspruch, rechnergestützte Lernumgebungen zu entwickeln. Wäre es nicht logischer auf den Computer ganz zu verzichten? Diesen Einwand nehmen wir sehr ernst. Wann Computer im Unterricht eingesetzt werden sollten und wann besser nicht, sollte immer eine offene Frage sein, die LehrerInnen und SchülerInnen jeweils ihrer Situation angemessen entscheiden. Eine Forderung des völligen Verzichts des Einsatzes von Computern übersähe aber, daß die „natürlichen“ Arbeitsumgebungen der FacharbeiterInnen (zunehmend) computerisiert und mediatisiert sind. Diese Arbeitswirklichkeit sollte sich auch in den Lernmedien der beruflichen Bildung finden, was wir mit unserer Lernumgebung umzusetzen versuchen: Übergänge zwischen der realen physischen Welt der Arbeitsstätte, ihrer Anlagen und ihren computergesteuerten Repräsentationen ermöglichen.

In vielen Fällen mag im Unterricht das real-stoffliche Modell ausreichen, oder es ist effektiver, allein mit Lehrbuch, Wandtafel und Papier zu arbeiten. Unsere Lernumgebung verstehen wir als weiteres Hilfsmittel und Medium, das den bisherigen Unterricht nicht ersetzen, sondern bereichern will, und zwar um Möglichkeiten, die sich nur computergestützt erreichen lassen.

„Real-Reality“ und Hypermedia

Wir verwirklichen unseren Ansatz, indem wir Eingabemedien, die eine Ankopplung an real-stoffliche Modelle ermöglichen, mit Simulationsprogrammen und Hypermedia-Tools verbinden. Eine Verbindung ist nur möglich mit solchen Systemen, die ein experimentelles Arbeiten unterstützen. Sinnvoll kann ein hypertextartiges kontextsensitives Nachschlage- und Hilfesystem, können auch Simulationsprogramme sein, die sonst unsichtbare Zusammenhänge sichtbar machen oder Programme, mit denen die Funktionsfähigkeit von Schaltungen überprüft werden. Ungeeignet erscheinen uns solche Ansätze des Computer Based Trainings, die früheren Versuchen programmierbaren Lernens gleichen. Solche Pakete mögen zum individuellen Training oder Selbstlernen geeignet sein, für einen Einsatz im Unterricht scheinen sie uns ungeeignet. (Einzelfallstudien in [HySim97])

Nur zustimmen können wir Hasebrook [Ha95, S. 58 - 60], daß die Kombination möglichst vieler unterschiedlicher Medien nicht an sich schon ein Wert ist, wie es die Versprechungen der Anbieter mancher Multimedia-Software unterstellen. Es kommt immer darauf an, ob ein bestimmtes Medium das jeweiligen Lerngebiet adäquat darstellt. Wann ist das aber der Fall? Bei neuen Medien ist das eine überaus komplexe Gestaltungsfrage. Anders etwa als bei der Konzipierung eines Lehrbuchs gibt es dafür kein gewachsenes Erfahrungswissen, das sich konsultieren ließe. Hypermedia sind etwas völlig Anderes als auf dem Computer-Bildschirm dargestellte Lehrbücher. Sie konstituieren einen neuen „Schreibraum“, der nicht wie die Schrift des Buches an die menschliche Stimme gebunden ist [Bo91]. Für die Gestaltung einer Schnittstelle zu diesem „Schreibraum“ scheint es konsequent, nicht nur die Tastatur und Maus als Eingabegeräte zu verwenden. Als Gestaltungsprinzipien versuchen wir uns zu orientieren an den Ergebnissen der Forschung zur Mensch-Computer-Interaktion. Als vorbildlich können immer noch die Macintosh Human Interface Guidelines angesehen werden, mit Prinzipien wie Metaphernbildung, Konsistenz, Benutzer- statt Computerkontrolle, Fehlertoleranz usw. Diese für graphische Benutzungsschnittstellen entwickelten Prinzipien versuchen wir auf unser Konzept zu übertragen. Dabei formulieren wir folgendes Prinzip: BenutzerInnen sollen unsere Umgebung so handhaben können, daß sie mit dem realen Modell auf natürliche Weise, so wie sie es gewohnt sind, umgehen können.

Das Problem „Natürlichkeit“

Zunächst ist es uns wichtig, uns gegen ein mögliches Mißverständnis abzugrenzen. Unsere rechnergestützte Lernumgebung realisiert *kein* detailgetreues Abbild der Realität. Es ist auch nicht Ziel, die reale Szene der SchülerInnen und ihrer Aktivitäten vollständig im Rechner zu repräsentieren. Als InformatikerInnen möchten wir betonen, daß Computer dazu auch prinzipiell nicht in der Lage sind. Mit Hilfe von Computern läßt sich nie unmittelbar die reale Welt selbst, sondern lassen sich immer nur schon aus der Welt abstrahierte Symbolsysteme in digitalen Code transformieren. Die so zu Daten geronnenen Informationen kann der Computer manipulieren und in neue Symbolsysteme rückübersetzen, die medial für Menschen erfahrbar werden. Das heißt, wir wollen mit unserer Lernumgebung eine Übersetzung, einen Übergang zum Arbeiten mit real-stofflichen Modellen ermöglichen, mit denen BenutzerInnen möglichst „natürlich“ arbeiten können. Das bedeutet aber nur, daß die Umgebung leicht handhabbar sein soll, ohne daß sich die SchülerInnen ihren Umgang mit dem System durch eine Computerlogik bestimmen lassen. Und nur sehr eingeschränkt bedeutet das, daß sie sich völlig „natürlich“ verhalten können. Was sich „natürlich verhalten“ heißt, kann nur kontextabhängig gesagt werden und verändert sich durch das Medium selbst. Ein neues Konzept wie der Real Reality Ansatz muß dabei seine „natürliche“ Form erst in einem Gestaltungsprozeß finden.

In unserem Beispiel müssen die Gesten der SchülerInnen vom System in Daten übersetzt werden, die dann mit Hilfe des Computers in Bezug auf ein virtuelles Modell

von Pneumatik-Schaltungen interpretiert werden. Dadurch ist ein enger Kontext festgelegt, in welchem definiert werden kann, was möglichst „natürliches“ Verhalten sein soll.

Da in unserem Modell Anfragen an den Computer über Handgesten erfolgen, ist für uns die Frage wichtig, was in unserem Kontext natürliche Gesten sind. Aus dem bisher Gesagten wird schon deutlich, daß das *nicht* einfach *alle* menschlichen Gesten sein können. Deren oft wechselnde Bedeutung zu erfassen wäre für den Computer unmöglich und wird von uns auch nicht angestrebt. Die Lernumgebung soll ein möglichst gut handhabbares Werkzeug oder Medium für Experimente an pneumatischen Schaltungen sein. Zur Verdeutlichung: Wenn jemand eine vorgegebene Eingabegeste benutzt, um jemandem einen Vogel zu zeigen, so wird das System diese Geste nicht als „jemandem den Vogel zeigen“ interpretieren. Das begreifen wir nicht als Mangel des Systems sondern als seine Kontextadäquatheit. Dieses Beispiel soll schlaglichtartig verdeutlichen, wie wichtig die Festlegung und Gestaltung eines handhabbaren und für den Computer berechenbaren Kontextes beim Design der Lernumgebung ist und wo die Grenzen eines Computersystems liegen und auch liegen sollten.



Aber kommen wir zurück zu den Fragen: Welche Eingabegesten sollen zulässig sein? Welche Gesten erlauben ein „natürliches“ Handhaben des Systems? Wir arbeiten bisher mit sehr wenigen „einsichtigen“ Gesten wie Greifen, Loslassen, Bewegen, Zeigen.

Was weitere „eingängige“ Gesten sein könnten, ist uns noch relativ unklar. Möglich wären Greifen von bestimmten Richtungen aus, Entlangfahren

an Gegenständen, besondere Zeigegesten. Prinzipiell sind Menschen zum Erlernen von relativ vielen komplexen Gesten fähig, wie die Gestensprachen von Gehörlosen zeigen. Für eine Lernumgebung in der Schule erscheint uns eine Beschränkung auf wenige leicht lernbare Gesten aber richtiger.

Noch an einem anderen Beispiel möchten wir deutlich machen, daß unser Ansatz keine Eins-zu-Eins-Übersetzung zwischen real-stofflichem und virtuellem Modell meint. Es geht nicht darum, die Schaltelemente immer als möglichst detailgenaue 3-D-Bilder im virtuellen Modell präsent zu halten; technische Zeichnungen, Schaltzeichen sind meist viel informativer. Ein 3-D-Modell wäre nur interessant, wenn es Sichten ins Innere der Schaltelemente erlaubt, die im stofflichen Schaltelement nicht sichtbar sind, welche aber Einsichten in die Funktionsweise des Elementes erlauben. Eine gute rechnergestützte Visualisierung macht also meist etwas Unsichtbares sichtbar und versucht nicht, ein möglichst detailgenaues Abbild eines stofflichen Gegenstandes zu geben.

„Real Reality“ als Grundlage für weitere Lernumgebungen

Das Lernthema pneumatischer Schaltungen ist ein exemplarisches Anwendungsgebiet von „Real Reality“, das nur einen Teil der Möglichkeiten des Ansatzes zeigt. In einem weiteren Projekt [SchBrBru97] wird u.a. die Erweiterung des Modells durch gegenständliches Vormachen erforscht. Der Benutzer baut mit Fischertechnikmodulen ein Förderbandmodell auf, demonstriert manuell Regeln für den Transport von Paletten und kann anschließend die Simulation des erstellten Szenarios mit den so definierten Regeln analysieren.

Im Bereich der Pneumatik läßt sich das Vormachen nur in Spezialbereichen didaktisch verwenden, beispielsweise beim Erstellen eines Schrittplans durch manuelles Ziehen der Kolben. Ähnliche Anwendungen wie das oben beschriebene Förderbandszenario lassen sich jedoch auch für den Unterricht denken. Das gegenständliche Vormachen erfordert keinerlei Programmierkenntnisse und reduziert somit die nötigen Vorkenntnisse für Experimente.

Eine interessante Anwendung ganz anderer Art wäre der Fahrschulunterricht. Die SchülerInnen bauen mit Modellampeln, -schildern, -straßenstücken etc. Örtlichkeiten auf und spielen mit Modellautos Verkehrssituationen nach. Der Computer überprüft, ob die Verkehrsregeln eingehalten werden. Auf einer Leinwand kann die Innenperspektive aus einem der Autos gezeigt werden. Wird die Szene aufgezeichnet, kann im Replay die Perspektive gewechselt werden. Ein großer Vorteil dieser Übungsform wäre, daß sie sprachunabhängig und handlungsrelevant ist. Dieses Beispiel verdeutlicht, daß unser Konzept eine Integration von spielerischem und analytischem Lernen unterstützt und vielfältig einsetzbar ist.

Resümee

Die von uns vorgestellte neue Lernumgebung für Aufbau und Simulation pneumatischer Schaltungen ermöglicht fließende Übergänge zwischen real-stofflichen Welten und Modellen, die im Computer repräsentiert und gespeichert sind. Im Umgang mit ihnen bleiben die Lernenden immer die Handelnden. Der Computer ist nicht programmiert als allwissender Automat, der auch automatisch Schaltungen erzeugen könnte. Stattdessen wollen wir ein handhabbares Medium gestalten, das Lernende unterstützt, Schaltungen aufzubauen und ihre Wirkungsweise zu verstehen.

[Arn90] Rolf Arnold. Berufspädagogik – Lehren und Lernen in der beruflichen Bildung. Verlag für Berufsbildung Sauerländer 1990

[Bo91] Jay David Bolter. Writing Space – The Computer, Hypertext, and the History of Writing. Hillsdale, New Jersey, Erlbaum 1991

[BöMi88] Fritz Böhle, Brigitte Milkau. Vom Handrad zum Bildschirm – Eine Untersuchung zur sinnlichen Erfahrung im Arbeitsprozeß. München, Campus Verlag 1988

- [Bö91] Fritz Böhle. Kompetenzen für ‚erfahrungsgeleitete Arbeit‘ – Neue Anforderungen an die berufliche Bildung bei fortschreitender Technisierung. In: Gerd Hurrle, Franz.-Josef Jelich, Jürgen Seitz (Hrsg.). Wie bedingen sich Arbeit, Technik und Beruf im industriellen Prozess? Schüren, Hans-Böckler-Stiftung 1991
- [Bru93] Friedrich Wilhelm Bruns. Zur Rückgewinnung von Sinnlichkeit – Eine neue Form des Umgangs mit Rechnern. In: Technische Rundschau Heft 29/30. Zürich 1993
- [Fi96] Martin Fischer. Überlegungen zu einem arbeitspädagogischen und -psychologischen Erfahrungsbegriff. In: Zeitschrift für Berufs- und Wirtschaftspädagogik Band 92, Heft 3. Stuttgart, Franz Steiner Verlag 1996
- [Ha95] Joachim Hasebrook. Multimedia-Psychologie. Heidelberg - Berlin - Oxford. Spektrum Akademischer Verlag 1995
- [HoSch95] Manfred Hoppe, Heinz-Dieter Schulz. Handlungslernen – ein sinnstiftendes, lernorganisierendes Konzept. In: berufsbildung Heft 31, Feb. 1995
- [HYSIM97] Willi Bruns, Achim Heimbucher, Dieter Müller u.a. Modellversuch: Hypermediagestützte Simulationssysteme für berufliche Schulen (HYSIM), Abschlußbericht. Universität Bremen – Forschungszentrum Arbeit und Technik (artec). Bremen 1997
- [JaMe91] Werner Jank, Hilbert Meyer. Didaktische Modelle. Frankfurt/M., Cornelsen Scriptor 1991
- [SchBrBru97] Kai Schäfer, Volker Brauer, Willi Bruns. A new Approach to Human-Computer Interaction – Synchronous Modelling in Real and Virtual Spaces. In: Proceedings of DIS '97. Designing Interactive Systems, Amsterdam, August 1997