

Mandl, Heinz; Aemilian, Hron

Psychologische Aspekte des Lernens mit dem Computer

Zeitschrift für Pädagogik 35 (1989) 5, S. 657-678



Quellenangabe/ Reference:

Mandl, Heinz; Aemilian, Hron: Psychologische Aspekte des Lernens mit dem Computer - In: Zeitschrift für Pädagogik 35 (1989) 5, S. 657-678 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-145315 - DOI: 10.25656/01:14531

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-145315>

<https://doi.org/10.25656/01:14531>

in Kooperation mit / in cooperation with:

BELTZ JUVENTA

<http://www.juventa.de>

Nutzungsbedingungen

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

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

We grant a non-exclusive, non-transferable, individual and limited right to using this document.

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

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

Kontakt / Contact:

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

Digitalisiert

Zeitschrift für Pädagogik

Jahrgang 35 – Heft 5 – September 1989

I. Essay

HANS AEBLI

Weisheit: auch ein Ordnen des Tuns? 605

II. Thema: Computer in der Schule II

BERND WEIDENMANN/
ANDREAS KRAPP

Lernen mit dem Computer, Lernen für den Computer – Einleitung der Herausgeber zum Themenheft 621

KARL FREY

Effekte der Computerbenutzung im Bildungswesen. Ein Resümee des heutigen empirischen Wissensstandes 637

HEINZ MANDL/
AEMILIAN HRON

Psychologische Aspekte des Lernens mit dem Computer 657

ADOLF KELL/
ANNE SCHMIDT

Computer und Informations- und Kommunikationstechniken in der Gesellschaft: Bildungspolitische und pädagogische Reaktionen auf neue Anforderungen 679

ROLAND LAUTERBACH

Auf der Suche nach Qualität: Pädagogische Software 699

III. Diskussion

DIETHELM JUNGKUNZ/
KARL BODINET

Korrelative Bedeutung von Testergebnissen, schulischer Vorbildung, Berufsschulnoten und Fähigkeitseinschätzungen für Berufsabschlußnoten 711

IV. Rezensionen

- JÜRGEN OELKERS WOLFGANG BREZINKA: Erziehung in einer wertunsicheren Gesellschaft. Beiträge zur praktischen Pädagogik 731
- JÜRGEN OELKERS HANS-JOCHEN GAMM: Pädagogische Ethik. Versuche zur Analyse der erzieherischen Verhältnisse 731
- ANDREAS FLITNER ULRICH DUCHROW/RAINER ECKERTZ (Hrsg.): Die Bundeswehr im Schulunterricht. Ein Prozess gegen die Indoktrinierung 735
- ANDREAS FLITNER LUDWIG DUNCKER (Hrsg.): Frieden lehren? Beiträge zu einer undogmatischen Friedenserziehung in Schule und Unterricht 735
- ANDREAS FLITNER ARMIN BERNHARD: Mythos Friedenserziehung. Zur Kritik der Friedenspädagogik in der Geschichte der bürgerlichen Gesellschaft 735
- ANDREAS FLITNER ARMIN BERNHARD: Friedenserziehung als Legitimation von Herrschaft. Eine ideologiekritische Untersuchung über den Zusammenhang von etablierter Sicherheitspolitik und affirmativer Pädagogik 735
- CHRISTIAN NIEMEYER MICHAEL WINKLER: Eine Theorie der Sozialpädagogik. Über Erziehung als Rekonstruktion der Subjektivität 740

V. Dokumentation

Pädagogische Neuerscheinungen 747

Contents

I. Essay

HANS AEBLI Wisdom: Does it Regulate Action? 605

II. Topic: Computers in Schools II

BERND WEIDENMANN/
ANDREAS KRAPP Learning with the Computer, Learning about the
Computer – An Introduction 621

KARL FREY Effects of Computer Use in Education. A Survey
on Empirical and Meta-Analytical Studies 637

HEINZ MANDL/
AEMILIAN HRON Psychological Aspects of Learning with the Com-
puter 657

ADOLF KELL/
ANNE SCHMIDT Computers, Information and Communication
Technology within Society – Educational-Political
and Pedagogical Reactions to New Demands
679

ROLAND LAUTERBACH In Search of Quality – Educational Software
699

III. Discussion

DIETHELM JUNGKUNZ/
KARL BODINET Correlative Significance of Test Results, Educatio-
nal Background, Grades Achieved in Vocational
Training, and Assessment of Competence with
Regard to the Grades in the Final Examinations in
Vocational Training 711

IV. Book Reviews 731

V. Documentation

New Books 747

Psychologische Aspekte des Lernens mit dem Computer

Zusammenfassung

Vor dem Hintergrund von vier psychologischen Dimensionen werden unterschiedliche Typen computerunterstützter Lehrprogramme eingeschätzt. Die Dimensionen sind: (1) Wissensarten und Lernformen, auf die computerunterstützte Lehrprogramme abzielen, (2) Erfahrungsbezug, den Lehrprogramme anbieten, (3) Motivierung aufgrund spezifischer Merkmale der Programme sowie (4) Reaktivität im Sinne der Dialogfähigkeit von Programmen. Insgesamt zeigt sich, daß je nach Programmtyp sowohl Faktenwissen, komplexes Wissen als auch kognitive Fertigkeiten und metakognitive Prozeduren vermittelt werden. Jedoch konzentrieren sich die Inhaltsbereiche auf Sachverhalte und Probleme, die einer logischen Analyse zugänglich und sehr stark regelgebunden sind. Der Erfahrungsbezug ist im Gegensatz zu alltäglichen oder schulischen Lernsituationen eingeschränkt, das Lernen ist unpersönlich und formal. In bezug auf die Motivierung des Lernenden steht sehr stark die Anreizfunktion im Vordergrund, die das Lernen fördern kann, deren Gefahr allerdings in einem exzessiven Umgang mit dem Computer liegt. Die Reaktivität computerunterstützter Lehrprogramme ist weit entfernt von menschlicher Interaktion. Da eine zunehmende Verwendung computerunterstützter Lehrprogramme zu erwarten ist, erscheint die Entwicklung pädagogisch-psychologischer Ansätze vordringlich, die den Problemen des Computereinsatzes für Ausbildungszwecke begegnen.

1. Einleitung

Die Diskussion über den Einsatz des Computers im Bildungsbereich und seine Auswirkungen auf das Lernen wird sehr kontrovers geführt (s. den Beitrag von WEIDENMANN/KRAPP in diesem Heft). Zum einen wird behauptet, daß der Umgang mit dem Computer systematisches und logisches Denken sowie Problemlösefähigkeiten fördere und bei Kindern insgesamt die kognitive Entwicklung unterstütze (LAWLER/YAZDANI 1987). Zum anderen wird befürchtet, daß das rein technische, algorithmische Denken überbetont, intuitives, divergentes Denken eingeschränkt und insgesamt die Persönlichkeitsentwicklung beeinträchtigt würde (TURKLE 1984). In dieser Diskussion werden z. T. extreme Positionen vertreten: Kulturkritische und technikbejahende Auffassungen stehen sich unversöhnlich gegenüber. Die Argumentationen stützen sich aber jeweils auf spezielle Einsatzformen des Computers, ohne die gesamte Spannweite der Möglichkeiten mit ihren Vor- und Nachteilen differenziert zu berücksichtigen.

In diesem Beitrag werden die Wirkungen des Lernmediums Computer von einer lern- und kognitionspsychologischen Perspektive her beurteilt, wobei versucht wird, die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten, welche sich in Form unterschiedlicher Typen von Lehrprogrammen zeigen, möglichst umfassend zu berücksichtigen. Eingangs werden vier Dimensionen herausgearbeitet, die je

nach Programmtyp und seiner spezifischen Ausgestaltung in unterschiedlicher Weise zum Tragen kommen: (1) *Wissensarten und Lernformen*, auf die computerunterstützte Lehrprogramme abzielen, (2) *Erfahrungsbezug*, den Lehrprogramme anbieten, (3) *Motivierung* aufgrund spezifischer Merkmale der Programme sowie (4) *Reaktivität* im Sinne der Dialogfähigkeit von Programmen. Auf dieser Grundlage werden anschließend verschiedene Typen von Lehrprogrammen beurteilt. In einer abschließenden Stellungnahme erfolgt eine generelle Einschätzung des Lernmediums Computer.

2. Dimensionen zur Beurteilung des Lernmediums Computer

2.1. Dimension „Wissensarten und Lernformen“

Wir unterscheiden drei Arten medial vermittelten Wissens (MANDL u. a. 1986): Sachwissen, Fertigkeiten und metakognitives Wissen. *Sachwissen* bezieht sich sowohl auf einfache Fakten (z. B. „Die Hauptstadt von Italien ist Rom“) als auch auf komplexe Sachverhalte (z. B. Beziehungen von Nationen im Welt-handel). *Fertigkeiten* umfassen psychomotorische und kognitive Fertigkeiten. Letztere sind beispielsweise Lese- und Rechenfertigkeiten oder komplexe Problemlösestrategien; psychomotorische Fertigkeiten werden im folgenden ausgeklammert. *Metakognitives Wissen* erlaubt dem Lernenden, den Lernpro-zess selbständig zu steuern und zu kontrollieren. Die verschiedenen Wissensarten sind eng aufeinander bezogen. Beispielsweise kommt Sachwissen nie zur Anwendung, ohne daß nicht – wie z. B. beim Problemlösen – in irgendeiner Weise Fertigkeiten mit einbezogen sind. Fertigkeiten wiederum werden in der Regel in Verbindung mit Sachwissen ausgebildet, weil der Lernende meistens sachliche Information darüber erhält, wie er eine Fertigkeit ausführen soll (ANDERSON 1985). Schließlich spielt metakognitives Wissen bei jeder Art des Wissenserwerbs eine mehr oder weniger ausgeprägte Rolle (FISCHER/MANDL 1988).

Mit diesen Wissensarten sind verschiedene Lernformen eng verbunden, die durch die Spanne zwischen einsichtsvollem Lernen und mechanischem Ein-üben bezeichnet sind. Der Erwerb von Sachwissen, insbesondere in bezug auf komplexe Zusammenhänge, erfordert einsichtsvolles Lernen. Der Lernende muß z. B. die Relationen einzelner Beziehungselemente verstehen, um seinen Lernerfolg zu sichern. Fertigkeiten, aber auch einfaches Faktenwissen, werden durch Übung erworben. So ist z. B. die Ausbildung von Rechenfertigkeiten ohne intensive Übung undenkbar. Bei der Beurteilung des Lernmediums Computer ist danach zu fragen, welche Art von Wissen vermittelt wird und in welcher Form das Lernen erfolgt.

2.2. Dimension „Erfahrungsbezug“

Die Lernerfahrungen am Computer sollten dem Lernenden eine Verknüpfung der medial vermittelten Information mit seinem Vorwissen und seinen

Vorerfahrungen ermöglichen. Deshalb dürfen die medialen Lernerfahrungen nicht zu stark von dem Erfahrungshintergrund des Lernenden abweichen. Der Erfahrungsbezug, den ein Lernmedium wie der Computer anbietet, ist durch dessen Eigenschaften vorgeprägt: Der Lerngegenstand ist z. B. in die computerspezifische Repräsentation eingebunden. Der Lernende muß aber davon abstrahieren; schließlich soll er den Lerngegenstand so auffassen, wie dies vom Curriculumentwickler intendiert ist (vgl. BRUNER/OLSON 1973).

Für diesen Prozeß ist der jeweilige Entwicklungs- und Kenntnisstand des Lernenden und seine Fähigkeit zur verständigen Auseinandersetzung mit dem Lerngegenstand – unabhängig von den Eigenarten der medialen Darbietung – entscheidend. Entwicklungspsychologische Untersuchungen zeigen, daß insbesondere bei Kindern die Konkretheit der Lernerfahrungen ein besonderes Gewicht hat und die mediale Einbindung des Lerngegenstands nicht ohne weiteres aufgelöst werden kann (ISSING 1988). Erst mit zunehmendem Alter sind Kinder besser in der Lage, medial vermittelte Sachverhalte angemessen zu erfassen und die dazu erforderlichen Symbolisierungsleistungen zu vollziehen (BRUNER 1964; PIAGET 1970).

Im Hinblick auf den Erfahrungsbezug müssen auch inhaltliche Aspekte berücksichtigt werden: Ein Medium wie der Computer kann z. B. Lehrinhalte präsentieren und veranschaulichen, zu denen man in der realen Umwelt keinen direkten Zugang hat. Besonders deutlich wird dies bei der simulativen Darstellung von Vorgängen, die der Beobachtung nicht unmittelbar zugänglich oder zu komplex sind, oder deren Manipulation gefährlich sein kann, wie z. B. bei chemischen Reaktionen (WEDEKIND 1981).

2.3. Dimension „Motivierung“

Die Variabilität der Darstellungsformen von Information (Bild, Grafik, Text, Ton) und deren abwechselnde und gemischte Verwendung haben Auswirkungen auf die Motivierung des Lernenden. Ein weiterer Aspekt der Motivierung betrifft die Tatsache, daß der Lernende durch die Arbeit mit einem Lehrprogramm aktiv handelnd in das Lerngeschehen einbezogen werden kann. Er erlebt sich als selbstverantwortlicher Initiator von Veränderungen in seiner Lernumgebung (DECI 1975; DECHARMS 1976). Der Grad der Involviertheit in die Lernsituation kann sich bis zum Gefühl des völligen Absorbiertwerdens und Aufgehens im Handlungsablauf steigern. Dieses Phänomen ist als „Flow“ oder „Flußerleben“ (CSIKZENTMIHALYI 1975) bezeichnet worden und wird in seinen positiven wie negativen Ausprägungen gerade im Umgang mit dem Computer beobachtet (TÜRKLE 1984). Eine Verbesserung der Motivation durch eigenverantwortliche Handlungsmöglichkeiten kann auch durch spielerische Elemente eintreten, die häufig Bestandteil computerbasierter Lehrprogramme sind (vgl. LESGOLD 1988). Motivationspsychologische Untersuchungen haben gezeigt, daß Spielelemente u. a. dadurch motivierend wirken, daß sie die Fantasie anregen, Neugier wecken und für den Lernenden herausfordernden Charakter haben (LEPPER 1985; MALONE 1981). Unabhängig von diesen medialen Anreizen hängt die Motivierung in starkem Maße von Zeitpunkt und

Art der Rückmeldung ab. Rückmeldungen sollten immer so erfolgen, daß der Lernende sofortige und genaue Information über seinen Lernerfolg und seine Fehler erhält (FISCHER/MANDL 1988; MANDL u. a. 1986).

2.4. Dimension „Reaktivität“

Die interaktive Beziehung zwischen Schüler und Lehrer und die daraus erwachsenden Möglichkeiten des Lehrens und Lernens sind ein grundsätzlicher Maßstab für jede Lernsituation. Dies gilt insbesondere für ein technisches Medium wie den Computer, das häufig mit dem Prädikat „interaktiv“ ausgezeichnet wird (z. B. MANDL 1989; TUCKER 1989), weil es auf Anweisungen von außen reagieren und eine Art Dialog mit dem Lernenden führen kann.

Legt man den strengen Maßstab des Interaktionsbegriffs zugrunde, so erscheint der Computer keinesfalls zur Interaktion fähig. Mit Interaktion bezeichnet die Sozialpsychologie das wechselseitige, aufeinander bezogene Verhalten von zwei und mehr Personen. Dabei ist die wechselseitige Konstruktion und Vermittlung von Bedeutung grundlegend (STREIBEL 1986). Diese Leistung ist von einer Maschine natürlich nicht zu erbringen (DREYFUS 1985; SEARLE 1983; WINOGRAD/FLORES 1986). Der Computer kann aber verschiedene Grade der Reaktivität realisieren. Sie zeigen sich in der Art der Rückmeldung, die Lehrprogramme dem Lernenden geben können, in der Mannigfaltigkeit der Lehrstoffpräsentation hinsichtlich medialer und didaktischer Art sowie der Individualisierung des Lerntempos.

3. Darstellung und Beurteilung von Computer-Lehrprogrammen

Das Lernen mit dem Computer geschieht je nach Programmtyp auf vielfältige Weise. Wir unterscheiden Übungsprogramme, Simulationsprogramme und tutorielle Programme (vgl. MANDL/HRON 1985). Sie werden im folgenden jeweils näher erläutert und anschließend auf dem Hintergrund der oben genannten Dimensionen beurteilt.

3.1. Übungsprogramme

(1) Kennzeichnung

Computerunterstützte Übungsprogramme sollen den Lernenden bei der Festigung von Wissen und Fertigkeiten unterstützen. Die herkömmliche Struktur dieser Lehrprogramme besteht im wesentlichen aus einer Folge von Übungsaufgaben, die meistens nach folgendem Schema abgehandelt werden: Anbieten der Aufgabe, Registrierung der Antwort des Lernenden, Bewerten der Antwort und Übergang zur nächsten Aufgabe. Bei den meisten Programmen erfolgt die Rückmeldung lediglich in Form von „falsch“ oder „richtig“. Es gibt aber auch anspruchsvolle Programme, die den Lernenden bei der

Aufgabenlösung mit Hilfen – z. B. in Form von Zusatzinformation – unterstützen, oder bei der Auswahl der nächsten Schwierigkeitsstufe den bisherigen Lernfortschritt berücksichtigen (FISCHER/KLING 1974). Übungsprogramme sind in der Regel in ein Curriculum eingebettet. Sie setzen voraus, daß der Lernende bereits ein Verständnis des in Frage stehenden Inhaltsbereichs erworben hat und das zu erlangende Wissen oder die Fertigkeiten in den curricularen Zusammenhang einordnen kann. Sie vermitteln nicht nur einfache Formen des Wissens, z. B. Grundrechenarten oder Lesefertigkeiten, sondern dienen auch der Übung hochkomplexer Fertigkeiten, wie z. B. mathematischer Beweistechniken (GOLDBERG 1971).

(2) Beispiel

Die Merkmale von Übungsprogrammen sollen im folgenden anhand des von ROTH/BECK (1984) entwickelten Programms „Construct a Word“ veranschaulicht werden. Es handelt sich um ein modernes Übungsprogramm, das die starre Aufgabenfolge herkömmlicher Programme durch die Verwendung von Spielelementen auflöst und sensitiv auf den Fortschritt des jeweiligen Lernenden reagiert. Das Programm dient dem Training der Lesefertigkeit von Kindern. Insbesondere soll es den Dekodierungs- und Worterkennungsprozeß bei solchen Schülern verbessern, welche bereits 3–5 Jahre Leseunterricht hatten und immer noch Schwierigkeiten mit dem Lesen zeigen. Das Programm präsentiert jeweils eine Reihe unvollständiger Wörter und einzelner Buchstaben, die zu sinnvollen Wörtern zusammengesetzt werden sollen. Die Bildschirmdarbietung zeigt in der linken Spalte Wortanfänge, in den anderen Spalten sind Wortendungen vorgegeben. Der Schüler wählt mit Hilfe der „Maus“ oder eines Lichtschreibers einen Wortanfang aus. Anschließend sucht er alle Wortendungen, die in Kombination mit dem gewählten Wortanfang ein sinnvolles Wort ergeben. Jedesmal, wenn dies erfolgreich bewerkstelligt wurde, erscheint das Wort rechts auf dem Bildschirm in einem umrandeten Feld. Der Lernende soll innerhalb einer vorgegebenen Zeitgrenze alle Felder ausfüllen. Die benötigte Zeit und die Anzahl der gebildeten Wörter werden angezeigt und dienen als Orientierungshilfe für die nächste Aufgabenrunde. Mit jeder neuen Runde muß der Lernende ein Wort mehr konstruieren, wobei ihm zusätzlich 10 Sekunden zugestanden werden. Das Ziel besteht darin, Wörter möglichst schnell zu bilden. Dabei muß der Lernende allerdings die Schreibweise und Bedeutung berücksichtigen, da nicht jede mögliche Kombination ein sinnvolles Wort ergibt. Wird eine unsinnige oder falsche Kombination gebildet, erfolgt eine Fehlermeldung auf dem Bildschirm. Gleichzeitig artikuliert eine digitalisierte Sprachausgabe das falsche Wort. Die Fehlermeldung dauert 4 Sekunden, während der die Zeit aber weiterläuft. Das Programm liegt in Form von 20 Trainingseinheiten vor, die nach Länge und Komplexität der Wörter gestaffelt sind.

ROTH/BECK (1984) konnten in einer umfangreichen Evaluationsstudie Verbesserungen der Leseleistung von Kindern feststellen, die nicht nur auf die Wörter des Übungsprogramms beschränkt waren, sondern sich auch bei nicht geübten

Wörtern zeigten. Darüber hinaus wurde in standardisierten Lesetests eine Verbesserung beim Verstehen in Sätzen festgestellt. Bezüglich des Verstehens größerer Textabschnitte konnten dagegen keine Verbesserungen nachgewiesen werden.

(3) Bewertung

Das dargestellte Übungsprogramm ist sicher kein typisches Beispiel, da sich die Mehrzahl der bestehenden Übungsprogramme an einem relativ starren Darbietungsschema orientiert (s. o.). Es macht aber deutlich, welche Möglichkeiten der Darbietungsform und der Anpassung an das Fähigkeitsniveau bei Übungsprogrammen bestehen.

Im Hinblick auf die erste Beurteilungsdimension ist festzustellen, daß sich die Art des *vermittelten Wissens* auf einfache Faktenkenntnis und Fertigkeiten beschränkt. Die vorherrschende *Lernform* ist die Übung. Da die erfolgreiche Bewältigung komplexer Probleme und Aufgabenstellungen die Automatisierung grundlegender Subfertigkeiten voraussetzt, ist dem Einüben von Fertigkeiten und Kenntnissen ein beträchtlicher Stellenwert zuzurechnen (MERRILL/SALISBURY 1984). Deshalb können Übungsprogramme eine bedeutsame Rolle spielen, wenn Lernende ein hohes Niveau an „Automatizität“ in basalen Fertigkeiten erwerben müssen, um eine höherrangige, komplexe Fertigkeit schneller zu erlernen (KUNZ/SCHOTT 1987).

Im Hinblick auf die Dimension *Erfahrungsbezug* ist festzustellen, daß die standardmäßige Präsentation der Lernaufgabe, selbst wenn sie durch Spielelemente variiert wird, nur eingeeengte Lernerfahrungen zuläßt. Es besteht also die Gefahr, daß der Lernende den weitergehenden Zusammenhang aus den Augen verliert und sinnvolle Anwendungsbezüge der von ihm erworbenen Kenntnisse und Fertigkeiten nicht erkennt. Die spielerische Gestaltung eines Übungsprogramms kann diese Gefahr sogar noch verstärken, wenn sich der Lernende durch nebensächliche Elemente des Programms zu stark fesseln läßt. Dieses Problem ist um so gravierender, je jünger die Übungsteilnehmer sind.

Die Möglichkeiten der *Motivierung* werden kaum genutzt. Die starre Programmstruktur der meisten kommerziellen Übungsprogramme führt leicht zum Nachlassen der Aufmerksamkeit und wirkt oft demotivierend. Ansätze zur Vermeidung von Langeweile, z. B. durch die Nutzung von Spielelementen, sind selten. Auch die Möglichkeiten der computergesteuerten *Reaktivität* nutzen Übungsprogramme im Vergleich zu tutoriellen Lehrprogrammen (s. unten Abschnitt 3.3.) nur in eingeschränktem Maße. Evaluationsstudien haben gezeigt, daß Übungsprogramme mit Erfolg im Schulbereich, insbesondere zur Unterstützung remedialen Lernens, eingesetzt werden können. Im Hochschulbereich ist die Befundlage weniger günstig, weil Übungsprogramme den Lernvoraussetzungen und Lernanforderungen von Studenten in der Regel nicht genügen (s. Beitrag von FREY in diesem Heft).

3.2. Simulationsprogramme

Unter dem Begriff der Simulationsprogramme werden im folgenden computerunterstützte Lehrprogramme gefaßt, die sowohl die herkömmlichen, im naturwissenschaftlichen oder sozialwissenschaftlichen Unterricht eingesetzten *Simulationsprogramme* umfassen als auch computerunterstützte Lernumgebungen, die in spezifischen Teilbereichen entdeckendes Lernen ermöglichen sollen und oft als *Mikrowelten* bezeichnet werden.

3.2.1. Herkömmliche Simulationsprogramme

(1) Kennzeichnung

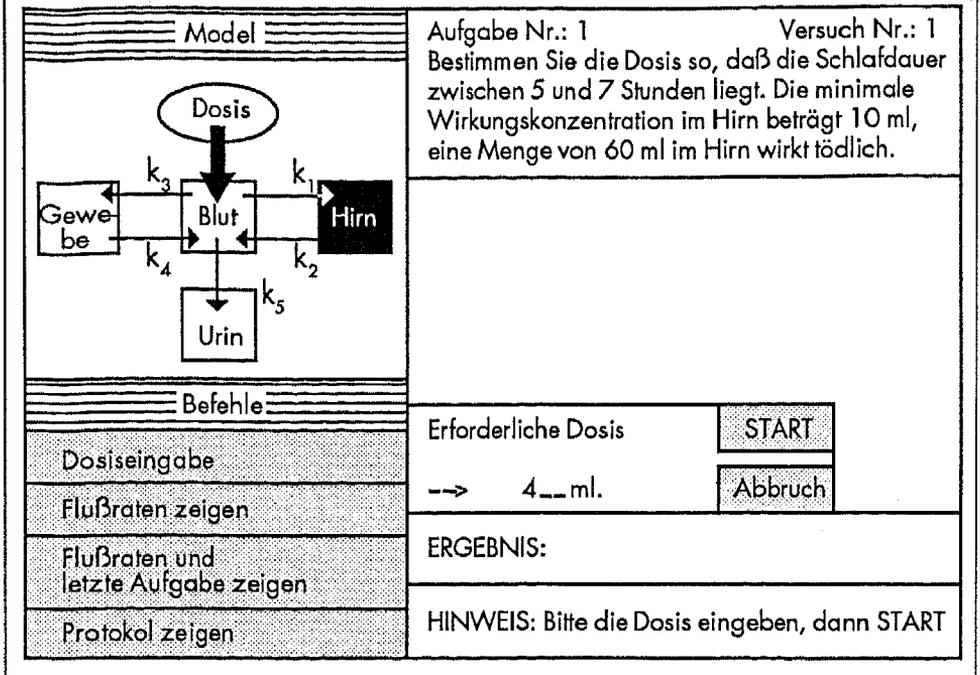
Die wichtigste Aufgabe herkömmlicher Simulationsprogramme ist die Vermittlung von Wissen über Systemzusammenhänge, z. B. physikalischer, ökonomischer oder ökologischer Art. Sie sollen Einsicht in komplexe Systembeziehungen und Zusammenhänge auf der Grundlage einer vereinfachten modellmäßigen Nachbildung vermitteln. In der Regel kann der Lernende selbsttätig einzelne Systemparameter variieren und die daraus resultierenden Systemänderungen beobachten. Systemzusammenhänge und deren Veränderungen werden dem Lernenden nicht nur in Form numerischer Werte dargestellt, sondern darüber hinaus meist in Form einer dynamischen Grafik. Simulationsprogramme enthalten in der Regel keine weitergehende tutorielle Komponente, sondern allenfalls einfache Hilfen und Hinweise.

(2) Beispiel

Das folgende Beispiel stammt aus dem Bereich der Pharmakokinetik (LATZINA 1989; WEDEKIND 1988). Die Pharmakokinetik, ein Teilgebiet der Pharmakologie, beschäftigt sich mit der Beschreibung der zeitabhängigen Konzentrationsverläufe von Arzneimitteln bzw. deren Stoffwechselprozesse im Organismus. Das hier vorgestellte Programm „NARKOSE“ zur Simulation von Stoffwechselprozessen bei der Narkose soll den Zusammenhang zwischen Dosishöhe des Narkotikums und seiner Wirkung auf die Schlafdauer eines Patienten veranschaulichen. Die dem Simulationsprogramm zugrundeliegende Konzeption orientiert sich an einem computerbasierten Kompartimentmodell (ENGLERT u. a. 1984; WEDEKIND 1989), d. h. einem Modell der Körperregionen (Kompartimente) und verwendet eine Berechnungsformel zur Bestimmung der Konzentrationsraten in Abhängigkeit von verschiedenen Parametern. Auf dem Bildschirm werden dem Lernenden z. B. folgende Informationen gegeben (s. Abbildung 1).

Aus der Darstellung im linken oberen Teil von Abbildung 1 wird deutlich, daß sich nach der Injektion des Narkotikums die gesamte Dosis in dem Kompartiment „Blut“ befindet. Daraufhin fließt das Narkotikum mit bestimmten Flußraten in die Kompartimente „Gewebe“, „Hirn“ und „Urin“. Die Flußraten der Zu- und Abflußkanäle eines Kompartiments bestimmen den Konzen-

Abb. 1: Bildschirmdarstellung zum Programm „NARKOSE“ (LATZINA 1989)



trationsverlauf einer bestimmten Substanz. Dem Kompartiment „Hirn“ kommt insofern eine besondere Rolle zu, als der Konzentrationsverlauf dort dafür maßgeblich ist, ob ein Patient schläft oder bei Bewußtsein ist. Er schläft ein, wenn eine minimale Konzentration im Hirn, die Wirkungskonzentration, überschritten wird. Das Unterschreiten dieses Grenzwertes führt zum Aufwachen aus der Narkose.

Der Lernende hat die Aufgabe, durch Bestimmung der richtigen Dosishöhe einen „simulierten Patienten“ für eine geforderte Zeitdauer zum Schlafen zu bringen (s. Abb. 1, oberes rechtes Feld). Nach der Eingabe eines Wertes durch den Lernenden, z. B. 4 ml, und nach dem Startbefehl berechnet das Programm die Dauer der Schlafzeit. Hat sich der Lernende geirrt, kann er einen neuen Wert eingeben und solange üben, bis er die Aufgabe beherrscht. Er kann aber auch eine neue Aufgabe mit anderen Parametern anfordern. Darüber hinaus hat er die Möglichkeit, die Flußraten der bearbeiteten Aufgaben in Form eines Protokolls abzurufen. Das Simulationsprogramm wird zur Zeit systematisch erprobt (LATZINA 1989) und weiterentwickelt. Die bisherigen Erfahrungen lassen positive Wirkungen erwarten.

(3) Bewertung

Mit Hilfe von Simulationsprogrammen soll komplexes *Systemwissen* vermittelt und dabei *einsichtsvolles Lernen* ermöglicht werden. Simulationsprogramme zielen darauf ab, daß der Lernende durch Einsicht in die strukturellen und dynamischen Zusammenhänge ein internes Modell aufbaut, das die wesentlichen Systemelemente und ihr Zusammenwirken repräsentiert. Diese Zielsetzung ist um so leichter zu erreichen, je durchsichtiger die Programmstruktur ist, je klarer die Eingriffsmöglichkeiten sind und je deutlicher und übersichtlicher die Rückmeldung erfolgt. Im Idealfall ist entdeckendes Lernen möglich. Dazu ist erforderlich, daß der Lernende Probleme selbständig definieren, relevante Variablen isolieren, Alternativen erkunden und Hypothesen prüfen kann (BRUNER 1965). Diese Lernform benötigt in der Regel weitreichende Hilfestellungen und Anleitungen. Die meisten Simulationsprogramme besitzen allerdings keine tutorielle Komponente, die ausführliche Hilfestellungen leisten könnte. Um einsichtsvolles und entdeckendes Lernen sicherzustellen, ist deshalb zunächst ein Lehrer erforderlich, der entsprechende Anleitungen geben und gleichzeitig den curricularen Zusammenhang herstellen kann.

Der *Erfahrungsbezug* wird bei Simulationsprogrammen gewöhnlich durch die modellhafte Abbildung charakterisiert, die dem Lernenden ein abstraktes Modell des betreffenden Realitätsausschnitts anbietet. In der abstrakten Modellierung liegen auch die besonderen Möglichkeiten dieses Programmtyps. Auf diese Weise können Realitätsbereiche zugänglich gemacht werden, die sich normalerweise der unmittelbaren Beobachtung entziehen (z.B. atomare Teilchen). Da Simulationsprogramme immer mit Unterrichtserfahrungen gekoppelt sein sollten, ist die Gefahr einer einseitigen modellhaften Lehrstoffdarbietung ohne weitergehende Bezüge auf den realen Sachverhalt gering.

In *motivationaler Hinsicht* haben Simulationsprogramme eine hohe Anreizfunktion, da sie den Ablauf von schwer zu beobachtenden Sachverhalten anschaulich und dynamisch präsentieren. Gleichzeitig wird die Eigentätigkeit des Lernenden gefördert, wenn er z.B. Parameter auswählen und definieren darf und damit entsprechende Systemreaktionen hervorruft. Dabei dürfte jedoch der anleitende und steuernde Einfluß eines Lehrers erforderlich sein, um bloßen Aktionismus und blindes Probieren zu verhindern, die letztlich zu Desinteresse führen, weil auf längere Sicht kein sinnvolles Systemverhalten bewirkt werden kann.

Die *Reaktivität* ist ein besonderes Kennzeichen von Simulationsprogrammen. Ein typisches Beispiel ist die sofortige Rückmeldung des Modellverhaltens auf die Parametereingaben unter Nutzung z.B. graphischer Elemente. Weitergehende Formen der Rückmeldung, insbesondere tutorielle Hilfen, sind in der Regel nicht Bestandteil traditioneller Simulationsprogramme.

In der pädagogischen Praxis besteht weitgehend Konsens darüber, daß Simulationsprogramme das Verständnis für komplexe Zusammenhänge erleichtern, wenn sie in den unterrichtlichen Kontext sinnvoll eingebunden werden (WEDEKIND 1981). Deshalb ist es allerdings auch schwierig, den Anteil eines Simulationsprogramms am Unterrichtserfolg empirisch gesondert nach-

zuweisen. Tatsächlich sind die vorliegenden Ergebnisse aus Evaluationsstudien uneinheitlich (vgl. den Beitrag von FREY in diesem Heft).

3.2.2. Mikrowelten

(1) Kennzeichnung

Als Mikrowelten werden Simulationsprogramme bezeichnet, deren besonderer Akzent auf entdeckendem Lernen liegt. Mikrowelten sind vereinfachte computerbasierte Modelle von Gegenstandsbereichen, welche vom Lernenden selbständig exploriert und durch Problemlöseaktivitäten erschlossen werden (LESGOLD 1988). Die Lernerfahrungen sollen einen Transfer auf andere, über die Mikrowelt hinausgehende Sachverhalte ermöglichen. Mit dieser Kennzeichnung ist zwar keine prinzipielle Unterscheidung gegenüber herkömmlichen Simulationsprogrammen getroffen, aber der Begriff der Mikrowelt repräsentiert auf exemplarische Weise die pädagogische Intention, durch geeignete computerunterstützte Lernumgebungen eigenständiges, explorierendes Lernen sowie Wissenstransfer zu induzieren.

(2) Beispiel

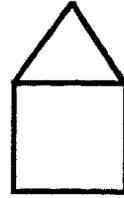
Dieser Programmtyp soll im folgenden am Beispiel der Arbeiten von PAPERT (z. B. 1980; 1987), des Begründers dieses Ansatzes, dargestellt werden. Seine computergestützten Mikrowelten zielen darauf ab, Kindern mathematische und physikalische Sachverhalte auf der Grundlage entdeckenden Lernens verständlich zu machen. Nach seiner Auffassung ist diese Lernform zentral für den Wissenserwerb bei Kindern. Solche Erfahrungen sollen z. B. durch den spielerischen Erwerb der Programmiersprache LOGO ermöglicht werden. Typisch für die PAPERTSchen Mikrowelten sind Problemstellungen, bei denen Kinder durch gezielte Verwendung von LOGO-Befehlen geometrische Figuren oder Muster konstruieren. Konkret besteht die Aufgabe darin, mit Hilfe von LOGO einen Lichtpunkt oder ein kleines Dreieck – als „Schildkröte“ oder „Igel“ bezeichnet – auf dem Bildschirm zu steuern. Die Bewegung des Lichtpunkts hinterläßt eine Spur, die das geometrische Muster erzeugt. Eine LOGO-Prozedur, mit der z. B. ein Haus konstruiert wird, ist in Abb. 2 dargestellt.

Vorwärts, *Rückwärts*, *Rechts* und *Links* sind Grundbefehle, die mit entsprechenden Streckenlängen bzw. Winkelgraden versehen sind. *Quadrat* und *Dreieck* sind selbst wiederum Prozeduren, die vorher unter Verwendung der Grundbefehle definiert wurden und nun als eine Art Subprogramm aufgerufen werden.

Eng verbunden mit der Mikrowelt-Konzeption von PAPERT ist die Behauptung positiver Wirkungen auf allgemeine Denk- und Problemlösefertigkeiten von Kindern (BORK 1981; LEHRER 1986; NICKERSON 1982; NICKERSON u. a. 1985).

Abb. 2: LOGO-Prozedur (HOPPE, 1984 S. 72)

PR HAUS
 QUADRAT
 VORWÄRTS 60 RECHTS 30
 DREIECK
 LINKS 30 RÜCKWÄRTS 60
 ENDE



Dies soll durch folgende Eigenschaften von LOGO bewirkt werden (LAWLER 1987):

- Die Möglichkeit, neue Prozeduren u.a. mit Hilfe der Rekursion zu entwickeln, soll zu hochkomplexem und kreativem Problemlösen führen.
- Die „Schildkröten-Geometrie“ soll ein körperbezogenes, auf motorische Erfahrungen beruhendes Lernen bewirken, indem der Weg der „Schildkröte“ innerlich nachvollzogen wird (sog. „egosyntonisches“ Lernen; PAPERT 1980). Das Kind ist emotional beteiligt, was sich positiv auf das Lernen auswirken soll.
- Die Möglichkeit, das Produkt des Problemlösens in Form definierter Prozeduren festzuhalten und deren Wirkungsweise nachvollziehen zu können, soll metakognitives Denken, d. h. die Reflexion des eigenen Problemlöseverhaltens anregen.

Die Mikrowelt-Konzeption ist von PAPERT (ebd.) im Zusammenhang mit seiner Kritik herkömmlicher Formen schulischen Lernens vorgestellt worden. PAPERT bezweifelt, daß die bestehende Schule den intellektuellen Entwicklungsmöglichkeiten von Kindern gerecht wird und fordert stattdessen eine integrative, die einzelnen Fächer übergreifende Wissensvermittlung auf der Grundlage selbstgesteuerten Lernens.

(3) Bewertung

PAPERTS Ansatz hat verschiedene Arbeiten zur Entwicklung von Mikrowelten angeregt (s. den Überblick in LAWLER/YAZDANI 1987). Bei der folgenden Bewertung soll aber im wesentlichen von PAPERTS Arbeiten ausgegangen werden, da lediglich hierzu ausreichende Erfahrungen und Evaluationsstudien vorliegen.

Im Hinblick auf die erste der von uns unterschiedenen Beurteilungsdimensionen zeigt sich, daß die Mikrowelt-Konzeption sowohl auf den Erwerb von komplexen *Problemlösefertigkeiten* als auch *Sachwissen* gerichtet ist. Darüber hinaus besteht der Anspruch, daß die erworbenen Fertigkeiten und Kenntnisse transferierbar sein sollen. Evaluationsstudien zu den von PAPERT vorgeschla-

genen computerbasierten Lernumgebungen haben gezeigt, daß diese hohen Ansprüche nicht eingelöst werden können. Bereits die Vermittlung des LOGO-Programmierwissens stößt bei Kindern auf Schwierigkeiten. Insbesondere jüngere Kinder haben erhebliche Mühe, auch nur die Grundbefehle von LOGO zu erlernen, z. B. weil sie Richtungsangaben nicht auf die „Schildkröte“ beziehen, sondern auf sich selbst in ihrer Position vor dem Bildschirm, weil sie links und rechts verwechseln oder weil sie – wie in LOGO erforderlich – eine Richtungsangabe nicht von einer Bewegungsangabe trennen können (FAY/MAYER 1987; CUNEO 1985; GREGG 1978; LEHRER 1986). Noch größere Probleme ergeben sich beim Erlernen abstrakter Programmierkonzepte, wie der „Prozedurabstraktion“ oder der „Rekursion“ (PEA/KURLAND 1984). Es zeigte sich auch, daß ein Transfer der erworbenen Denk- und Problemlösefertigkeiten auf andere Wissensgebiete kaum erreicht wird. DALBEY/LINN (1985) stellen in ihrem Überblick über einschlägige Forschungsarbeiten fest, daß Kinder ihre LOGO-Programmierungsfertigkeiten in der Regel nicht auf andere Bereiche übertragen können. In den wenigen Fällen, in denen ein positiver Transfer beobachtet wurde, war dieser auf sehr spezifische Merkmale der Programmiersprache begrenzt. Was die *Lernform* betrifft, so ist festzustellen, daß sich entdeckendes Lernen in weitergehendem Umfang gar nicht einstellen kann, wenn bereits beim Erlernen der Grundelemente der Programmiersprache Probleme auftreten.

Für die Mikrowelt-Konzeption hat der *Erfahrungsbezug* beim Lernen eine zentrale Bedeutung: Der Lernende soll die Lernerfahrung sowohl auf sein Alltagswissen als auch auf entsprechende wissenschaftliche Konzepte beziehen. In diesem Sinne bezeichnet PAPERT die Figur der „Schildkröte“ als ein „transitionales Objekt“ (PAPERT 1987), das die Verknüpfung naiver Vorkenntnisse mit wissenschaftlichen Konzepten ermöglichen soll. Diese Transferleistung erfordert, insbesondere was ihre wissenschaftliche Komponente angeht, formales Denken, das PAPERT im Vergleich zu PIAGET (1970) bereits auf früheren Stufen der kindlichen Entwicklung als gegeben ansieht. Tatsächlich belegen neuere Untersuchungen (z. B. CAREY 1985 a, b), daß die strenge Stufengliederung der kognitiven Entwicklung nach PIAGET bezweifelt werden muß. Trotzdem gilt, daß spezifische Begrenzungen im jeweiligen kindlichen Entwicklungsstand um so gravierender sind, je abstrakter das zu vermittelnde wissenschaftliche Konzept ist. Die negativen Untersuchungsergebnisse zum Wissenstransfer bei PAPERTS Mikrowelten (s. o.) verweisen jedenfalls darauf, daß sich Wissenstransfer beim computerunterstützten Lernen nicht ohne weiteres einstellt, auch wenn das Lernarrangement konzeptionell noch so geschickt begründet ist, sondern daß es der spezifischen pädagogischen Intervention bedarf, um Transfer zu erzielen.

PAPERT behauptet eine Erhöhung der *Lernmotivation*, weil die Kinder die selbständige Steuerung der „Schildkröte“ als egosyntonisches Lernen (s. o.) erleben und subjektiv stärker beteiligt sind. Angesichts der negativen Evaluationsergebnisse bestehen allerdings erhebliche Zweifel an dieser Behauptung. Vermutlich bedarf es der gezielten Einflußnahme eines engagierten Pädagogen, um angesichts der Schwierigkeiten mit der Programmiersprache LOGO Kinder über längere Zeit für PAPERTS Mikrowelt zu interessieren. In bezug auf

den Aspekt der *Reaktivität* weist eine Mikrowelt grundsätzlich nicht mehr Möglichkeiten auf als ein herkömmliches Simulationsprogramm (s. Abschnitt 3.2.1.).

3.3. *Tutorielle Programme*

Tutorielles Programm ist eine Sammelbezeichnung für technisch einfache Programme und hochkomplexe Programmsysteme. Tutorielle Programme zielen auf Stoffvermittlung und Überprüfung des Lernerfolgs und sollen teilweise Lehrerfunktion übernehmen. Von anderen Programmtypen unterscheiden sie sich vor allem hinsichtlich ihres Dialogcharakters, d. h. inwieweit sie mehr oder weniger „intelligent“ auf Eingaben des Lernenden reagieren können. Im Hinblick auf die Qualität dieses Dialogs unterscheiden wir herkömmliche Tutorielle Programme von sog. Intelligenten Tutoriellen Systemen, die sich auf Ansätze der Künstlichen-Intelligenz (KI-)Forschung und der Kognitionswissenschaft stützen.

3.3.1. *Herkömmliche Tutorielle Programme*

(1) *Kennzeichnung*

Ein Tutorielles Programm herkömmlicher Art ist im allgemeinen nach folgendem Grundmuster aufgebaut: Es bietet dem Lernenden zunächst eine Information über einen mehr oder weniger komplexen Sachverhalt dar, stellt anschließend Fragen zu dessen Verständnis, gibt Feedback über die Korrektheit der Antwort und wiederholt gegebenenfalls die Information oder stellt weitere Informationen für das bessere Verständnis zur Verfügung. Tutorielle Programme der 60er und 70er Jahre orientierten sich sehr stark am behavioristischen Ansatz der traditionellen Lerntheorien. Ihre Programmarchitektur war von daher eingeschränkt und das Lernen auf eine einfach strukturierte und vergleichsweise unflexible Stoffdarbietung festgelegt. Diese Programme boten nur geringe Diagnose- und Rückmeldungsmöglichkeiten. Demgegenüber versuchen neuere Programme, die Lehrstoffdarbietung an das Kenntnis- und Fertigkeiteniveau des jeweiligen Lernenden anzupassen, ohne dabei allerdings – wie Intelligente Tutorielle Systeme (s. Abschnitt 3.3.2.) – explizit Methoden der Künstlichen Intelligenz und Kognitionswissenschaft heranzuziehen.

(2) *Beispiel*

Ein anspruchsvolles Tutorielles Programm herkömmlicher Art ist KAVIS II (Knowledge Acquisition Video Instruction System) (FISCHER/MANDL 1988; FISCHER u. a. 1988). KAVIS II ist ein computerunterstütztes audiovisuelles Instruktionssystem zur Vermittlung von Lehrinhalten aus dem Bereich der Biologie (Die Pflanzenzelle – Bau und Funktion der Plastiden). Es wurde am Deutschen Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen auf dem

Hintergrund lern- und kognitionspsychologischer Ansätze zum Wissenserwerb entwickelt und erprobt. Das Lehrprogramm enthält einen *Wissensvermittlungsteil* und einen *Vertiefungsteil*.

Im *Wissensvermittlungsteil* kann der Lernende zwischen einem Lern-Modus, einem Dialog-Modus und einem Diagnose-Modus wählen. Wählt er den *Lern-Modus*, so erscheint auf dem Bildschirm eine Übersicht über die angebotenen Inhalte: z. B. Themenblock A: Eigenschaften der Plastiden; Themenblock B: Funktion der Chloroplasten; Themenblock C: Bau der Chloroplasten. Der Lernende kann sich nun dafür entscheiden, die gesamte Informationseinheit linear durchzuarbeiten oder einen Themenblock herauszugreifen. Das System bietet ihm dann auf Disketten gespeicherte sprachliche Informationen und über ein angeschlossenes Videogerät eingespielte instruktive Filmteile an. Nachdem der Lernende einen Themenblock durchgearbeitet hat, kann er im *Dialog-Modus* Fragen zu dem gerade bearbeiteten Themenblock beantworten. Bei falscher Beantwortung erhält er sachliche Rückmeldung in Form einer audiovisuellen Kurzdarstellung des Sachverhalts. Nach Bearbeiten der drei Themenblöcke kann sich der Lernende im *Diagnose-Modus* einer Prüfung unterziehen. Sie besteht aus Auswahlaufgaben, die sofort ausgewertet werden. Das Ergebnis ist ein Lernprotokoll mit differenzierten Informationen über seinen aktuellen Wissensstand. Bestehende Lücken können durch erneutes Bearbeiten von Themen oder Dialogfragen selektiv ausgefüllt werden.

Auf der Grundlage gesicherten Sachwissens kann sich der Lernende nun dem *Vertiefungsteil* zuwenden, wo er komplexe Sachverhalte, die sich auf mehrere Themenblöcke beziehen, bearbeitet. Nach einem Fehler gibt das System eine Rückmeldung. Sie enthält im einfachsten Fall den allgemeinen Hinweis, einen Sachverhalt noch einmal zu durchdenken. Bestehen weiterhin Schwierigkeiten, können spezifische inhaltliche Hinweise zum Lehrstoff gegeben werden. Falls auch diese Rückmeldung nicht ausreicht, folgen ausführliche Erklärungen über die in Frage stehenden funktionalen Zusammenhänge des Gegenstandsbereichs. In einer Evaluationsuntersuchung konnte bei Studenten mit unterschiedlichen Lernvoraussetzungen nachgewiesen werden, daß die Rückmeldungen eine positive Wirkung auf den Erwerb von Sachwissen und das Verstehen von komplexen Sachverhalten hatten. Die Rückmeldungen hatten darüber hinaus einen positiven Einfluß auf die Motivation (FISCHER/MANDL 1988).

(3) Bewertung

Während die Lernwirksamkeit früherer Programme dieses Typs uneinheitlich bewertet wurde (vgl. Metaanalysen von KULIK u. a. 1983; KULIK u. a. 1985 a, b; s. auch den Beitrag von FREY in diesem Heft), konnten nicht nur mit KAVIS II, sondern auch mit anderen tutoriellen Programmen (z. B. PLATO IV; HÄFNER u. a. 1987) positive Effekte in bezug auf die Wirksamkeit, insbesondere hinsichtlich des Erwerbs von *komplexem Sachwissen*, nachgewiesen werden.

Im Hinblick auf den *Erfahrungsbezug* erlauben anspruchsvolle Tutorielle Programme die Präsentation und Veranschaulichung von Lehrinhalten, die vom Lernenden in der realen Welt nicht ohne weiteres beobachtet werden können. Die verschiedenen medialen Präsentationsformen wie Filmausschnitte, Dias, Graphiken, schriftliche und gesprochene Texte unterstützen unterschiedliche kognitive Repräsentationsmodi und ermöglichen eine umfassende Verknüpfung der neuen Information mit dem spezifischen Vorwissen. Trotzdem ist der Erfahrungsbezug solcher computerunterstützten Lehrsysteme eingeschränkt und verlangt die Einbindung in ein umfassendes Curriculum, das auch Lernen in lebensnahen Situationen und an realen Gegenständen berücksichtigt, z. B. in Form von Praktika.

Unter *motivationalelem Aspekt* haben die verschiedenen Präsentationsmodi (Film, Graphik, Text etc.) und ihre abwechselnde Verwendung sicher eine aufmerksamkeitsfördernde Wirkung. Eine Besonderheit Tutorieller Programme besteht auch in ihrer Möglichkeit, dem jeweiligen Fehler entsprechend differenzielle Formen von Rückmeldung anzubieten. Den spezifischen Bedürfnissen und Voraussetzungen vieler Lernender kommt auch entgegen, daß sie den Lehrstoff eigenverantwortlich und zeitunabhängig erwerben können. Einzelne Lehrinhalte lassen sich selektiv bearbeiten und können beliebig oft wiederholt werden (KUNZ/SCHOTT 1987).

In bezug auf die *Reaktivität* sind Tutorielle Programme allerdings auf einen festen Ereignisraum begrenzt, der sich aus der Systemkonstruktion ergibt, die bestimmte Lernwege und Lernwegverzweigungen vorher festlegt. Dem individuellen Wissensstand des Lernenden kann nur in begrenztem Rahmen Rechnung getragen werden. So ist es beispielsweise nicht möglich, beliebige Fragen des Lernenden zu einem bestimmten Lehrstoff zu beantworten oder ergänzende Hinweise und Ratschläge zu geben, die auf die spezifischen Probleme des jeweiligen Lernenden abgestimmt sind (ebd.). Die Reaktivität des Systems ist weit entfernt von der Reichhaltigkeit einer natürlichen Lehrer-Schüler-Interaktion.

Insgesamt läßt sich zeigen, daß sich anspruchsvolle Lehrstoffe mit dem Computer und den angeschlossenen Präsentationsmedien wie Videorecorder oder Bildplatte erfolgreich vermitteln lassen. Lernende können mit diesen Tutoriellen Programmen in einem begrenzten Lerngebiet selbständig arbeiten. Die vorliegenden Erfahrungen lassen erwarten, daß solche Lernsysteme bei relativ klar strukturierbaren Lehrstoffen in Zukunft insbesondere im Erwachsenenbereich erfolgversprechend eingesetzt werden können.

3.3.2. Intelligente Tutorielle Systeme

(1) Kennzeichnung

Intelligente Tutorielle Systeme stellen hinsichtlich der verwendeten Methoden und zugrundeliegenden Theorien die bemerkenswerteste Entwicklung im Bereich computerunterstützten Lernens dar (SLEEMAN/BROWN 1982; WENGER

1987; MANDL/LESGOLD 1988). Sie stützen sich auf Ansätze der Künstlichen Intelligenz (KI) sowie der Kognitionspsychologie und nutzen nahezu alle technischen Möglichkeiten zur Steuerung des Unterweisungsprozesses. Obwohl es problematisch ist, für die Kennzeichnung dieser Programme den Intelligenzbegriff zu verwenden, hat es sich eingebürgert, von einem „intelligenten“ computerunterstützten Lehrprogramm zu sprechen, wenn es ein Modell der kognitiven Prozesse des Lernenden aufbaut, fortlaufend ausdifferenziert und auf dieser Grundlage die Instruktion steuert. Systeme dieses Typs sollen eine individualisierte Unterweisung auf der Grundlage des jeweils erreichten Wissens- und Fertigungsstands des Lernenden realisieren.

(2) Beispiel

Ein Beispiel ist der von ANDERSON und Mitarbeitern (ANDERSON/REISER 1985; ANDERSON u. a. 1984) entwickelte LISP-Tutor. Mit Hilfe dieses Lehrprogramms kann ein Student die Programmiersprache LISP erlernen. LISP ist eine in der KI-Forschung weit verbreitete Programmiersprache. Im Gegensatz zu Programmiersprachen wie FORTRAN oder PASCAL, die vor allem zur Berechnung numerischer Probleme verwendet werden, ermöglicht LISP eine symbolische Datenverarbeitung. Das Programm verhält sich ähnlich wie ein menschlicher Tutor, der einem Studenten Einzelunterricht gibt. Es erteilt am Bildschirm Unterweisungen, stellt Aufgaben und verfolgt laufend die Aufgabebearbeitung des Lernenden. Solange der Lernende keine Fehler macht und im Lernen voranschreitet, bleibt es im Hintergrund. Treten allerdings Probleme auf, schaltet es sich ein und gibt Rat und Hilfestellung. Der Lernende kann auch jederzeit von sich aus Informationen und Hilfen anfordern. Ansonsten verfährt das Programm aber nach dem Prinzip, daß der Lernende so viel wie möglich ohne fremde Hilfestellung erreichen soll.

Hintergrund des tutoriellen Dialogs ist ein Expertensystem, in dem festgehalten ist, wie ein geübter Lernender bzw. Experte bei der Bearbeitung der jeweils dargebotenen Programmierprobleme vorgeht. Das „*Expertenmodell*“ bildet einen Orientierungsrahmen für das „*Lernermodell*“, das den aktuellen Wissens- und Verstehensstand eines bestimmten Lerners repräsentiert. Dazu wird jeder einzelne Arbeitsschritt analysiert und bewertet. Jede Eingabe über die Tastatur wird z. B. daraufhin überprüft, ob der Lernende einer richtigen Programmierregel folgt, eine Programmieranweisung richtig schreibt oder in sonstiger Weise von dem Verhalten eines Experten abweicht. Außerdem enthält das Programm ein „*Fehlermodell*“, in dem typische Abweichungen von der Vorgehensweise von Experten festgehalten sind, z. B. Fehler, die Anfänger häufig machen, wie Verwechslungen von Programmierfunktionen oder die Auswahl falscher Strategien bei der Problembearbeitung. Die Entwicklung dieser Systemkomponenten (Modelle) stützt sich auf empirische Untersuchungen, die der Lehrprogrammerstellung vorausgingen. Es wurden z. B. Experten befragt und bei der Lösung von LISP-Programmierproblemen beobachtet, wobei jede ihrer Vorgehensweisen minutiös analysiert wurde. Gleichfalls untersucht wurden der Wissenserwerb und die Fehler von Lernenden in diesem

Bereich. In einer weiteren tutoriellen Komponente des Systems ist gespeichert, wie das Programm in einzelnen Lernabschnitten reagiert und auf das Lerngeschehen Einfluß nimmt. Diese Komponente steuert den tutoriellen Dialog. Sie unterbricht bei Schwierigkeiten und leitet den Lernenden an. Außerdem legt sie fest, wann Stoffwiederholungen vorgegeben werden oder mit weiteren Aufgaben fortgeschritten wird.

Das Lehrprogramm ist so flexibel angelegt, daß es unterschiedliche Vorgehensweisen der Lernenden berücksichtigen kann, die bei der Bearbeitung eines Programmierproblems möglich und richtig sind. Es ist in der Lage, je nach Unterrichtslektion zwischen 45% und 80% der Fehler eines Lernenden zu diagnostizieren. Das Lehrprogramm hat sich bei der Ausbildung von Studenten bewährt. Untersuchungsbefunde belegen, daß Studenten mit dem LISP-Computer-Tutor bessere Lernergebnisse erzielen als bei einer Unterrichtung in der Gruppe bzw. im Klassenverband (ANDERSON/REISER 1985).

(3) Bewertung

Die bei den herkömmlichen Tutoriellen Programmen aufgezeigten Aspekte gelten im wesentlichen auch für die Bewertung Intelligenter Tutorieller Systeme. Neue Gesichtspunkte betreffen das Ausmaß und die Qualität der *Reaktivität* dieser Programme. Hier liegt der eigentliche Fortschritt dieser Systeme gegenüber den herkömmlichen Programmen. Mit Hilfe der Lernermodellierung werden neue Dialogformen angestrebt und z. T. schon realisiert, die der natürlichen Interaktion nahe kommen sollen. Allerdings ist die Verwirklichung einer „intelligenten“ tutoriellen Unterweisung weit weniger fortgeschritten, als die optimistischen Verlautbarungen in diesem Bereich nahelegen (MANDL/HRON 1986). Die meisten der bisher entwickelten Programme sind noch nicht in der Lage, hinreichend differenzierte Modelle über die kognitive Struktur des Lernenden aufzubauen, die für eine gezielte individuelle Unterweisung wünschbar wären. Trotz dieser Begrenzungen kann der Lernende im Umgang mit einem solchen System das Gefühl haben, daß das System sich „intelligent“ verhält.

Die Frage, ob die bestehenden Begrenzungen grundsätzlicher Art sind oder lediglich das frühe Stadium der derzeitigen Entwicklungsphase kennzeichnen, ist umstritten. Zum einen ist das Wissen über menschliche Lernprozesse noch unzureichend. Es fehlen vor allem die theoretischen Grundlagen der Lernermodellierung. Zum anderen bleibt die grundsätzliche Frage, ob die Verstehensprozesse eines menschlichen Tutors jemals maschinell nachgebildet werden können. Dies würde nämlich die Entwicklung intelligenter Maschinen voraussetzen, die über die Symbolmanipulationen hinausgehend „Wissen“ über die externe Umwelt bzw. einen Lernenden erwerben können. Solche Maschinen wären dann nicht mehr als nur reaktiv, sondern als interaktiv zu bezeichnen. SEARLE (1983), DREYFUS (1985) oder WINOGRAD/FLORES (1986) argumentieren, daß diese Möglichkeit grundsätzlich nicht realisierbar ist.

Dieses Problem ist v. a. für die Theorie der Künstlichen Intelligenz von

zentraler Bedeutung. Für die Entwicklung computerunterstützter Lehrprogramme spielt es dagegen eine weniger entscheidende Rolle. Denn wenn mit maschinellen Mitteln ein hohes Maß an Reaktivität erreicht und dadurch Lernprozesse in pädagogisch wünschenswerter Weise gefördert werden können, ist der Zweck erfüllt (RESNICK/JOHNSON 1988). Eine Gefahr besteht aber darin, daß Menschen den Computer immer mehr anthropomorphisieren, je reaktiver sich ein Programm „verhält“.

4. Schlußbetrachtung

Unsere Bewertung der Möglichkeiten und Probleme des Lernens mit dem Computer aus einer lern- und kognitionspsychologischen Perspektive kann natürlich nur einen Aspekt des komplexen Problembereichs „Lernen mit dem Computer“ erfassen. Die Einschätzung erfolgte getrennt für einzelne Programmtypen im Hinblick auf verschiedene psychologische Dimensionen.

In bezug auf die Dimension der *Wissensarten und Lernformen* zeigte sich, daß grundsätzlich sowohl Faktenwissen, komplexes Wissen als auch kognitive Fertigkeiten und metakognitive Prozeduren mit Hilfe des Computers vermittelt werden können. Dabei hat sich der Einsatz des Computers besonders im Bereich remedialen Lernens als hilfreich erwiesen (vgl. Beitrag von FREY in diesem Heft). Es ist allerdings kritisch zu bemerken, daß sich das Lernen mit dem Computer auf Sachverhalte und Themengebiete konzentriert, die einer logischen Analyse zugänglich und stark regelgebunden sind. Mit dem Computer wird in erster Linie logisch-funktionales Wissen vermittelt, das die Technik und die Wissenschaft prägt. Soziales Wissen ist nicht in den Blick genommen. Dies gilt ebenso für den musisch-ästhetischen Bereich und körperlich-kinästhetische Erfahrungen.

Der lebensnahe *Erfahrungsbezug* kann durch den Computer nicht geleistet werden. Die sinnliche Erfahrung beim Lernen mit dem Computer ist begrenzt, der Lernende erfährt den Lerngegenstand über die Art der medialen Präsentation. Dadurch ist auch der Transfer des erworbenen Wissens auf andere Bereiche fraglich. Darüber hinaus ist die soziale Dimension des Lernens eingeschränkt: Das Lernen am und mit dem Computer ist unpersönlich und formal. Insbesondere bei Kindern stellt sich damit das Problem, ob das am Computer erworbene Wissen auf andere Bereiche übertragen werden kann, weil gerade in frühen Entwicklungsstufen die Reichhaltigkeit der Lernerfahrungen für die Konzeptbildung eine entscheidende Rolle spielt. Aus entwicklungspsychologischer und lernpsychologischer Sicht sind Computer eher für Erwachsene in der Fort- und Weiterbildung als für Kinder geeignet, da sich Erwachsene in computerunterstützten Lernsituationen auf reichhaltigere Erfahrungen beziehen können und nicht im Ausmaß wie Kinder auf soziale Interaktionen im Prozeß des Wissenserwerbs angewiesen sind.

In bezug auf die *Motivierung* des Lernenden steht die Anreizfunktion des Lernmediums Computer im Vordergrund. Computerunterstützte Lernumgebungen besitzen unterschiedliche Präsentationsmodi, vielfältige Rückmel-

dungsformen sowie die Möglichkeit, dem Lernenden das Gefühl der Einflußnahme auf das Lerngeschehen und dessen Steuerung zu geben. Diese besonderen Möglichkeiten gehen aber auch mit spezifischen Gefahren einher. So kann der Lernende durch den Anreizcharakter für Gebiete gewonnen werden, die gar nicht in seinem Interessenfeld liegen. Gleichzeitig besteht die Gefahr, daß die Inhaltsdimension des Lernens verloren geht und z.B. spielerische Elemente die Oberhand gewinnen. Zu bedenken ist allerdings, daß in bezug auf die Attraktivität des Computers der Neuigkeitseffekt eine Rolle spielt, so daß die jetzt betrachteten Effekte verschwinden könnten, wenn der Computer zum selbstverständlichen Bestandteil der alltäglichen Erfahrungswelt gehört.

Ein besonderes Merkmal des Computers im Vergleich zu anderen Lernmedien ist seine *Reaktivität*. Computergestützte Lehrprogramme zeichnen sich dadurch aus, daß sie eine gewisse Art von Dialog ermöglichen, die beim Lernenden die Vorstellung hervorrufen kann, er würde in einem personalen Dialog stehen. Daraus erwachsen besondere Chancen des Lernens sowie der Unterstützung und Steuerung des Lerngeschehens. Gefahren ergeben sich aus der Anthropomorphisierung. Der Umgang mit dem Computer fördert falsche Vorstellungen von sozialer Realität und angemessen sozialem Verhalten, da der Computer keine Bedürfnisse, Interessen und Motive hat und keine Ansprüche an rücksichtsvolles Verhalten stellt (ARBEITSKREIS DER GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK 1988).

Grundsätzlich ist festzuhalten, daß maschinenvermittelte Kommunikation nicht auf subjektive Bedeutungen, Wertungen und spezifische erfahrungsbezogene Orientierungen eingehen kann. Die computergestützte Lernsituation ist rein mechanistisch gestaltet, woraus sich die Gefahr einer Vereinseitigung des Denkens und Verhaltens ableiten läßt. Die vorliegenden Analysen zeigen, daß der Computer kein universelles Lernmedium ist. Sowohl vom Gegenstand her als auch von der Art, diesen zu erwerben, bestehen spezifische Begrenzungen und Gefahren. Trotzdem erscheint es illusorisch zu glauben, man könne die Entwicklung rückgängig machen. Da der Computer aus unserer Lebenswelt nicht mehr verschwinden wird, erscheinen Klagen auf die Dauer gesehen wenig hilfreich, wenn sie nicht in konkrete Vorschläge für die Bewältigung der Problematik einmünden. Hier liegt u. E. eine zentrale Aufgabe von Pädagogischer Psychologie und Pädagogik: Sie müssen Konzepte und Modelle für den Umgang mit Computern entwickeln, die einen kompetenten und distanzierten Umgang des Lernenden mit diesem Lernmedium fördern und sowohl dessen spezifische Möglichkeiten als auch Gefahren vergegenwärtigen.

Literatur

- ANDERSON, J. R.: Cognitive Psychology and its Implications. New York 1985.
ANDERSON, J. R./BOYLE, C. F./REISER, B. J.: Intelligent Tutoring Systems. In: Science 228 (1985), No. 4698, S. 456-462.
ANDERSON, J. R./FARRELL, R. G./SAUERS, R.: Learning to Program in LISP. In: Cognitive Science 8 (1984), H. 2, S. 87-129.

- ANDERSON, J. R.: /REISER, B. J.: The LISP Tutor. In: BYTE 4 (1985), S. 159–175.
- ARBEITSKREIS DER GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK: Memorandum zur Ethik dieser Wissenschaft: Wird die Technik zu einem sozial akzeptablen Zweck eingesetzt? Teil 1/2. In: Frankfurter Rundschau, 28./29. Dezember 1988.
- BORK, A.: Learning with Computers. Bedford, MA 1981.
- BRUNER, J. S.: The Course of Cognitive Growth. In: American Psychologist 19 (1964), S. 1–15.
- BRUNER, J. S.: The Act of Discovery. In: ANDERSON, R. C./AUSUBEL, D. P. (Eds.): Readings in the Psychology of Cognition. New York 1965, S. 606–620.
- BRUNER, J. S./OLSON, D. R.: Learning through Experience and Learning through Media. In: Prospects 3 (1973), S. 20–38.
- CAREY, S.: Are Children Fundamentally Different Kinds of Thinkers and Learners than Adults? In: CHIPMAN, S. F./SEGAL, J. S./GLASER, R. (Eds.): Thinking and Learning Skills. Vol. 2. Research and Open Questions. Hillsdale, N.J. (1985), S. 485–517. (a)
- CAREY, S.: Conceptual Change in Childhood. Cambridge, MA 1985. (b)
- CSIKSZENTMIHALYI, M.: Beyond Boredom and Anxiety. San Francisco 1975.
- CUNEO, D.: Young Children and Turtle Graphics Programming: Understanding Turtle Commands. Paper Presented at the Meeting of the American Educational Research Association. San Francisco 1985.
- DALBEY, J./LINN, M. C.: The Demands and Requirements of Computer Programming. A Literature Review. In: Journal of Educational Computing Research 1 (1985), S. 253–274.
- DECHARMS, R.: Enhancing Motivation: Change in the Classroom. New York 1976.
- DECI, E. L.: Intrinsic Motivation. New York 1975.
- DREYFUS, H. L.: Die Grenzen künstlicher Intelligenz. Königstein 1985.
- ENGLERT, R./GOEHRING, R./WEDEKIND, J.: KOMPART – Ein interaktives Simulationssystem für pharmakokinetische Kompartimentsysteme. In: EDV in Medizin und Biologie 15 (1984), S. 1–4.
- FAY, A. L./MAYER, R. E.: Children's Naive Conceptions and Confusions about Logo Graphics Commands. In: Journal of Educational Psychology 3 (1987), S. 254–268.
- FISCHER, K./KLING, U.: Schulbezogene Forschungs- und Entwicklungsaspekte des CUU in Amerika. In: FREIBICHLER, H. (Hrsg.): Computerunterstützter Unterricht. Hannover 1974, S. 74–103.
- FISCHER, P. M./MANDL, H.: Improvement of the Acquisition of Knowledge by Informing Feedback. In: MANDL, H./LESGOLD, A. (Eds.): Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. New York 1988, S. 187–241.
- FISCHER, P. M./MANDL, H./FREY, H.-D./JEUCK, J./SCHRÖDER, O./ACKERMANN, K.: Bericht zum DFG-Projekt „Beeinflussung und Förderung des Wissenserwerbs mit audiovisuellen Medien bei kontingenter Rückmeldung“. (Forschungsbericht 48.) Tübingen 1988.
- GOLDBERG, A.: A Generalized Instructional System for Elementary Mathematical Logic. (Technical Report No. 179.) Stanford University, Institute for Mathematical Studies in the Social Sciences 1971.
- GREGG, L. W.: Spatial Concepts, Spatial Names, and the Development of Exocentric Representation. In: SIEGLER, R. (Eds.): Children's Thinking: What Develops? Hillsdale 1978, S. 275–290.
- HAEFNER, K./EICHMANN, E. H./HINZE, C.: Denkzeuge. Basel/Boston 1987.
- HOPPE, H. U.: LOGO im Mathematik-Unterricht. Vaterstetten 1984.
- ISSING, L. J.: Wissensvermittlung mit Medien. In: MANDL, H./SPADA, H. (Hrsg.): Wissenspsychologie. München/Weinheim 1988, S. 531–553.

- KULIK, J. A./BANGERT, R. L./WILLIAMS, W. G.: Effects of Computer-based Teaching on Secondary-School Students. In: *Journal of Educational Psychology* 75 (1983), S. 59–74.
- KULIK, J. A./KULIK, C.-L./BANGERT-DROWNS, R. L.: Effectiveness of Computer-based Education in Elementary Schools. In: *Computers in Human Behavior* 1 (1985), S. 59–74. (a)
- KULIK, J. A./KULIK, C.-L./BANGERT-DROWNS, R. L.: The Importance of Outcome Studies: A Reply to Clark. In: *Journal of Educational Computing Research* 1 (1985), S. 381–387. (b)
- KUNZ, G. C./SCHOTT, F.: *Intelligente Tutorielle Systeme*. Göttingen 1987.
- LATZINA, M.: *Problem Solving with Dynamic Systems under Various Models of Model Presentation* (Manuskript).
- LAWLER, R. W./YAZDANI, M.: *Artificial Intelligence and Education*. Vol. 1. Norwood, N.J. 1987.
- LAWLER, R. W.: *Learning Environments: Now, then, and someday*. In: LAWLER, R. W./YAZDANI, M. (Eds.): *Artificial Intelligence and Education*. Vol. 1. *Learning Environments and Tutoring Systems*. Norwood, N.J. 1987, S. 1–25.
- LEHRER, R.: Logo as a Strategy for Developing Thinking? In: *Educational Psychologist* 21 (1986), S. 121–137.
- LEPPER, M. R.: *Microcomputer in Education*. In: *American Psychologist* 1 (1985), S. 1–18.
- LESGOLD, A.: *Intelligenter computerunterstützter Unterricht*. In: MANDL, H./SPADA, H. (Hrsg.): *Wissenspsychologie*. München 1988, S. 554–569.
- MALONE, T. W.: *Toward a Theory of Intrinsically Motivating Instruction*. In: *Cognitive Science* 4 (1981), S. 333–369.
- MANDL, H.: *Interaktives Lernen mit Neuen Medien*. Vortrag gehalten auf dem Symposium „Interaktives Lernen mit Neuen Medien“ in Mainz 1989.
- MANDL, H./HRON, A.: *Förderung kognitiver Fähigkeiten und des Wissenserwerbs durch computerunterstütztes Lernen*. In: BOSLER, U./FREY, K./HOSSEUS, W./KREMER, M./SCHERMER, P./WOLGAST, H. (Hrsg.): *Mikroelektronik und Neue Medien im Bildungswesen*. Kiel 1985, S. 105–143.
- MANDL, H./HRON, A.: *Wissenserwerb mit Intelligenten Tutoriellen Systemen*. In: *Unterrichtswissenschaft* 4 (1986), S. 358–371.
- MANDL, H./FRIEDRICH, H. F./HRON, A.: *Psychologie des Wissenserwerbs*. In: WEIDENMANN, B./KRAPP, A./HOFER, M./HUBER, G. L./MANDL, H. (Hrsg.): *Pädagogische Psychologie*. München/Weinheim 1986, S. 143–218.
- MANDL, H./LESGOLD, A. (Eds.): *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems*. New York/Berlin 1988.
- MERRILL, P. F./SALISBURY, D.: *Research on Drill and Practice Strategies*. In: *Journal of Computer-Based Instruction* 11 (1984), S. 19–21.
- NICKERSON, R. S.: *Computer Programming as a Vehicle for Teaching of Thinking Skills*. In: *Thinking* 4 (1982), S. 42.
- NICKERSON, R. S./PERKINS, D. N./SMITH, E. E.: *Teaching Thinking*. Hillsdale 1985.
- PAPERT, S.: *Mindstorms*. New York 1980.
- PAPERT, S.: *Microworlds: Transforming Education*. In: LAWLER, R. W./YAZDANI, M. (Eds.): *Artificial Intelligence and Education*. Vol. 1. *Learning Environments and Tutoring Systems*. Norwood, N.J. 1987, S. 79–94.
- PEA, R. D./KURLAND, D. M.: *On the Cognitive Effects of Learning Computer Programming*. In: *New Ideas in Psychology* 2 (1984), S. 137–168.
- PIAGET, J.: *Piaget's Theory*. In: MUSSEN, P. H. (Ed.): *Carmichael's Manual of Child Psychology*. Vol. 1. New York 1970.
- RESNICK, L. B./JOHNSON, A.: *Intelligent Machines for Intelligent People: Cognitive*

- Theory and the Future of Computer-assisted Learning. In: NICKERSON, R. S./ZODHIATES, P. P. (Eds.): *Technology in Education: Looking toward 2020*. Hillsdale, N. J. 1988, S. 139-168.
- ROTH, S. F./BECK, I. L.: *Research and Instructional Issues Related to the Enhancement of Children's Decoding Skill through a Microcomputer Program*. Paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association. Chicago 1984.
- SEARLE, J.: *Intentionality: An Essay in the Philosophy of Mind*. Cambridge University 1983.
- SLEEMAN, D./BROWN, J. S.: *Intelligent Tutoring Systems*. London 1982.
- STREIBEL, M. J.: *A Critical Analysis of the Use of Computers in Education*. In: ECTJ 3 (1986), S. 137-161.
- TUCKER, R. N.: *Interactive Media: Developments and Trends*. Paper presented at the Symposium „Interaktives Lernen mit Neuen Medien“, Mainz, 27./28. April 1989.
- TURKLE, S.: *Die Wunschmaschine. Vom Entstehen der Computerkultur*. Reinbek bei Hamburg 1984.
- WEDEKIND, J.: *Unterrichtsmedium Computersimulation*. Weil der Stadt 1981.
- WEDEKIND, J.: *Computer-aided Model Building*. In: MANDL, H./LESGOLD, A. (Eds.): *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems*. New York/Berlin 1988, S. 287-294.
- WENGER, E.: *Artificial Intelligence and Tutoring Systems*. Los Altos 1987.
- WINOGRAD, T./FLORES, F.: *Understanding Computers and Cognition: A new Foundation for Design*. Norwood 1986.

Abstract

Psychological Aspects of Learning with the Computer

Different types of computer-assisted learning-programs are assessed on the background of the following four psychological dimensions: (1) types of knowledge and ways of learning which the computer-assisted learning programs are focusing on, (2) the connection with actual experience offered by learning programs, (3) motivational factors based on the programs' specific features, and (4) responsiveness in the sense of the programs' discourse capability. By and large, it was revealed that not only factual and complex knowledge but also cognitive skills and metacognitive procedures are imparted according to the type of learning program. The subject matter, however, concentrates on facts and problems which are accessible to logical analysis and are very much rule-bound. In contrast with every-day and school-setting learning-situations, the connection with actual experience is restricted; learning is impersonal and formal. Concerning the learner's motivational factors, the incentive-function, which could foster learning, comes very much to the fore. It is endangered however, by excessive dealing with computers. The responsiveness of computer-assisted learning programs is far from responsiveness in human interaction. As an increasing utilization of computer-assisted learning-programs is to be expected, the development of pedagogico-psychological approaches, which treat the problems of computer-application for educational purposes, seems urgent.

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. Heinz Mandl, Dr. Aemilian Hron,
 Deutsches Institut für Fernstudien an der Universität Tübingen,
 Arbeitsbereich Lernforschung
 Bei der Fruchtschranne 6, 7400 Tübingen 1.