

Christof Ohm und Werner van Treeck

Die »kognitive Wende« in der Technikentwicklung als Herausforderung an die kritische Arbeitspsychologie

Thesen zu »Intelligenten Tutoriellen Systemen«*

1. *Zum Verhältnis von Arbeit und Lernen*

Elektronische Datenverarbeitung ist als Technologie Basis eines permanenten Umbruchs der Produktionsweise. Möglich und notwendig macht sie die Heraufkunft einer neuen Produktionsweise, also neuer Widerspruchs- und Spannungsverhältnisse zwischen Produktivkräften und Produktionsverhältnissen. Für sie prägte die Projektgruppe Automation und Qualifikation (PAQ 1987) den Begriff »Produktionsweise Automation«, um Automation nicht technizistisch auf bloße Technik zu reduzieren, sondern als Mensch-Maschine-Verhältnis zu fassen, das im doppelten Sinn neu ist: Entwicklung der arbeitenden Individuen und Kollektive ist Voraussetzung für Entwicklung und allgemeine Durchsetzung des neuen Typs von Technologie(n); daß die Arbeitenden nicht mehr Anhängsel der Maschinerie sein können, sondern sie beherrschen müssen, um sie zu betätigen, erzeugt ein neues Konfliktpotential, da etablierte Formen von Herrschaft, aber auch traditionelle Arbeitskulturen in die Krise geraten.

In dieser Epoche der Umbrüche haben Kritische Psychologie bzw. an ihr sich orientierende kritische Arbeitspsychologie und kritische Informatik gleichermaßen Chancen zu wirksamem Eingreifen. In der Absicht, Diskussionen zwischen diesen beiden Wissenschaftsformationen anzuregen, rücken wir zwei Fragenkomplexe ins Zentrum:

- Inwiefern ist das neue Mensch-Maschine-Verhältnis ein Umbruch im bisherigen Verhältnis von Arbeit und Lernen?
- Liegt diesem Umbruch die Entwicklung eines neuen Typs von Technik zugrunde?

Der Computer bezeichnet einen qualitativen Entwicklungssprung in der Geschichte der menschlichen Arbeit und Arbeitsmittel: vom starr fixierten zum flexibel speicherbaren, mit geringem Arbeitsaufwand modifizierbaren Programm; die plangemäße Abfolge von Betriebszuständen, die etwa eine Dampfmaschine durchläuft, ist in ihre Konstruktion fest eingebaut — die Maschine ist das Programm. Zentrales Charakteristikum des Computers ist seine freie Programmierbarkeit. Sie wurzelt in einer Dialektik von Festgelegtheit und Modifikabilität. Komplexe Abfolgen von Computeroperationen sind derart festlegbar,

* Überarbeitete Fassung eines Aufsatzes, der auch in Zimmer (1990) erschienen ist.

daß die Wiederholgenauigkeit quasi 'absolut' ist; sie sind beliebig kopierbar und mit geringem Arbeitsaufwand umbaubar. Damit wird der Computer zur Grundlage der Konstruktion vieler unterschiedlicher (Benutzer-)Maschinen — das Programm ist die Maschine.

Indem wir so über Maschinen reden, um die völlig neuartige Modifikabilität elektronischer Maschinerie nachvollziehbar zu machen, scheinen wir in Metaphern zu reden. Und doch reden wir in der Sprache der Informatik über Computer. Sie stellen einen neuen Typ modifizabler Maschinerie dar, deren Festgelegt-heit/Modifikabilität zugleich eine Dialektik von Spezialisierung und Universalität, von gesellschaftlich lokaler und globaler Gültigkeit ermöglicht. Computer sind als ein mehrfach geschichtetes Basis-Überbau-Verhältnis konstruiert, in dem spezialisierte und universale Maschinen/Programme aufeinander aufbauen. Die Arbeitshandlungen der AnwenderInnen — sie tippen auf die Tastatur eines Terminals, sie bewegen mittels einer »Maus« »Ikonen« über den Bildschirm, öffnen/schließen »Fenster« etc. — lösen eine Kette von Maschinenoperationen aus, die »von oben« bis »nach unten« (d.h. bis auf die Ebene des Betriebssystems und schließlich der Hardware) durchgereicht bzw. übersetzt werden; von dort werden sie dann wieder zurückübersetzt und auf der Bildschirmoberfläche sinnlich wahrnehmbar gemacht. Wie funktioniert das? Eine elementare Eingabehandlung wie die Betätigung einer Taste »stößt« die Abarbeitung eines Anwendungsprogramms »an«. Dieses Programm mag zwar für die Arbeitsaufgabe ganz spezifisch, nur lokal gültig und bedeutsam sein, eine nur für die jeweilige Gruppierung von BenutzerInnen spezifizierte Maschine, kann aber trotz seiner Spezifik vom jeweiligen Computer realisiert werden, weil es in einer quasi »universal« gültigen Sprache, einer Programmiersprache, formuliert worden ist. »Universal« gültig heißt hier, daß verschiedene Computer, mögen sie sich in der Bauweise in mancherlei Aspekten unterscheiden, dennoch auf die Programmiersprache derart zugerichtet sind, daß sie die Befehle der Programmiersprache in adäquate, die Intentionen der Programmiersprache realisierende Maschinenoperationen übersetzen können.

Die Modifikabilität der Computer, die in dieser extremen Dialektik von Spezialisierung und Universalität, in diesem Ineinander von lokaler und tendenziell globaler gesellschaftlicher Gültigkeit der Maschinen/Programme wurzelt, ermöglicht deren beinahe universelles Vordringen in fast sämtliche Arbeits- und Lebensbereiche, die Zersetzung überlieferter Arbeitsteilungen und gesellschaftlicher Spaltungen: zwischen den Geschlechtern (dazu F. Haug 1987), zwischen Hand- und Kopfarbeit, übrigens auch — z.B. wegen der Möglichkeiten der elektronischen Massenmedien und des »Telelernens« — zwischen Stadt und Land. Möglich wird dadurch eine Gewichtsverschiebung in den Anforderungen an die lebendige Arbeit zu intellektuellen Tätigkeiten, Umwälzungen im Verhältnis von Arbeit und Lernen. Erforderlich wird für die Arbeitenden eine von ihnen selbst gewollte und gesteuerte Dynamisierung ihrer beruflichen Handlungs-

fähigkeit: eine beständige Verflüssigung und Umgestaltung der Wahrnehmungs-, Denk- und Eingriffskompetenzen wird arbeitsnotwendig.

Selbstverständlich wurde auch in traditionellen Arbeitsprozessen gelernt, aber — im Vergleich zum heute erforderlichen »Lerntempo« — in kleinen Schritten, die über lange Zeiträume sich dehnten. Im Arbeitshandeln der Masse der Arbeitenden wurden vor allem »praktische« »Fertigkeiten« geübt und verfeinert, also fertige, d.h. geschlossene und leicht abrufbare Sequenzen von Arbeitseingriffen. Daß ein solcher Typ von Arbeitseingriffen zwar der Geschichte der Arbeit, aber ihrer noch vom niedrigen Entwicklungsstand der Produktivkräfte geprägten Frühgeschichte zuzuordnen ist, bringt die Kritische Psychologie mit dem Konzept der »Abrufbarkeit einer sekundär automatisierten Aktivitätsgestalt« (Holzkamp 1983, 277) auf den Begriff:

- Einerseits wird gezeigt, daß es sich hier um »physiologisch-gesellschaftliche Funktionseinheiten« handelt, die nur »aufgrund der 'Gesellschaftlichkeit' der in der 'Natur' des Menschen liegenden Lernfähigkeit« als Fertigkeit eines menschlichen Individuums entstehen konnten. Das Richtbeispiel ist hierbei »*die automatisierte 'Fertigkeit' des 'Mit-der-Axt-Schlagen-Könnens'*« (ebd.). Sie ist »nur als Aktualisierung der in der Axt vergegenständlichten verallgemeinerten Brauchbarkeit in Aktivitäten umsetzbar« (ebd.).
- Andererseits wird anhand des Werkzeuggebrauchs die Spezifik menschlicher Lernprozesse und damit zugleich der Grund herausgearbeitet, warum Menschen über die spezifische Lernfähigkeit verfügen, mit gelernten Automatisierungen von Aktivitätssequenzen immer wieder zu brechen.

Gerade darin, daß es ein spezifisch menschliches Potential gibt, zu lernen, auch relativ komplexe, sich wiederholende Arbeitshandlungen quasi »automatisch«, also ohne Anstrengung des Bewußtseins zu verrichten, liegt auch das Risiko, daß Menschen mittels gedankenloser Nutzung von Technik einseitig werden und ihre Entwicklungsfähigkeit verlieren. Dies wird anhand des folgenden Zitats erfahrbar, das wir als plausibel empfinden, da es sich immer noch auf das Paradigma der Benutzung einer Axt bezieht, das uns aber spontan befremdet und zum Weiterdenken nötigt, wenn wir uns an Stelle einer Axt die Tastatur eines Computers vorstellen: Es »gehört zu den hergestellten *Zwecksetzungen solcher Gebrauchsgegenstände selbst, daß der Umgang mit ihnen möglichst schnell und reibungslos 'automatisierbar' sein muß.*« (ebd.) — Die Produktionsweise Automation erzeugt offensichtlich zwischen den Polen der Automatisierbarkeit und der Reflektierbarkeit von Arbeitshandlungen ein neues Spannungsfeld.

Was spezifisches Moment menschlichen Lernens ist, nämlich daß die beiden Notwendigkeiten, Arbeitshandlungen einerseits sekundär zu automatisieren und doch andererseits gelernte Automatisierungen, wo sie nicht mehr funktionieren oder hinderlich für die Produktion des Neuen werden, immer wieder aufzubrechen, ineinander verzahnt sind, sich wechselseitig bedingen, wird durch die Heraufkunft von Männer- und Klassenherrschaft spezifisch unmenschliche

Entkopplung von Zusammengehörigem. Indem Frauen ins Feld von Reproduktionsarbeiten abgedrängt werden, konstituieren sich spezifisch männliche Formen der Naturbeherrschung; Gebrauch und Weiterentwicklung von vielerlei existenznotwendigen Werkzeugen wird zum Monopol der Männer, zum Symbol von »Männlichkeit«, die sich gerade auch dadurch dauerhafte ökonomische und kulturelle Macht über Frauen sichern können. Indem sich Klassenherrschaft und schließlich Lohnarbeit allgemein durchsetzen, wird das Arbeiten mit den Produktionsmitteln abgetrennt vom Prozeß des strategischen Entscheidens über den Produktionsmitteleinsatz, wird die »Anpaßbarkeit« des Arbeitsmittels bzw. der Lebensbedingungen an *wechselnde Umstände* (ebd.) aus dem Praxisfeld der Masse der Arbeitenden systematisch-institutionell ausgeklammert. Die Trennung von Hand- und Kopfarbeit, die Trennung von Arbeitsmittelnutzung und Arbeitsmittelweiterentwicklung spitzt sich zu. — Dennoch spielte für die Technikentwicklung die von Ingenieuren klug genutzte und zugleich entnannte bzw. verdrängte Aktivität der ArbeitererfinderInnen weiterhin eine wichtige Rolle. Es handelt sich hier aber nicht mehr um Massenaktivitäten.

Aufgrund dieser unmenschlichen Trennung von Anwendungs- und Konstruktionskompetenzen war die Masse der Arbeitenden dazu genötigt und richtete sich darauf ein, sich zu den Arbeitsmitteln zu verhalten, als wären es statische Objekte, deren technologische Entwicklung weitgehend abgeschlossen war. Bestimmend fürs Verhältnis von Arbeit und Lernen war ihre weitgehende Entkoppelung: gesellschaftlich institutionalisiertes und gestütztes Lernen als notwendige Voraussetzung von Arbeit war von ihr zeitlich und räumlich getrennt.

Im Kapitalismus ist in der präelektronischen Phase seiner Entwicklung (jener Phase, die durch die mechanische, d.h. auf mechanischer Maschinerie basierender Produktionsweise geprägt ist) diese Grenze zwischen Arbeit und Lernen relativ scharf markiert. Heute, im Zuge allgemeiner Durchsetzung der Produktionsweise Automation, wird sie eigentümlich unscharf. Nicht nur werden Arbeitsphasen häufiger von Lernphasen unterbrochen, Arbeit selbst muß unter bestimmten Bedingungen lernförmig werden: Die neuen elektronik-basierten Informationstechniken werden nicht nur für die Bewältigung gleichförmiger und immer wiederkehrender Arbeitshandlungen bzw. Aufgaben eingesetzt, sondern in zunehmendem Maße gerade umgekehrt für ihre individuelle bzw. kooperative Nutzung in veränderlichen Situationen, für nicht vordefinierten, kurzfristig und gelegentlich anfallenden Informationsbedarf. Was die Arbeitenden mit den neuen elektronik-basierten Informationstechniken machen können, steht nicht von vorneherein bzw. nur in großen Umrissen fest: sie müssen ihre Nutzbarkeiten in der Arbeit selbst entdecken und entwickeln, sie müssen mit ihnen experimentieren können. Solch neuartiger Verschränkung von Arbeit und Lernen kommt entgegen, daß der Computer wie keine Maschine zuvor zugleich Arbeitsmittel wie Lernmittel sein kann. Arbeitsmittel werden

lernförmig — Lernmittel fungieren als Arbeitsmittel; dies freilich nicht in umstandsloser Konvergenz: Lernen ist eine Form menschlichen Handelns, deren Komplexität sich praktisch enthüllte, indem sie sich — wie unten genauer dargelegt wird — gegenüber den Versuchen, sie durch die Computerisierung von bestimmten Lehraktivitäten zu unterstützen, als (mehr oder weniger) sperrig erwies. Andererseits bedeutet die Entwicklung des Computers ein Hinausschieben der Sperren und Grenzen seiner Funktionsmöglichkeiten als Lernmittel. Spezifisch menschliches Lernen ist ein kaum schematisierbarer und insofern mit klassischen Technikformen unverträglicher Prozeß. Im Kontext unserer These, daß es durch Computer nicht unterstützbare Kernbereiche menschlichen Lernens gibt, erscheinen uns drei Aspekte menschlicher Lernprozesse wesentlich:

1. Lernprozesse produzieren ständig weiteren Lernbedarf, bringen neue Fragen hervor, die niemals völlig antizipiert werden können, da sie von Problemlösungen zur Ausarbeitung neuer Problemstellungen und damit zu neuen Erkenntnissen führen;
2. sie bewegen sich häufig in Dimensionen unartikulierten Wissens (»tacit knowledge«);
3. sie sind abhängig von emotionaler Bereitschaft und sozialen Qualitäten, d.h. von einer sozial-kooperativen Einbettung der Lerntätigkeiten.

Demgegenüber verlangt der Computer detaillierte Vorplanung und Durchstrukturierung der Lernprozesse. Die technischen Möglichkeiten des computerunterstützten Unterrichts (CUU) in den 60er und 70er Jahren blieben weit hinter den zunächst hochgespannten Erwartungen zurück (vgl. Issing 1988). Erst in den 80er Jahren rückten Systeme in den Horizont des Machbaren, bei denen Arbeitende durchs Umlegen eines Schalters aus dem Arbeitssystem in einen Schulungsmodus »umsteigen« können, indem sie

- mit »Benutzeroberflächen« und Prozeduren konfrontiert sind, die denen des Arbeitssystems strukturell analog sind, d.h. das Arbeitssystem realistisch simulieren;
- auf Wunsch mit Botschaften beliefert werden, die ihre eigenen Arbeitsschritte und Schritte des Systems kommentieren.

Wie entwickelt neue Technikformen sind, ist daran zu bemessen, inwiefern sie das Voranschreiten der Lernenden auf den beschriebenen drei Ebenen menschlicher Lernprozesse unterstützen.

2. *Triebkräfte und Entwicklungsdynamik moderner Lerntechnologien*

Moderne Lerntechnologien sind schon heute gegenüber dem klassischen CUU zu völlig neuartigen Leistungen fähig. Sie wurzeln darin, daß im Feld der Lerntechnologie zur Zeit vier Stränge der Technikentwicklung zusammenfließen, wobei jeder dieser Stränge zugleich eine von Lerntechnologien unabhängige

kommerzielle Bedeutung hat, die seine Entwicklung auch künftig vorantreiben wird:

1. Computertechnik im engeren Sinne (insbesondere PC und Workstations)
2. elektronische Massenmedien (Videotechnik, Compact Disk und Bildplatte als Speichermedium)
3. Telekommunikation (lokale Netzwerke; »wide area networks«; Glasfasertechnologie als Basis für Breitbandnetze etc.)
4. Techniken der »Künstlichen Intelligenz«.

Es drängte sich uns zunächst eine simple Deutung auf: elektronik-basierte Lerntechnologien sind im Grunde eine Art »Abfallprodukt« elektronik-basierter Arbeitstechnologien sowie elektronik-basierter Güter des Massenkonsums. — Das »Abfallprodukt«-Theorem ist allerdings schwach. Insoweit es gültig ist, sind Wege einer Gestaltungsoffensive nicht gerade leicht zu bestimmen, so daß es kritischen PsychologInnen und InformatikerInnen eine bei der Beurteilung ihrer Interventionsmöglichkeiten eine eher defensive Haltung nahelegt. Diesem Theorem folgend müßten wir der Entwicklung elektronik-basierter Lerntechnologien wohl nur eine Existenz am Rande der Arbeits- und Konsumelektronik zubilligen.

Angemessener (sowie prognostisch interessanter) ist wohl eher eine Koevolutions-These, die Annahme, es komme zwischen Arbeits- und Lerntechnologie zu einem neuen Typ wechselseitiger Entwicklungsanregung, also zu einer Art Koevolution. Womöglich ist auch diese These noch zu schwach, insofern in ihr das Weiterexistieren zweier relativ autonomer Entwicklungslinien angenommen wird.

Wir stellen hier die stärkere These zur Diskussion, daß sich die Technikentwicklung gegenwärtig in einem historischen Übergangszustand befindet, weil sich ein neues Technikparadigma herausbildet. Einerseits herrscht immer noch jenes alte Technikparadigma vor, das durch mechanische Maschinerie fasziniert ist; andererseits bildet sich aber zugleich — zunächst noch in Keimform — ein neuer Typ von Technik heraus: in ihm sind Arbeit und Lernen, eine Logik der Natur-/Produktbearbeitung und eine Logik der Nutzung spezifisch menschlicher Entwicklungspotentiale verzahnt. Es entsteht eine lernorientierte Technik.

3. *Intelligente Tutorielle Systeme (= ITS)*

Wir betreten Neuland, in dem es bis jetzt nur Pilotprojekte gibt, um zu prüfen, ob und wie sich jener neue Typ von lernorientierter Technik herausbildet. An ITS ist ein breites Spektrum neuartiger Momente zu beobachten. Um daraus einen relevanten Ausschnitt zu erfassen, nutzen wir als Leitfaden eine Tabelle (Park, Perez und Seidel 1987), die klassischen CUU und ITS einander gegenüberstellt. In diesess Klassifikationssystem werden ganz unterschiedliche Formen von ITS eingefügt, wodurch einerseits eine Groborientierung möglich,

	(A)	(B)
Dimensionen des Vergleichs	C B T herkömmliches Computer- basiertes Training / Instruieren / Unterrichten	I T S intelligente tutorielle Systeme
1. Ziele der Entwickler	Entwicklung von Systemen, die unterrichtlich effektiv und effizient sind	Exploration von KI-Techniken im Bereich Unterricht
2. Theoretische Grundlagen	Lerntheorien und didaktische Prinzipien (=>instructional principles«)	Kognitionswissenschaft
3. Strukturierung und Prozeßdynamik des Systems	rahmen- (bzw. an festen Merkmalen) orientierte statische Struktur; der Prozeßablauf ist vorab festgelegt und wird nur durch Systeminitiativen gesteuert	prozeßorientierte dynamische Struktur; der Prozeßablauf generiert neue Strukturen und wird sowohl von den Benutzern wie auch vom System initiiert
4. Instruktionsprinzipien	unterschiedliche Prinzipien: nur darbietende, entdeckungsorientierte und kombinierte Ansätze	hauptsächlich entdeckungsorientierte Ansätze
5. Methoden der Wissensstrukturierung	hauptsächlich Aufgabenanalyse zum Zweck der Bestimmung von Teilaufgaben und von Inhaltselementen	Einsatz KI-basierter Techniken der Wissensrepräsentation, um die Organisation des Wissens in eine Datenstruktur abzubilden
6. Modell der Lernenden	Ja/Nein-Bewertung der Reaktionen der Lernenden; vorab spezifizierte Prozeduren, die unmittelbar reaktionsabhängig (»response-sensitive«) sind; quantitative Methoden	»qualitative« Bewertung der Reaktionen der Lernenden
7. Didaktische Methoden (=>instructional formats«)	verschiedenartig: Unterrichtung durch darbietende Methode, Übungsdrill, Spiele und Simulationen	hauptsächlich Unterrichtung durch untersuchende Methode und Spiele
8. Umfang des Fachgebietswissens	praktisch alle Wissensgebiete	Einschränkung auf wohlstrukturierte Wissensgebiete
9. Methodische Leitlinie der Entwicklung und Zusammensetzung	systemtheoretische und -analytische Ansätze; Schulungsexperte, Fachgebietsexperte und DV-Entwickler (Programmierer) kooperieren	Entwickler arbeitet mit eigenem Ansatz; der Entwickler ist meist ein KI-Experte (oder Wissensingenieur), der allein agiert
10. Methoden und Kriterien der Validierung	Evaluierung aller Stufen des Entwicklungsprozesses und/oder des fertigen Produkts; Kriterien: unterrichtliche Effektivität/Effizienz	meistens nur Beseitigung technischer Fehler; Kriterium ist das Funktionieren des Systems
11. Hard- und Software	hauptsächlich Universalrechner; höhere Programmiersprachen, Sprachen für Autorensysteme und Autorensysteme	Spezialrechner für KI-Zwecke; hauptsächlich LISP und PROLOG

andererseits von wichtigen Differenzierungen abstrahiert wird. Letztere werden vorzüglich bei O'Shea und Self (1986) sowie — vor allem unter psychologischen Aspekten — bei Kunz und Schott (1987) dargestellt.

Wir kommentieren im folgenden einzelne Dimensionen. Die Aussagen zu den Dimensionen 1 und 4 sowie den Dimensionen 7 bis 11 bedürfen nur des globalen Kommentars, daß sie einen gemeinsamen Nenner haben: es ist in ihnen vom Zustand relativer historischer Unreife der ITS die Rede.

Die Tabelle definiert ITS durch eine Vielzahl von spezifischen Differenzen zwischen CBT und ITS, die selber nicht gewichtet werden. Fischer und Mandl (1988) gewichten, indem sie als wesentliches Moment die Flexibilität der ITS herausgreifen. Im klassischen CBT sei die »Reaktionsvielfalt des Lernsystems eingengt auf einen fixen Ereignisraum, der zum Zeitpunkt der Systementwicklung vorweggenommen wird. Neuere ITS sind demgegenüber in einem weiten Bereich unvorhergesehener Ereignisse flexibel. Ihre Flexibilität — diese Flexibilität kann der Definition ihrer 'Intelligenz' gleichgesetzt werden — basiert auf ihrer Fähigkeit zur Diagnose.« Streitz (1988) argumentiert auf einer ähnlichen Linie. Zwar empfiehlt er, den Begriff »intelligent« zu vermeiden, aber er schlägt den Begriff »wissensbasierte tutorielle Systeme oder adaptive tutorielle Systeme« vor und rückt somit Flexibilität ebenso ins Zentrum wie Fischer und Mandl.

Streitz (1988) unterscheidet drei Klassen von tutoriellen Systemen, deren Abschottungen — diese Prognose ist ziemlich plausibel — durch die neueren ITS-Konzepte leicht überwunden und eingeebnet werden:

1. »Intelligent computer-assisted instruction«, die eine Wiedergeburt der altbekannten »computer-assisted instruction« ist: »Die Funktion dieser Art von Systemen ist es, Lernenden Wissen über ein Stoffgebiet zu vermitteln.« (164f)
2. »Die zweite Klasse von Systemen ist eine Untermenge der wissensbasierten tutoriellen Systeme, deren Lernstoff alle die Aspekte sind, die bei der Nutzung eines interaktiven Computersystems relevant sind. Der Lernstoff, den der Nutzer sich aneignen soll, könnte folglich bestehen im Programmieren, in der Nutzung eines Text- oder Graphiksystems, eines spread-sheet-Programms oder auch in der Nutzung eines tutoriellen Systems. (Die Benutzer müssen ja auch lernen, wie man ein tutorielles System benutzt.) Die gemeinsamen Elemente der Nutzung interaktiver Systeme könnten durch ein sehr 'benutzerfreundliches' tutorielles System gelehrt werden.« (165)
3. »Die dritte Klasse tutorieller Systeme umfaßt alle Arten von Hilfefunktionen, on-line-Handbücher etc. Dies bezieht sich auf eine Situation, in der das Hauptziel darin besteht, im Zuge einer Arbeitsaktivität ein Computersystem zu benutzen. Tutorielle Anleitung oder Hilfe vom System zu empfangen ist hierbei nur eine zusätzliche Funktion.« (ebd.)

Wenn wir im folgenden den Begriff ITS benutzen, so gelten unsere Aussagen für alle drei Klassen, insbesondere auch für das perspektivisch immer wichtiger werdende Feld der »intelligent job aids« (vgl. Harmon 1987).

Kognitionswissenschaft als neuer Aggregatzustand von Technik- und Subjektwissenschaft (Dimension 2)

Kognitionswissenschaft ist Voraussetzung und Resultat der KI-Forschung, was unter anderem auch dadurch erkennbar wird, daß an ihr so unterschiedliche Wissenschaften interdisziplinär beteiligt sind wie Psychologie, Pädagogik, Linguistik, Informatik etc. Kognitionswissenschaft stellt einen neuen Aggregatzustand von Wissenschaft dar, dessen neue Qualität sprachpolitisch entkandaliert wird: Der Begriff »Kognition« bezeichnet nur etwas unspezifisch Allgemeines, nicht jenes spezifisch Neue, daß Kognitionswissenschaft klassische Disziplinen der Humanwissenschaft und Computer Science vernetzt, wobei die entnannte und verdrängte, aber praktisch sich Geltung verschaffende Perspektive dieser Vernetzung letztlich darin besteht, in menschliche Arbeits- und Lernpraxen mittels elektronischer Maschinerie zu intervenieren.

In diesem neuen Ensemble von Wissenschaften ist nun gerade eine Kognitive Psychologie ganz unproduktiv, die »durch die Adaptation der Computer-Sprache unter Einbeziehung des menschlichen Bewußtseins auf neuer Ebene ihre 'Naturwissenschaftlichkeit' zu sichern« (Holzkamp 1989, 84) sucht. Das Interesse derer, die sich als InformatikerInnen mit ITS befassen, an Psychologie wurzelt ja eben darin, daß sie nach psychologisch validen Konzepten für die Entwicklung von ITS suchen. Wie sehr die ITS-EntwicklerInnen an solchen Konzepten interessiert sind, daß sie sich mangels ausgearbeiteter psychologischer Konzepte diese zum Teil selber durch die Beobachtung von Lehrer-Schüler-Interaktionen erarbeiten müssen, wird von Kunz und Schott (1987) vielfach belegt. Eine Kognitive Psychologie, die InformatikerInnen statt solcher Konzepte verklausulierte Computer-Metaphern, eine »psychologische Universalisierung der Computersprache« (Holzkamp 1989, 83) anbietet, verwickelt sich in eine Art von Etikettenschwindel. InformatikerInnen werden mit psychologisch mystifizierten Erkenntnissen beliefert, die sie in relativ brauchbarer Form schon haben.

ITS — Nutzung eines neuen Typs maschineller Flexibilität (Dimension 3)

Die ITS-spezifische Fähigkeit, »in einem weiten Bereich unvorhergesehener Ereignisse flexibel« operieren zu können, basiert auf KI-Techniken, die für nicht-pädagogische Verwendungszwecke entwickelt worden sind. Wir können hier nur unsere These anreißen, daß sich als materielle Basis der ITS ein eigener Strang von KI-Techniken (auf der Ebene von Hard- und Software) entwickeln wird.

Ein erster Hinweis: Im Kontext von ITS-Projekten entstand z.B. die Theorie des »qualitative reasoning« (vgl. Wenger 1987); sie führte dazu, die »naive Physik« bzw. »naive« Vorstellungen, die sich Novizen von einem Schaltkreis

machen, in einem tutoriellem System maschinell als Simulationsmodell zu repräsentieren. Solche Simulationssysteme sind insofern »intelligent«, als sie für die Lernenden als reaktive Lernumgebungen fungieren: »die Art, in der das System auf die Eingriffe des Lernenden reagiert, sollte diesen sowohl zu weiteren Explorationen anregen als auch ihn anschließend im Rahmen dieser Explorationen anleiten. Systeme mit entsprechenden tutoriellen Regeln ermöglichen eine Reaktivität, die sich auch nicht vollständig voraussehbaren Aktivitäten der Lernenden anpassen kann.« (Lesgold 1988)

Elementar für solche Simulationssysteme und generell für ITS sind automatisierte pädagogische Diagnosen. An ihnen läßt sich ein »Dreischritt« der Technikentwicklung demonstrieren. KI-Technologie sendet Entwicklungsimpulse in Richtung der ITS und von den ITS gehen wiederum Entwicklungsimpulse in Richtung unmittelbar produktiver Maschinerie aus:

1. Menschen entwickeln KI-basierte Diagnostiktechniken und bauen sie als automatisierte Diagnoseprozeduren in Maschinen ein, um z.B. Maschinenprozesse zu überwachen.
2. KI-basierte Diagnostiktechniken werden in ITS eingebaut, damit die ITS automatisch pädagogische Diagnosen stellen können, d.h. Maschinen werden zu Lernmaschinen und wenden die Diagnoseprozeduren auf Menschen an.
3. Es ist nur folgerichtig, »normale« elektronik-basierte Maschinen derart zu konstruieren, als seien es nicht nur Produktions-, sondern zugleich auch Lernmaschinen, indem sie mit der Fähigkeit ausgerüstet werden,
 - aus den Bildschirmeingaben des Benutzers durch eine automatische Diagnose ein Benutzermodell zu entwickeln und
 - diesem Benutzer eine Benutzeroberfläche zu präsentieren, die auf seinen Fähigkeitsstand zugeschnitten ist.

Trends zur Pädagogisierung der Softwareergonomie (Dimension 6)

— ITS als neue Formen von Selektion und Kontrolle —

Je raffinierter die Fähigkeit der ITS, automatisch eine pädagogische Diagnose zu stellen (um auf dieser Basis eine tutorielle Strategie auszuwählen), desto größere Risiken entstehen für die Lernenden. Denn die maschinellen Fähigkeiten können selbstbestimmter Qualifizierung nützen, sie können aber auch zur Basis von Selektionsstrategien werden, die Herrschaft stabilisieren.

An welchen Aspekten der ITS könnte Selektion ansetzen? — Kunz und Schott (1987) werfen bei ihren Analysen unterschiedlicher Typen von ITS das Problem auf, daß sie bei originellen Lernstrategien und bei Neuentdeckungen der Lernenden scheitern, letztlich also auf durchschnittliches Lernverhalten eingerichtet sind. Formen von Originalität werden hier 'automatisch' ausgegrenzt. — Rich (1989) zeigt, daß die EntwicklerInnen elektronischer Auskunftssysteme, wenn sie in die Systeme 'Benutzermodelle' einbauen wollen, zwangs-

läufig Stereotype der BenutzerInnen konstruieren: aufgrund einiger weniger Eingabeoperationen der BenutzerIn wird sie/er einem Stereotyp zugeordnet. Dieser Logik der Stereotypen folgend müssen dann auch, wie sie zeigt, Methoden/Algorithmen zur Auflösung von Widersprüchen entwickelt werden, die das EDV-System eben dann nutzt, wenn es einander widersprechende Stereotypen diagnostiziert. Wir sind hier also mit der Maschinisierung von Widerspruchselimination konfrontiert, mit der maschinellen Reduktion kognitiver Dissonanzen. Gibt es eine Zwangskopplung zwischen Widerspruchseliminierung und maschineller Unterstützung von Lernprozessen? Sollten wir uns als kritische PsychologInnen und InformatikerInnen auf das Wagnis einlassen, ITS konstruieren zu wollen, die Formen üblicher Widerspruchseliminierung sichtbar machen oder gar durchbrechen?

Eine weitere, unserer Auffassung nach sehr gefährliche Ebene der Selektion, liegt darin, daß Lernarbeit, die ITS als Arbeitsmittel nützt, wie jede Automationsarbeit elektronische Spuren legt. Je transparenter die Prozesse des Lernen/Arbeitens desto vielfältiger sind die Ansatzpunkte für automatisierte Formen von Kontrolle, die Lerndaten automatisch filtern und auswerten. Unserer Auffassung nach wäre es falsch, diese Gefahren nur zu beschwören. Zu untersuchen ist, wie alternative Modelle der ITS (z.B. automatische Anonymisierung oder Verschlüsselung von Lerndaten) konstruiert werden können.

Aufgrund der gegensätzlichen Interessen, die sich in die EDV-Programme einschreiben wollen, ist mit einem Trend zur »Pädagogisierung der Softwareergonomie«, ja der Technikentwicklung überhaupt zu rechnen, der umstritten ist, um den zu streiten, in einzugreifen sich lohnt. Dieser Trend wird sich, wie wir vermuten, in einer Art Zangenoperation durchsetzen: Die Pädagogisierung wird einerseits durch die Entwicklung von ITS vorangetrieben, andererseits durch den Trend, in Arbeitsmaschinerie Expertensysteme aller Art zu integrieren. In diesem Kontext ist auch zu berücksichtigen, daß sich im Bereich der Entwicklung interaktiver DV-Systeme die Tendenz durchsetzt, Dialogsysteme zu entwickeln, in die 'Benutzermodelle' integriert sind, wobei Erfahrungen der ITS genutzt werden (vgl. dazu Kass 1989). Expertensysteme treiben die Pädagogisierung auf zwei Wegen voran:

1. Sie enthalten Erklärungskomponenten, für deren Entwicklung pädagogische Kompetenzen erforderlich sind.
2. Das in Expertensystemen bereits maschinell repräsentierte Expertenwissen ist eine entscheidend wichtige Ressource für die Entwicklung von ITS.

Auch im Fall der Pädagogisierung der Softwareergonomie ist eine rekursive Problemlösungsstrategie zu konstatieren: Die enormen Qualifizierungsprobleme, die entstehen werden (vgl. Karl/Ohm 1988), wenn Expertensysteme in Produktions- und Verwaltungsabläufe integriert werden, werden wiederum in einem gewissen Umfang durch KI-basierte Systeme lösbar gemacht.

Rückübertragbarkeit von Erkenntnissen des KI-basierten Softwareengineering auf klassisches CBT (Dimension 5)

Die Entwicklung klassischer Lernsoftware kann schon heute wichtige Anregungen aus dem Methodenarsenal beziehen, das im Zuge der Entwicklung des »knowledge engineering« entstanden ist: »Obwohl es vielversprechend ist, KI-Techniken in die existierenden Methoden der Entwicklung von computerbasierter Instruktion zu injizieren, so können wir doch noch mächtigere Applikationen konzipieren, wenn wir uns die Zeit nehmen, neu zu überlegen, was 'courseware' ist und was vonnöten ist, um sie zu entwickeln. Die Erstellung von 'courseware' gleicht in einigen Aspekten dem Programmieren, in anderen Aspekten dem Knowledge Engineering.« (Dear 1987)

ITS als Medium der Entwicklung metakognitiver Fähigkeiten

ITS sind klassischer Lernsoftware nicht nur graduell überlegen, sondern ermöglichen didaktisch Neues. Wir können dies hier nur exemplarisch belegen. Neue Wege werden, wie etwa Collins und Brown (1988) darlegen, durch »reification« eröffnet; gemeint ist damit gegenständlich-bildliches Repräsentieren intellektueller Prozesse, z.B. jener Stationen und Verzweigungen des Beweisgangs, die Lernende bei ihrem Versuch zurückgelegt haben, eine geometrische Behauptung zu beweisen. Lernende können durch »reification« ihre eigenen Problembearbeitungsstrategien mit denen anderer Lernender sowie mit denen von Experten vergleichen. Dies ermöglicht zugleich die Aneignung metakognitiver Fähigkeiten.

Die von uns skizzierten Entwicklungstendenzen stützen, wie wir meinen, unsere These, daß sich ein neuer Typ von lernorientierter Technik durchzusetzen beginnt. Ein solcher Prozeß bewegt sich freilich im Kontext konkreter Anwendungsbedingungen, verlangt neue Strukturen der Arbeitsorganisation, eine Arbeitskultur und einen neuen Typ beruflichen Lernens. Die Umwälzungen im Verhältnis von Arbeit und Lernen stürzen herkömmliche Organisationsstrukturen, Arbeitskulturen und Lernprozesse in eine Krise, für deren produktive Bearbeitung Bewegungsformen erst noch gefunden werden müssen.

4. Tendenzielle Lernfeindlichkeit traditioneller Organisationsstrukturen

Herkömmliche Organisationsstrukturen bilden den Bruch zwischen Arbeit und Lernen nach. Sie reduzieren nicht nur Zeit und Gelegenheit für Lernprozesse in der Arbeit, sie lassen dort auch nur bestimmte Lernformen zu, solche, die in einem linearen Kausalitätskontinuum von Lernen und unmittelbarer Produktivitätssteigerung angesiedelt sind: möglichst keine Umwege auf dem Weg zum Output, möglichst keine Vermischung der Tätigkeitsbereiche. Zugespitzt könnte

man von einer tendenziellen Lernfeindlichkeit traditioneller Organisationen sprechen.

Diese Organisationsstrukturen geraten mit den neuen elektronik-basierten Techniken und ihren Lernanforderungen in die Krise. Die lernförmigen Nutzungsweisen, die die Arbeit mit ihnen verlangt, können nur unter Rahmenbedingungen entfaltet werden, die sich stichwortartig beschreiben lassen als Vergrößerung des Aufgaben- und Entscheidungszuschnitts am Arbeitsplatz, als organisatorische Vorkehrungen zum Erfahrungsaustausch und gemeinsamen Lernen, zu wechselseitiger Beratung und projektförmiger Zusammenarbeit. Auf produktive Computernutzung bezogene Lernsoftware verlangt solche Rahmenbedingungen wie sie ihre Herausbildung unterstützt: Wann etwa ein Benutzer aus dem Arbeitsmodus in den Schulungsmodus wechselt, was er wie lange hier tut und wie sich dies auf seine Arbeit auswirkt, ist sinnvollerweise kaum vorschreibbar; produktive Nutzungen sind auf ein hohes Maß an Selbsttätigkeit und Eigeninitiative der Benutzer angewiesen. Und auf intellektuelle Bereicherung der Arbeit: je partialisierter und routinierter die Arbeit, desto geringer der Spielraum für produktive Nutzungen neuer elektronik-basierter Techniken generell und von »intelligenter« Lernsoftware im besonderen. Organisationen müssen lernförmig gestaltet werden, sollen die technischen Potentiale auch nur halbwegs ausgeschöpft werden.

Bildet sich ein neuer Typ von lernorientierter Technik heraus, so sind auch Krisen im Verhältnis von Ingenieur- und Bildungs/Ausbildungspersonal zu prognostizieren. Sie betreffen

- das bisherige Qualifikationsprofil,
- die bisherige betriebliche Aufteilung von Tätigkeitsfeldern zwischen diesen Berufsgruppen.

Der von uns prognostizierte Trend zur »Pädagogisierung der Softwareergonomie« bedeutet perspektivisch eine »Pädagogisierung« der Arbeit von Ingenieuren und Informatikern, andererseits aber auch eine »Informatisierung« pädagogischer Arbeit. Im Jahr 2000 werden viele, die im Betrieb pädagogisch tätig sind, mit Autorensystemen arbeiten, an der Entwicklung von »intelligent job aids« beteiligt sein etc.

5. Unverträglichkeiten zwischen Arbeit und Lernen in herkömmlichen Arbeitskulturen

Herkömmliche Arbeitskulturen sind von starken Spannungen, von Unverträglichkeiten zwischen produktiver Arbeit und Lernen geprägt: Lernen in der Arbeit gilt weithin als Nicht-Arbeit. In der Facharbeiter-Kultur etwa ist der Zwang zum ständigen Weiterlernen eine Zumutung an das Selbstverständnis eines männlichen Facharbeiters, der in frühen Jahren ausgelernt zu haben beansprucht. In der Büro-Kultur sind Lernmöglichkeiten und Lernprozesse hierarchisch

selektiert; sie wachsen mit der Entscheidungsmacht und dem betrieblichem Status, und je weniger davon da ist — am wenigsten sicher in der weiblichen Schreibearbeit, aber auch bei 'niederen' männlichen Büroarbeitern (z.B. Büroboten) — desto mehr ist Lernen in der Arbeit verpönt. In einer empirischen Untersuchung über die Einführung elektronischer Textverarbeitung in einer Kommunalverwaltung (vgl. Bergdoll u.a. 1987) wurde beobachtet, daß Schreibkräfte beim Einarbeiten in das Textsystem Schwierigkeiten mit den schriftlichen Anleitungen nicht nur wegen deren Unverständlichkeit hatten: sie befürchteten, beim Lesen und Lernen während der Arbeit »ertappt« zu werden. Dafür — so mögen sie gedacht und sich damit »herrschender Meinung« freiwillig unterworfen haben — werden wir als Schreibkräfte nicht bezahlt; dafür haben wir eine Extra-Schulung absolviert... Lesen und Lernen während der Arbeit signalisieren, daß die Schreibkräfte offenbar die Maschine noch nicht voll beherrschen, daß sie möglicherweise die Schulung nicht ausreichend genutzt haben bzw. nicht fähig waren, sie ausreichend zu nutzen.

Diese Sorge der EDV-Nutzerinnen, am Arbeitsplatz bei Weiterbildung »ertappt« zu werden, ist keineswegs nur dem Druck des Managements geschuldet, sondern zugleich auch antagonistischen Geschlechterverhältnissen. Dies enthüllen Gruppengespräche zwischen einem Mann und zwei Frauen, die in derselben Firma beschäftigt sind und dort mit EDV-Systemen arbeiten (Brosius/Haug 1987, 77ff.). Während der Arbeitszeit Computerhandbücher zu studieren ist für den Mann selbstverständliche Praxis. Er berichtet darüber gelassen. Diese Praxis erscheint in seiner Rede als allgemein üblich. Die beiden Frauen sind dagegen der sicheren Überzeugung, daß sie, täten sie dasselbe, mit Bekundungen massiven Unwillens bestraft würden.

Die Arbeitskulturen geraten mit den neuen elektronik-basierten Techniken und ihren Lernanforderungen in die Krise. Diesen Vorgang müssen die Beschäftigten sich als widersprüchlichen Prozeß bewußt machen: In den Arbeits- und Berufskulturen erobern sie sich selbstbewußt und mit sich einverständlich ein Stück Selbstbestimmung, das freilich stets auch mit spezifischen Beschränkungen verbunden ist, mit Abgrenzungen, mit Hierarchie- und Geschlechtergegensätzen. Die Krise einer Identität ist immer auch als Krise ihrer Beschränkungen zu begreifen; sie bietet mit dem Stoß gegen alte Spaltungen und Gegensätze auch die Elemente und Keimformen einer neuen Identität und Kultur. Insofern kann Lernsoftware am Arbeitsplatz Tätigkeiten selbstverständlich machen, die dort bislang nicht selbstverständlich waren, sondern eher auf höheren Stufen der Hierarchie. Lernsoftware kann, richtig eingesetzt, einen arbeitsbezogenen Wissenshunger erzeugen, wo Fähigkeitserwerb bislang kaum mehr als ein indirekter, blinder Effekt war.

6. Umbruch der Lernformen in der Arbeit

Herkömmliche Lernformen in der Arbeit lassen sich als »praktizistisch« beschreiben (vgl. dazu auch Haug 1987, 60f.): Die Arbeitenden können sich die Funktionsweise vorautomatischer Arbeitsmittel oft mit Hilfe sinnlicher Anschauung und eines Gemischs aus Alltagsphysik, elementaren Schulkenntnissen und »Herumprobieren« erschließen. Für die Arbeit mit elektronik-basierten Techniken reicht dies nicht mehr hin. Die Komplexität und Modifikabilität dieser Techniken machen auf dem Wege zu ihrer produktiven Nutzung Theorie, Methode und Reflexion des eigenen Tuns notwendig.

Damit die Arbeitenden Qualifizierung zu einem Prozeß machen können, den sie bewußt gestalten, müssen sie zu einem Bewußtsein darüber vorstoßen, in welche Krise die bisherigen Formen ihrer beruflichen Handlungsfähigkeit durch die technologische Entwicklung geraten sind bzw. werden. Derart bedrohliche Erkenntnisse nicht auszublenden, sondern sich auf sie einzulassen, wird für die Arbeitenden nur dann erträglich, wenn sie neue Formen ihrer beruflichen Handlungsfähigkeit zumindest ansatzweise erkennen und experimentell erproben können. Für solche Erkenntnis- und Handlungsvorgriffe auf die Zukunft ihrer Arbeit könnte Lernsoftware einen spezifischen Beitrag leisten: Sie könnte — entsprechend konzipiert — die Arbeitenden bei der Veränderung ihrer beruflichen Identität unterstützen, indem sie es ermöglicht, Ausschnitte künftiger Berufspraxis zu simulieren. Zugleich kann und soll Lernsoftware zur Reflexion ihrer eigenen Grenzen anhalten: Sicherlich bedarf sie zu ihrer Wirksamkeit der Einbettung in geeignete Lern und Arbeitsumgebungen.

Literaturverzeichnis

- Bergdoll, K. u.a. (1987): Mischarbeit und elektronische Textverarbeitung. Erprobung in einer Kommunalverwaltung. Frankfurt am Main / New York
- Brosius, G. und Haug, F. (Hrsg.) (1987): Frauen \ Männer \ Computer — EDV im Büro: Empirische Untersuchungen. Berlin
- Collins, A., and Brown, J.S. (1988): The Computer as a Tool for Learning Through Reflection. In: Mandl, H. und Lesgold A. (eds.). Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. 1-18
- Dear, B.L. (1987): AI and the Authoring Process. IEEE-Expert, Vol.2, No.2, 17-24
- Euler, D., Jankowski, R., Lenz, A., Schmitz, P. und Twardy, M. (1987): Computerunterstützter Unterricht — Möglichkeiten und Grenzen. Braunschweig/Wiebaden
- Fischer, P.M. und Mandl, H. (1988): Improvement of the Acquisition of Knowledge by Informing Feedback. In: Mandl, H. und Lesgold A. (eds.). Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems. 187-241
- Harmon, P. (1987): Intelligent Job Aids: How AI Will Change Training in the Next Five Years. In: Kearsley, G.P. (ed.). Artificial Intelligence and Instruction. Applications and Methods. 165-190
- Haug, F. (1987): Arbeitsforschung im Zeitalter der Mikroelektronik. In: Forum Kritische Psychologie 20, 49-65

- Holzamp, Klaus (1983): *Grundlegung der Psychologie*. Frankfurt/M. und New York
- Holzamp, Klaus (1989): Die »kognitive Wende« in der Psychologie zwischen neuer Sprachmode und wissenschaftlicher Neuorientierung. In: *Forum Kritische Psychologie* 23, 67-85
- Issing, L.J. (1988): Wissensvermittlung mit Medien. In: Mandl, H. und Spada, H. (Hg.). *Wissenspsychologie*. 531-553
- Karl, H. und Ohm, Ch. (1988): Expertensysteme im Widerspruch — Umbruch des Wissens und gegensätzliche Berufskulturen. In: *Projektgruppe Automation und Qualifikation* (Hg.). *Politik um die Arbeit*. Berlin (West). 112-134
- Karl, H. und Ohm, Ch. (1988): Expertensysteme — Enteignung und/oder Vergesellschaftung des Wissens? In: *Die Mitbestimmung*, Heft 9, 474-477
- Kass, R. (1989): Student Modeling in Intelligent Tutoring Systems. In: Kobsa and Wahlster, S. 386-410
- Kearsley, G.P. (ed.) (1987): *Artificial Intelligence and Instruction. Applications and Methods*. Reading, Massachusetts
- Kunz, G. C. und Schott, F. (1987): *Intelligente Tutorielle Systeme — Neue Ansätze der computerunterstützten Steuerung von Lehr-Lern-Prozessen*. Göttingen, Toronto und Zürich
- Kobsa, A. and Wahlster, W. (Hrsg.) (1989): *User Models in Dialogs Systems*. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo and Hong Kong
- Lesgold, A. (1988): Intelligenter Computerunterstützter Unterricht. In: Mandl, H. and Spada, H. (Hg.). *Wissenspsychologie*. 554-569
- Mandl, H. und Spada, H. (Hg.) (1988): *Wissenspsychologie*. München und Weinheim
- Mandl, H. and Lesgold A. (eds.) (1988): *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems*. New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris and Tokyo
- O'Shea, T. und Self, J. (1986): *Lernen und Lehren mit Computern — Künstliche Intelligenz im Unterricht*. Basel, Boston und Stuttgart
- Park, O.-Ch., Perez R.S., and Seidel, R.J. (1987): Intelligent CAI: Old Wine in New Bottles, or a New Vintage? In: Kearsley, G.P. (Ed.). *Artificial Intelligence and Instruction. Applications and Methods*. 10-45
- PAQ (= Projektgruppe Automation und Qualifikation; 1987): *Widersprüche der Automationsarbeit. Ein Handbuch*. Berlin (West)
- Rich, E. (1989): Stereotypes and User Modeling. In: Kobsa and Wahlster, S. 35-51
- Streitz, N.A. (1988): Mental Models and Metaphors: Implications for the Design of Adaptive User-System Interfaces. In: Mandl, H. und Lesgold A. (eds.). *Learning Issues for Intelligent Tutoring Systems*. 164-186
- Treeck, Werner van (1990): Die neue Bürotechnik — Anforderungen an den Benutzer. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.). *Organisation und Technik der Kommunikation*. München
- Wenger, E. (1987): *Artificial Intelligence and Tutoring Systems. Computational and Cognitive Approaches to the Communication of Knowledge*. Los Altos, California
- Zimmer, Gerhard (Hg.; 1990): *Interaktive Medien für die Aus- und Weiterbildung: Marktübersicht, Analysen, Anwendung*. Reihe Multimediales Lernen in der Berufsbildung, Band 1. Nürnberg