

Forschungen zum computergestützten Unterricht am Forschungs- und Rechenzentrum der Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR (FRZ der APW) und an der TU Dresden aus Sicht einer tätigkeitsorientierten Modellierung

Joachim Oelschlegel

Horst Kreschnak

CAD-Systemhaus Dr.Oelschelgel

GadelsdorferWeg 18

01328 Dresden

JOelschlegel@CAD-Systemhaus.de

Einsteinstr. 6

01445 Radebeul

horstkreschnak@arcor.de

Abstract: Das FRZ der APW beschäftigte sich seit 1972 mit der Modellierung dispositionell erklärbarer Verhaltensweisen, die sowohl für die methodische Unterrichtsgestaltung als auch für den damals beginnenden Einsatz im Computergestützten Unterricht geeignet waren. Mit großem Aufwand wurden Resultate von Leistungskontrollen analysiert, wissenschaftlich erklärt und experimentell bestätigt. Invarianten von Tätigkeitsresultaten konnten auch in der Grundlagenausbildung Mathematik an der TU Dresden ermittelt werden. Damit wurden Grundlagen für eine Verbesserung von Inhalt und Methodik des Lernstoffes geschaffen. Die Ergebnisse der Forschung sind mit der Auflösung des FRZ der APW 1990 verloren gegangen.

1 Zur Historie und Einordnung des Themas

Das FRZ der APW wurde 1970 gegründet. Direktor war bis 1990 Prof. Horst Kreschnak. Das FRZ hatte zwei Kernaufgaben:

Eine der beiden Kernaufgaben des FRZ war die Grundlegung für inhaltlich-strategische Entscheidungen zum Einsatz von Rechentechnik in der Unterrichtsforschung und später auch im Unterricht selbst (CUU).

Die Ziele zum CUU weisen

- a) in eine technisch-praktische Richtung: Entwicklung einer Programmiersprache zur Beschreibung der Interaktionen von Schüler, Lehrstoff und Lehrkraft und
- b) in eine inhaltlich-theoretische Richtung: der Modellierung des schulischen Lernens.

1972 wurde im Ergebnis der Programmiersprachenentwicklung am R300 ein LISP-Interpreter (Herbert Stojan) erfolgreich zum Einsatz gebracht. Joachim Oelschlegel modellierte mit diesem Interpreter erste Lehrprogramme zum Lehrfach Physik, gemeinsam mit Dr. Helmut Menschel.

Der Anspruch der Modellierung des schulischen Lernens (der noch heute offen ist) wurde durch einen scheinbar elementaren Schritt in Angriff genommen: dispositionelle Erklärung und Voraussage am Beispiel von Leistungskontrollergebnissen im Fach Mathematik von Schülern der 5. und 6. Klasse. Diese Modellierung entwickelte Kreschnak mit einer Gruppe des FRZ und der PH Dresden mittels eines mehrwertigen und mehrstufigen prädikatenlogischen Ansatzes. Empirische Basis waren tausende von Leistungskontrollen, die rechenstechnisch erfasst und ausgewertet worden sind. Die dispositionellen Erklärungen stellten Erklärungen schriftlicher Schülerergebnisse auf der Grundlage von gesetzmäßigen Zusammenhängen zwischen Dispositionen und Symptomen bzw. zwischen Fehldispositionen und Symptomen dar. Zutreffende dispositionelle Erklärungen ermöglichen zutreffende Voraussagen entsprechender Ergebnisse bei erneuten Leistungskontrollen.

Dieses Vorgehen konnte Joachim Oelschlegel durch den Wechsel 1977 vom FRZ der APW an das Forschungszentrum für technische Lehr- und Lernmittel an der TU Dresden (Ltr. Prof. Bannwitz), an komplexeren Inhalten bestätigen. Tausende von Klausuren des Grundlagenstudiums Mathematik wurden analysiert. Die fehlerhaften Ergebnisse der Studenten konnten, analog zu den Schülern, durch dispositionelle Verhaltensmuster zu über 85% dispositionell erklärt und vorausgesagt werden.

Damit sind empirische Grundlagen gelegt worden, die fernab der damals kausalistischen (behavioristischen) Erklärung und Beschreibung des Lernens lagen. Es war der Eintritt über die dispositionelle Erklärung von Tätigkeiten hin zu einer Modellierung des Handelns und Lernens.

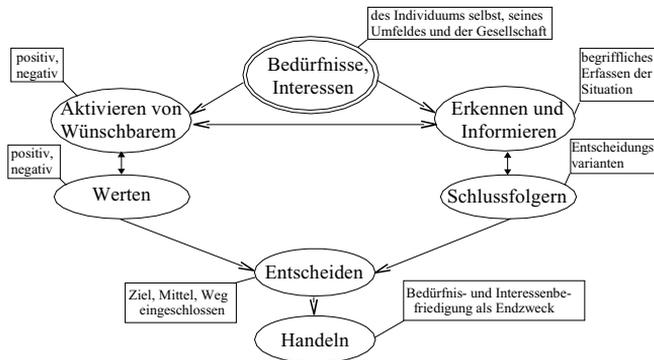


Abbildung 1: Zyklus – Bedürfnisse-Erkennen-Entscheiden-Handeln

2 Besonderheiten von Diagnose-Therapie-Modellen

2.1 Historisches zu den Grenzen des Experiments

In dem Wissenschaftsverständnis, das lange Zeit vorherrschte und beginnend mit der europäischen Renaissance unter starkem Einfluss solcher Naturwissenschaften wie der Physik sich herausbildete, nimmt das Experiment als gezielter Eingriff in die Natur einen hervorragenden Platz ein.

In einer experimentell erzeugten Situation werden der Beobachtung unmittelbar zugängliche Größen systematisch variiert, um den Einfluss dieser Größen auf andere beobachtbare Größen genau registrieren zu können. Mögliche andere Einflussfaktoren sind dabei konstant zu halten. Das Experiment als eine Art praktischer Tätigkeit, die zu den Aktivitäten theoretischer Vernunft bzw. zu wissenschaftlichen Aktivitäten gehört, ist klar abgrenzbar von einer anderen Art praktischer Tätigkeit, die als Entscheidungsrealisierung zu den Aktivitäten praktischer Vernunft zu rechnen ist (ausführlich in [KRE, 2006/ 2007] dargestellt und logisch-mathematisch modelliert).

Experimente dienen eindeutig dem Vordringen theoretischer Vernunft zur vollkommeneren Wahrheit. Entscheidungsrealisierung dagegen ist darauf gerichtet, die Erwartungen, die das Entscheidungssubjekt mit der von ihm getroffenen Entscheidung verbindet, zu erfüllen. Diese Erwartungen betreffen vermittelt oder unvermittelt der Befriedigung menschlicher Bedürfnisse oder Interessen, sind also kein Vordringen zu immer vollkommenerer Wahrheit, sondern sind auf Nutzen für das menschliche Entscheidungssubjekt oder – wie es in der Theorie rationalen Entscheidens heißt – auf das Erreichen von positiv Wünschbarem oder das Abwenden von negativ Wünschbarem gerichtet.

Das Experiment hielt auch Einzug in solche empirische Wissenschaften wie Biologie, Soziologie, Psychologie usw. Zwar hat es dort zu beachtlichen Erkenntnisfortschritten beigetragen, stieß aber zugleich an Grenzen. Erst als in der Physik, an der sich lange Zeit andere Wissenschaften orientierten, kritische Fragen zur Wechselwirkung zwischen Beobachtetem und Beobachtenden auftraten, wurden die mögliche Begrenztheit auch des Experiments sichtbar.

Seit den letzten Jahrzehnten des zwanzigsten Jahrhunderts gewinnen Probleme bei Erforschung komplexer Systeme, speziell auch Probleme bei Erforschung sich selbst organisierender Systeme immer größere Bedeutung. Dabei wird deutlich, dass die Möglichkeiten, komplexe Systeme mit experimentellen Methoden zu erforschen, relativ rasch an Grenzen stoßen. Zwei Umstände, durch die Fragen nach genauerer Erforschung komplexer Systeme auf nicht-experimentellen Wegen immer dringlicher werden, seien hier genannt:

- Vielfach ist es unmöglich, bei Erforschung von Prozessen, die sich innerhalb komplexer Systeme vollziehen, nur die unmittelbar interessierenden Faktoren bzw. Größen zu variieren und andere mögliche Einflussfaktoren konstant zu halten. Gründe sind: Die verschiedenen Faktoren sind zu eng miteinander verknüpft, ihre Isolierung voneinander faktisch unmöglich. Bei sich selbst organisierende Systeme kennzeichnender Nicht-Linearität gilt, dass weder das schwache Kausalprinzip – gleiche Ursachen haben gleiche Wirkung – noch das starke Kausalprinzip – ähnliche Ursachen haben ähnliche Wirkungen – durchgängig zutrifft, vielmehr können kleine Abweichungen durchaus große Abweichungen zur Folge haben. Schließlich ist oftmals eine der interessierenden Größen oder einer der interessierenden Faktoren nur von Daten über unmittelbar beobachtbare Symptome ausgehend nicht zugänglich. Als Beispiel seien Dispositionen genannt, auf deren Existenz nur von Daten über unmittelbare beobachtbare Symptome ausgehend zu schließen ist.
- Handelt es sich bei den zu erforschenden komplexen Systemen um Menschen oder um Objekte des gesellschaftlichen Lebens, ist Experimentieren oft als unmenschlich vollkommen abzulehnen.

2.2 Diagnose-Therapie-Modelle als ein Weg bei Erforschung komplexer Systeme

Ohne Zweifel spielt die Trennung theoretischer von praktischer Vernunft, die zugleich klare Trennung experimentellen Vorgehens von auf positiv Wünschbares oder Abwenden des negativ Wünschbaren gerichtete Entscheidungsrealisierung ist, geschichtlich eine kaum zu überschätzende positive Rolle. Wenn sich die Menschen vom Zutreffen der auf Erkenntnissen über Gesetzeszusammenhänge beruhenden Voraussagen getrennt vom zweckmäßigen praktischen Handeln überzeugen, erweitert das die Möglichkeiten dieses praktischen Handelns beträchtlich; denn: Eine Entscheidung muss innerhalb einer zeitlich begrenzten – oftmals sogar stark begrenzten – Entscheidungssituation getroffen und verwirklicht werden, wenn der beabsichtigt Zweck tatsächlich erreicht werden soll. So fehlt in Entscheidungssituationen die Zeit, Zweifeln gründlich nachzugehen, bessere Lösungsmöglichkeiten umfassend zu erwägen und zu erproben. Aufgrund dessen ist zu fragen, wie bei komplexen Systemen, bei denen sich Experimente verbieten, trotzdem die großen Vorteile, die Experimente bieten, weitgehend erhalten werden können. In die medizinische Forschung eingeschlossene Tierversuche stellen z.B. eine Teilantwort auf diese Frage dar. Problematisch ist an diesen Versuchen nicht nur, ob die damit verbundene Art, mit Tieren umzugehen, immer verantwortbar ist. Tierversuche bieten weiterhin nur unvollkommene Teillösungen, da die Möglichkeit der Übertragung der Erkenntnisse auf den Menschen nicht einfach zu beantworten ist. Vor allem aber kommen bei Erforschung komplexer Systeme Tierversuche als Ausweidlösung oftmals überhaupt nicht in Betracht.

Der Entwicklung der Mathematik, besonders auch der mathematischen Logik, und die Entwicklung moderner Informationsverarbeitungstechnik ist zu danken, dass es eine umfassend positive Antwort zur Frage nach dem Experimentersatz bei Erforschung komplexer Systeme gibt. Praktisches Handeln, das als Realisieren einer Entscheidung unmittelbar oder mittelbar dem Befriedigen menschlicher Bedürfnisse oder Interessen dient, kann so mit detailliertem Erfassen von Daten und logisch-mathematischer Modellierung verbunden werden, dass sich die gewonnenen Daten ähnlich wie experimentelle Befunde zu Vervollkommnung oder Korrektur wissenschaftlicher Einsichten nutzen lassen. Mit Hilfe ein und derselben praktischen Tätigkeit werden so Aktivitäten praktischer Vernunft realisiert und Probleme theoretischer Vernunft bewältigt.

Bei der folgenden Erläuterung der Einheit von praktischer und theoretischer Vernunft beim Entwickeln und Korrigieren von Diagnose-Therapie-Modellen soll nicht verschwiegen werden, dass sich schriftlich fixierte Schülerresultate aus Mathematik-, Physik, Chemie- und Sprachunterricht zur Entwicklung von Diagnose-Therapie-Modelle besonders eignen. Begriffliche Darstellungen empirischer Daten erweisen sich u. U. als außerordentlich schwierig. Das ist dann der Fall, wenn erforderliche Korrekturen der mathematischen Modelle zugleich Korrekturen in sich einschließen, die das begriffliche Erfassen der empirischen Daten betreffen. Dadurch können sich früher erfasste Daten für weitere Modellüberprüfungen als ungeeignet herausstellen. Indem die Schülerresultate faktisch unverändert als empirische Daten dienen, kann der genannten Schwierigkeit aus dem Weg gegangen werden. Das erleichterte die Modellentwicklung, besonders auch das Konfrontieren korrigierter Modelle mit empirischen Daten, auch mit empirischen Daten zurückliegender Schülerergebnisse.

Die Fragen des Verhaltens und der Tätigkeiten von Lehrer und Schülern, Lehren und Lernen während des Unterrichts sind unmittelbar Fragen praktischer Vernunft. Das Lehren erweist sich als rational, wenn es dem erfolgreichen Lernprozess der Schüler dient. Dabei sind alle zu rationalem Entscheiden und Handeln gehörenden Aspekte zu beachten. Der Lehrer muss u. a. von seinem pädagogisch-psychologischen Wissen, von seinen Erfahrungen im Umgang mit den einzelnen Schülern und der gesamten zu unterrichtenden Klasse Gebrauch machen, um die Schüler zum gewünschten Unterrichtsziel zu führen. Für die Schüler muss es für den Lernprozess einen hinreichend starken Handlungsgrund geben, sie sollen ihr bisheriges Wissen im betreffenden Unterrichtsfach aktivieren usw. usf. Kurz gesagt: Der Unterricht einschließlich der schriftlich zu lösenden Schüleraufgaben ist ganz normaler Unterricht wie jeder andere Unterricht auch. Die Daten aus den Schülerarbeiten werden dazu genutzt, Diagnose-Therapie-Modelle aufzustellen und diese immer wieder mit Daten aus neuen Schülerarbeiten zu konfrontieren. Bei den Diagnosen handelt es sich um Aussagen über Fehldispositionen, die bei oft auftretenden Schülerfehlern als Grund angenommen werden. Wird eine Fehlerdisposition eines Schülers zutreffend erfasst, so führt die der betreffenden Diagnose zugeordnete Therapie zum Erfolg.

Diese Verknüpfung von Diagnose und Therapie und die Erprobung der Therapie ist der Schritt im Modellierungsprozess, der die größte Ähnlichkeit mit einem Experiment aufweist. Hier ist besonders der Vertreter der Didaktik des betreffenden Unterrichtsfachs und eventuell seine Arbeit mit einzelnen Schülern gefragt.

Hier ist auch computergestützter Unterricht unter direkter Kontrolle des Didaktikers möglich. Hat sich das Wissen über den Zusammenhang von Diagnose und Therapie hinreichend bewährt, ist damit zugleich der Weg zur Empfehlung prophylaktischer Maßnahmen geebnet, durch die künftig der bisher häufig auftretende Schülerfehler weitgehend vermieden wird. All die eben aufgeführten Aktivitäten – beginnend mit Datenerfassung und ersten Modellierungsversuchen und endend mit der Empfehlung für prophylaktischer Maßnahmen – sind Aktivitäten theoretischer Vernunft, speziell Aktivitäten der Didaktikforschung im betreffenden Unterrichtsfach.

Vermutlich erkennen auch Laien auf den Gebieten von Wissenschaftstheorie und Medizin, dass es in der Medizin bei Entwicklung von Diagnose-Therapie-Modellen ein in mancher Hinsicht ähnliches Vorgehen wie in Didaktiken der Unterrichtsfächer gibt. Ohne dass dies hier näher ausgeführt werden kann, sei auch auf erste bescheidene, trotzdem aber vergleichbare Versuche vorsichtigen Diagnostizierens und eines gewissermaßen tastenden Therapierens im größeren Maßstab auf politisch-wirtschaftlichem Gebiet verwiesen.

Schließlich sei ein Problem dargestellt, bei dem es nicht nur darum geht, dem Pädagogen Hilfen zu bieten, durch die er Prophylaxe, Diagnose und Therapie während des Unterrichtens – eventuell durch Computer im Schüler-Computer-Dialog unterstützt – verbessern kann. Vielmehr handelt es sich dabei um ein grundsätzliches Problem, bei dem Fragen folgender Art Antworten verlangen:

- Ist der Handlungsgrund, ohne den der einzelne Schüler sein Lernpensum nicht zu bewältigen vermag, tatsächlich stark genug?
- Lässt sich in solchen Fällen, in denen einzelne Schüler durch zu große Misserfolge im Lernprozess demotiviert werden, eine gegenseitige Hilfe unter Schülern organisieren, bei der die Motivierung des zurückbleibenden Schüler dank der Unterstützung durch seinen Mitschüler wieder wächst, während der Handlungsgrund des Mitschülers einen neuen, gesellschaftlich besonders positiven Aspekt erhält?
- Sind Fälle, in denen Schüler durch Misserfolge im Lernprozess demotiviert werden, so häufig, dass sich Konsequenzen für die Lehrplangestaltung ergeben?

In der Volksbildung der DDR gab es derartige Fragestellungen, wenn auch ihre Lösung durch ideologische Engstirnigkeit nicht zustande kam.

Während sich auf Grundlage sehr umfangreichen empirischen Materials Diagnose-Therapie-Modelle in den Unterrichtsfächern Mathematik, Physik, Chemie, Muttersprache erfolgreich entwickeln ließen, war das bei dem empirischen Material aus dem Russischunterricht schwieriger. An dem Material war zu erkennen, dass es eine nicht geringe Anzahl von Schülern gab, die den Anschluss in diesem Fach bereits völlig verloren hatten, dem Unterricht faktisch nicht mehr folgen konnten.

Erfolgreiche therapeutische Maßnahmen wären nur als sehr umfangreicher nachholender Unterricht möglich gewesen. Die zuständigen Fachvertreter der Pädagogischen Akademie in Berlin trauten sich nicht zu, die Ministerin für Volksbildung mit dem Problem zu konfrontieren. Aus Erfahrung wussten sie, dass auf sie die Schuld wegen angeblich viel zu schwerer Aufgabenstellung für die Schüler abgewälzt worden wäre.

Wieder sind Analogien mit der Medizin als einer anderen Wissenschaft, in der die Komplexität des Untersuchungsgegenstandes ein vergleichbares Ineinandergreifen von Aktivitäten praktischer und theoretischer Vernunft verlangt, nicht zu übersehen. Auch in der medizinischen Forschung kann Häufung von Negativem oder zumindest Fragwürdigem die Lösung umfassenderer – so sozialer, sozialhygienischer, gesundheitspolitischer – Probleme erfordern.

3 Zur Bedeutung der Modellierung für den Mensch-Maschine-Dialog

Es ist sicher eine Binsenweisheit, dass der Computer textsprachliche, akustische und visuelle Information verarbeitet und mit dem Menschen auf informeller Ebene kommuniziert. Der Computer/die Rechentechnik (IT) ist eines der wesentlichsten Hilfsmittel des Neuzeitmenschen geworden. Informelle Tätigkeiten werden der Maschine anvertraut.

Wir behaupten, dass sich aber nur die Tätigkeiten lohnen, formal und damit IT-tauglich aufzubereiten, die sich wiederholen, invariant sind und damit gesetzmäßige Züge tragen. Die invarianten, informellen Prozesse der IT sind, falls sie nicht ausdrücklich Forschung oder Spiel betreffen, Hilfsmittel in menschlichen Entscheidungsprozessen. Dementsprechend ist, abgesehen von den genannten Ausnahmen, Modellierung informeller Tätigkeiten stets im Kontext von Entscheidungsprozessen zu betrachten.

Dieser Zusammenhang ist keine Binsenweisheit und ist aus Sicht der Autoren in Software nur in Ausnahmen bewusst umgesetzt.

Menschliche Entscheidungen können rational, nichtrational oder ausgesprochen irrational sein. Entscheidungsprozesse können sich auch aus Komponenten zusammensetzen, die sich hinsichtlich Rationalität, Nichtrationalität oder Irrationalität unterscheiden. Von Zufällen abgesehen, sinken die Chancen, dass durch Realisierung einer Entscheidung die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt werden, umso mehr, je näher deren Komponenten der Irrationalität sind (KRE. 2006/2007). Demnach kann es sich beim Bemühen, Entscheidungen mit Hilfe von IT zu unterstützen, nur um das Bemühen handeln, rational zu entscheiden. In diesem Zusammenhang ist auch nicht zu übersehen: Die praktischen Zwecke, denen Forschungsergebnisse dienen sollen, sind auf rationales Entscheiden gerichtet.

Die Basis, damit der erste Schritt im Gesamtprozess (s. Grafik), ist die Modellierung informeller Tätigkeiten des Menschen. Dies setzt die Erkenntnis der Invarianten der Tätigkeiten und die Erklärung und damit Vorhersage dieser Tätigkeiten, entsprechend der mit zu modellierenden Rahmenbedingungen, voraus. Genau dieser Ansatz an der APW, sauber zwischen Beobachtbarem (Resultaten der Tätigkeiten) und Theoretischen (nicht beobachtbare dispositionelle Eigenschaften des Menschen) unterschieden zu haben, ist heute aktueller denn je.

IT-Pflichtenhefte beginnen in der Regel mit der Geschäftsprozessanalyse und den berühmten Frage an den Nutzer „Was tun Sie eigentlich wie und warum?“. Wenn dann der normale Nutzer dem IT-Fachmann verständnislos und hilflos gegenübersteht, könnte genau das Vorgehen beginnen, was in den 1970-iger Jahren mit der Analyse von Leistungskontollergebissen des Mathematikunterrichtes in 5. und 6. Klassen mit erheblichem Aufwand vorgenommen worden ist.

Stark vereinfacht wurden folgende Arbeitsschritte gegangen:

1. Herstellung von Beziehungen zwischen Klassen von Anforderungen (mathematische Aufgabenstellungen) und Klassen von Ergebnissen (korrekte Ergebnisse und invariante Fehler; Ergebnistypen)
2. Dispositionelle Erklärung der Ergebnistypen durch eine Menge möglicher geistiger Tätigkeiten (mathematische Lösungs- und systematisch-invariante Irrwege)
3. Herstellung von Versuchsbedingungen (geänderte mathematische Aufgabenstellungen) und Voraussage der Ergebnistypen
4. empirische Analyse der Ergebnistypen und Verifizierung der Voraussagen
5. methodische Empfehlungen an Lehrbücher und Lehrer zur didaktischen Umsetzung im Normalunterricht
6. Erste Schritte zur Umsetzung der tätigkeitsorientierten Methodik in computergestütztes Lernen

Übertragen auf heutige Gegenstände in Applikationen (ERP, BI, BPM, CRM, DMS, CAD, CAFM, und viele weitere Kürzel, die sicher allen Anwesenden geläufig sind), sollte man weniger das Modellieren, was der Nutzer sagt oder meint, sondern beobachten, was er tut. Damit ist der Aufwand zur Modellierung um ein mehrfaches höher, aber resistenter gegenüber Veränderungen der Anpassung von Prototypen.

Einschränkend sei gleich gesagt, dass der Aufwand des empirisch-theoretischen Vorgehens sich nicht an allen Stellen lohnt (deshalb wurde an der APW bewusst die 5. und 6. Klassenstufe gewählt, weil hier nach Auffassung der Lehrer wesentliches mathematisches Grundverständnis vermittelt wird).

IT-Programme, die Invariantes abbilden und invariante Prozesse unterstützen, repräsentieren Standards. Standards sind ein wesentlicher Weg zur effektiven IT-Nutzung und aus unserer Sicht neben intuitiver Erfahrung auch durch systematische Tätigkeitsanalysen erreichbar. Jegliche Begriffsbildung beruht bewusst oder unbewusst auf invarianten Merkmalen (invarianter Semantik), wenn auch manchmal – wie beispielsweise in der Biologie – diese invarianten Merkmale erst in langwierigen Forschungen und dazu noch als nicht unmittelbar beobachtbar ermittelt werden.

Leider sind die bis in die 1990iger Jahre betriebenen Forschungsmethoden der APW der DDR mit deren Untergang auch verloren gegangen und haben, ob des gewaltigen analytischen Aufwandes, auch wenig Chancen, wieder belebt zu werden.

Andererseits wird zu Recht beklagt, dass es zwar wesentlich verbesserte technische Hilfsmittel für Computerunterstütztes Lernen gibt, aber die theoretischen Grundlagen seit Jahren keine wirklichen Fortschritte haben [D21, 2007]. Tätigkeiten erfolgreich zu führen, wird aber nur funktionieren, wenn man deren Gesetzmäßigkeiten erkannt hat.

4 Empirisch-theoretisches Vorgehen

4.1 Theoretische Grundlagen Diagnose-Therapie-Modell

These 1: Logisch-mathematische Modellierung und Computernutzung sind ursprünglich nur wesentlicher Bestandteil eines Forschungsprozesses. Ziel dieses Forschungsprozesses ist das Gewinnen von Diagnosen und Therapien zu Schülerfehlern, die relativ häufig bei Auswertung sehr umfangreicher Daten – mehrere Tausend – in Gestalt schriftlicher Schülerergebnisse vorliegen. Dabei sind einige theoretische Probleme zu bewältigen:

- Ausschlaggebend für den Erfolg der Modellierung ist das Ermitteln zutreffender Diagnosen. Indem diese Diagnosen Aussagen über Fehlerdispositionen von Schülern darstellen, handelt es sich um Aussagen mit theoretischem Termini; denn für Dispositionen gilt, dass sie nicht unmittelbar beobachtbar sind.
- Wenn die interessierende Disposition bekannt ist, so sind Erklärungen oder Voraussagen über Symptome auf Basis deduktiver Schlüsse möglich. Allgemein gilt: Liegt eine bestimmte Disposition D_1 bei einem Schüler x_1 s vor und wird diese Schüler vor eine Situation S_1 gestellt – beispielsweise einige Aufgaben in Mathematik zu lösen –, so lässt sich Resultat R_1 , zu dem er gelangt ist, erklären, bzw. es lässt sich das Resultat R_1 , zu dem er gelangen wird, vorhersagen. Die Situation S_1 und das Resultat R_1 stellen dabei zusammengenommen das Symptom dar. Sortenlogisch lässt sich die Gesetzmäßigkeit, die das ermöglicht, mit dem Alloperator – $\forall x_1^s$ heißt: von allen x_1^s gilt – und der Implikation – \rightarrow steht für ‚wenn .., so‘ – etwas vereinfacht, da auf Zeiterme verzichtet wird, so ausdrücken: $\forall x_1^s (D_1(x_1^s) \rightarrow (S_1(x_1^s) \rightarrow R_1(x_1^s)))$.

- Während dann, wenn die Disposition bekannt ist, mit Hilfe der hier vereinfacht dargestellten Gesetzesaussage Symptome erklärt oder vorhergesagt werden können, ist ein entsprechender Schluss von Aussagen über die Symptome auf die Aussage über die Disposition nicht möglich. Die bei Schülern auftretenden Symptome sind nicht mit manchen Indikatoren in der Technik gleichzusetzen, bei denen ein deduktiver Schluss vom Beobachtbaren auf das nicht unmittelbar Beobachtbare unter besonders günstigen Bedingungen statthaft erscheint. So spricht das Auftreten dieses oder jenes Symptoms lediglich mit mehr oder weniger großer Wahrscheinlichkeit, die durch empirische Untersuchungen genauer zu ermitteln ist, für die jeweilige Disposition.
- Da beim Vorliegen dieser oder jener Symptome gewöhnlich mehrere Aussagen über Dispositionen – also mehrere Diagnosen – als zutreffend in Betracht kommen, muss bei einer gewählten therapeutischen Maßnahme immer noch mit Misserfolg gerechnet werden. In solchen Fällen ist dann eventuell nach einer neuen therapeutischen Maßnahme zu fragen.

4.2 Praktische Ergebnisse in Grundschulen der DDR und an der TU Dresden

These 2: Die Diagnose und Therapie betreffenden Forschungsergebnisse können zuerst einmal zur Verbesserung des Unterrichts genutzt werden, in dem keine Computer eingesetzt sind. Dazu dienen in der DDR Unterrichtshilfen, d.h. schriftliche Anleitungen für den Lehrer zur Gestaltung seines Unterrichts. Ausgehend von den fundierten Diagnose-Therapie-Modellen war es möglich, in die Unterrichtshilfen Empfehlungen prophylaktischer Natur aufzunehmen. Durch diese prophylaktischen Empfehlungen ließ sich solchen Schülerfehlern vorbeugen, die in den vorangegangenen empirischen Untersuchungen relativ häufig festgestellt werden mussten. Die ersten positiven Auswirkungen waren im Mathematikunterricht zu registrieren. Auch nach 1990 wurde von einem für die Bildung verantwortlichen CDU-Minister der sächsischen Landesregierung (Herrn Rößler) das hohe Niveau des Mathematikunterrichts in der DDR anerkannt. Ein Faktor, der zu diesem Niveau beitrug, war die soeben beschriebene Prophylaxe. Es zeigte sich, dass prophylaktisches Vorgehen auf der Grundlage empirischen Materials gewonnener und erprobter Diagnose-Therapie-Modelle auch im naturwissenschaftlichen und im muttersprachlichen Unterricht möglich ist.

These 3: Bei den Diagnose-Therapie-Modellen gibt es mehrere Gründe dafür, dass an ein Ersetzen des Lehrers durch den Computer bei Stimulierung derjenigen Schülertätigkeit nicht zu denken ist, durch die sich der Schüler von seinem fehlerhaften Vorgehen befreit. Die beiden wichtigsten Gründe, die im Zusammenhang mit These 1 unter 4.1. zu sehen sind, seien hier genannt:

- Häufig kommen aufgrund erster empirischer Befunde über fehlerhaftes Verhalten eines Schülers mehrere sich gegenseitig ausschließenden Diagnosen über Dispositionen in Betracht. Das können zwei, drei, eventuell auch vier sein. Es zeigt sich: Auch im Falle hoher Wahrscheinlichkeit für das Zutreffen einer der in Betracht kommenden Diagnosen ist niemals völlig auszuschließen, dass sich eine bisher nicht beachtete Diagnose beim nächsten Schüler als wahr erweist. In dieser Hinsicht sind die Diagnose-Therapie-Modelle grundsätzlich

unvollkommen. Die Summe der Wahrscheinlichkeiten für das Zutreffen der positiven Diagnosen ist kleiner als 1.

- Diagnose- und Therapieprozesse sind ebenso wie durch prophylaktische Maßnahmen bewirkte Veränderungen durch innere und äußere Einflüsse störanfällig, die in den Diagnose-Therapie-Modellen unberücksichtigt bleiben müssen. Beispielsweise kann es wegen äußerer Ablenkung, wegen einer bisher unbeachtet gebliebene Erkrankung, wegen Ermüdungserscheinungen oder wegen ähnlicher Faktoren zu einem Verhalten des Schülers kommen, das sich eventuell stark von seinem normalen Verhalten unterscheidet.

Werden also in absehbarer Zeit Computer in Diagnose-Therapie-Prozessen genutzt, so grundsätzlich nur als Mittel zur Entlastung des Lehrers, nicht zur Ersetzung des Lehrers.

4.3 Einsatz rechentechnischer Mittel (Hard- und Software)

Für die Auswertung von Massendaten wurde zuerst ein R300 genutzt. Die Schüler-Ergebnisse wurden auf Lochkarten übertragen und ausgewertet. Einfache Auswertungen wurden mit RPG umgesetzt; komplexere Analysen wurden durch die Entwicklung eines Fachinterpreters (Siegfried Zwiebel) umgesetzt. Der Interpreter wurde auf Basis der Maschinensprache MOPS erstellt.

Für erste Versuche im Computerunterstützten Unterricht (CUU) wurde ein LISP-Interpreter (Herbert Stoyan, Joachim Oelschlegel) entwickelt und genutzt. Die alphanumerischen Terminals für die Schülerarbeitsplätze gestatten nur sehr eingeschränkte Programminhalte und Programme. Die polnische Notation und das rekursive Verhalten von LISP waren für diese ersten Versuche sehr gut geeignet. Man konnte leicht didaktische Funktionen erstellen und dem Pädagogen zur Umsetzung seiner fachlichen Inhalte geben. Erster Nutzer des Systems war Dr. Helmut Menschel, der mit physikalischen Lehrabschnitten die physikalische Grundausbildung von Schülern der 6. Klasse versuchsweise gestaltete. Die zeichenkettenorientierte Arbeitsweise von LISP erlaubte damals schon recht komplexe Erkennung alphanumerischer Tastatur-Eingaben der Probanden.

Von einer breiten Nutzung konnte keine Rede sein, weil die 5 Bildschirmarbeitsplätze und die Grenzen des zu vermittelnden Stoffes doch erheblich waren. Übertragbar aus heutiger Sicht war aber der Ansatz, über die Modellierung des Verhaltens, die Erklärung der dispositionellen Persönlichkeitseigenschaften und den schrittweisen Zugang zu einer Fachsprache zur Modellierung des didaktisch-methodisch aufbereiteten Schulstoffs zu gelangen.

Aus heutiger Sicht sind die didaktisch-methodischen Inhalte wesentlich eleganter und grafisch aufbereiteter umzusetzen. Fehlt allerdings der theoretisch-empirische Hintergrund, dann fehlt der Aufbereitung auch die Basis. Dazu ist interdisziplinäre Forschung von Psychologen, Didaktikern, IT-Fachleuten und Mathematikern erforderlich, die auf einer breiten empirischen Basis aufzusetzen haben. Dieser Ansatz wird nach unserem Kenntnisstand bis heute nicht gegangen und scheint mit den Forschungen des FRZ der APW und deren Auflösung auch untergegangen zu sein.

5 Konsequenzen für IT-Einführung aus heutiger Sicht

IT-Nutzung ist in der Regel ein Mensch-Maschine-Dialog. Jeder dieser Dialogpartner hat Stärken und Schwächen. Darüber ist schon viel geschrieben und diskutiert worden. Was aus unserer Sicht fehlt, ist die komplexe Modellierung dieses Dialoges vor dem realen Dialog. Je nach Komplexität der abzubildenden realen Prozesse scheitern IT-Projekte in Deutschland zwischen 10-30%. Hauptursache ist aus unserer Sicht die Spanne von fehlendem Pflichtenheft bis zu überzogenem Pflichtenheft. Modellierung ist heute keine mathematische Disziplin, die anwendungsbereit in der Breite verfügbar ist. Die große Dynamik der realen Prozesse wird durch die Abbildung in Applikationen wie CAFM, GIS, CRM usw. nur teilweise befriedigend erfüllt. ERP-Prozesse, die weitgehend standardisiert ablaufen, scheinen am ehesten und erfolgreichsten effektiv umsetzbar zu sein. Allerdings verwundert es oftmals, mit welchen Einschränkungen der Nutzer zu kämpfen hat, so dass sich der Mensch-Maschine-Dialog mehr in Richtung Maschine als den zum Menschen bewegt.

Menschliches Verhalten hat immer einen Anteil dispositioneller Erklärungsversuche, da Dispositionen eben keine Ursachen sind. Wenn diese prinzipiellen Zusammenhänge auf einfache Determinismen reduziert werden, sind dann die vorher genannten Probleme gut zu erklären.

Eine Lösung könnte eine Modellierung mit entscheidungstheoretisch-empirischem Hintergrund sein. In diesen Kontext könnten auch Service Orientierte Architekturen (SOA) als die Invarianten von Tätigkeiten interpretiert werden. Der Tätigkeitsorientierte Ansatz ist aber wertlos, wenn er nicht, wie oben im Bild 1, in den Zusammenhang einer Modellierung des Gesamtprozesses gestellt wird. Dies ist eine Aufgabe, die noch viel Zeit erfordern wird.

Literaturverzeichnis

- [KRE, 2006] Kreschnak, Horst; Rationales Entscheiden in Geschichte und Gegenwart; Europäischer Verlag der Wissenschaften Peter Lang; Frankfurt/Main 2007, Band 1
- [KRE, 2007] Kreschnak, Horst; Rationales Entscheiden in Geschichte und Gegenwart; Europäischer Verlag der Wissenschaften Peter Lang; Frankfurt/Main 2007, Band 2
- [D21, 2007] Unterlagen Jahreskongress Initiative D21; Symposium „Web 2.0 Neue Strategie für die Bildung“