

ITS

Intelligente tutorielle Systeme

Hauptseminar Medieninformatik
Multimediale Lehr- und Lernsysteme

von Carmen Eisendle
Wintersemester 2003/04

Abstract

Intelligente tutorielle Systeme sind adaptive und flexible Lernsysteme, die Methoden der kognitiven Psychologie und der künstlichen Intelligenz benutzen. Sie sind in der Lage, sich individuell an den Benutzer anzupassen und ihm jederzeit ein adäquates Lehrangebot bereit zu stellen. Die Präsentation der Lerninhalte hängt von seinem Verhalten und seinen Leistungen ab. Der Lernende soll einen flexiblen Dialog mit dem System führen können.

Ein ITS besteht grundsätzlich aus vier verschiedenen Komponenten: dem Wissensmodell, dem Lernermodell, dem Tutorenmodell und der Benutzerschnittstelle. Die Themen, Wahlmöglichkeiten und das Verzweigungsnetz sind mehr oder weniger umfangreich und komplex.

Vor allem in den 80er Jahren gab es eine Reihe von Realisierungen intelligenter tutorieller Systeme, jedoch genügten kaum welche von ihnen den ursprünglich gewünschten Anforderungen. Meist wurden zu einfache Lerner- und Tutorenmodelle angenommen. Außerdem erfordert die Komplexität der ITS einen hohen Entwicklungsaufwand. Aus diesem Grund gab es in jüngster Zeit kaum noch Fortschritte in dieser Forschungsrichtung, jedoch konnten sich Teilkonzepte daraus auf anderen Gebieten behaupten.

Einleitung

Wir leben in einer Welt der Informationsfülle. Es ist in der heutigen Zeit kaum noch möglich, diese Unmengen an Wissen zu bewältigen, geschweige denn, sie aufzunehmen. Und doch sind wir ständig gezwungen, uns neue Informationen anzueignen, ob in der Schule, im Beruf oder im Alltagsleben. Wie können wir dies schaffen? Die Ideallösung wäre ein Lehrer, der individuell auf jeden einzelnen Lernenden eingehen kann und ihm unterstützend das jeweilige Wissensgebiet beibringt, sprich ein so genanntes intelligentes tutorielles System.

ITS – Intelligente tutorielle Systeme

Was ist ein tutorielles System?

Im Gegensatz zu einem reinen Präsentationssystem stellt ein tutorielles System zwischendurch Fragen und macht den weiteren Kursablauf von den Antworten des Tutanden abhängig (siehe Abbildung 1). Nach der Analyse der Antworten verzweigt es in andere Programmteile.

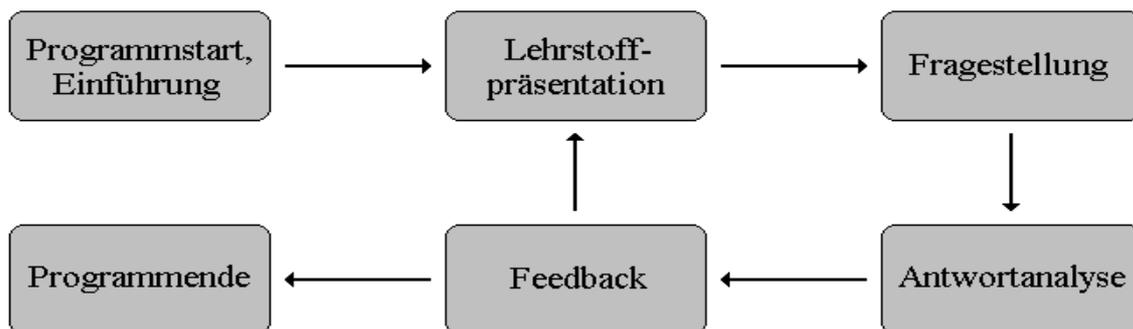


Abbildung 1: Traditionelle tutorielle Systeme [Faulhaber 1996]

In der Regel erhält der Tutand direktes Feedback. Meist handelt es sich hierbei um naive Programme mit fest vorgegebenen Verzweigungen. Komplexe Zusammenhänge können nur schlecht dargestellt werden. Außerdem versuchen tutorielle Systeme nicht, sich ein Bild über den Lernenden zu machen, um davon den optimalen Lernverlauf zu ermitteln. Genau diesen Nachteil versuchen *intelligente* tutorielle Systeme zu beheben (vgl. [Faulhaber 1996]).

Was ist ein intelligentes tutorielles System?

„Intelligente tutorielle Systeme (ITS) sind adaptive Mediensysteme, die sich ähnlich einem menschlichen Tutor an die kognitiven Prozesse des Lernenden anpassen sollen, indem sie die Lernfortschritte und -defizite analysieren und dementsprechend das Lernangebot generativ modifizieren sollen.“ [Issing, Klimsa 1997, 555]

Die Intelligenz liegt also darin, einen flexiblen und adaptiven Dialog mit dem Lernenden führen zu können. Vergleichbar ist ein solches System mit einem Lehrer. Dieser geht individuell auf den Schüler ein und baut den Unterricht aufgrund seiner Merkmale und Fortschritte auf.

Die Hauptmerkmale eines ITS sind Adaptivität, Flexibilität und Diagnosefähigkeit.

- Unter Adaptivität versteht man die selbständige Anpassung an den jeweiligen Benutzer durch Auswertung einer Kombination von Informationen über Fachinhalte, pädagogischen Strategien und den Lernenden. Die Idee, die zugrunde liegt, ist wiederum die Unterrichtssituation: ein Lehrer kann bei der Vorbereitung des Lernstoffs nicht vorab bestimmen, welche Strategien für die Übermittlung und Erklärung nötig sein werden. Er muss sich während des Unterrichts, also dynamisch, an die Situation anpassen.

- Flexibilität ist die Fähigkeit zur Änderung der Darstellung der Lerninhalte. Sie wird durch die getrennte Implementierung der Wissensbasis und der tutoriellen Komponente gewährleistet.
- Diagnosefähigkeit ist gefordert, um den Lernenden korrekt analysieren und Rückschlüsse über seine Kompetenz führen zu können.

Der Ablauf des Systems ist benutzergesteuert und geschieht nicht über Kontrollstrukturen. Als Wissensbasis dient meist ein Expertensystem. Außerdem verwenden solche Systeme Methoden der Künstlichen Intelligenz (KI).

Die zugrunde liegenden Softwaretechniken sind meist regel- oder fallbasierte Expertensysteme, objektorientierte Wissensbasen oder Programmiersprachen (z.B. Lisp) (vgl. [Schulmeister 1997, 197-203]).

Anwendungsbereiche von ITS

Bereits 1970 gab es erste Versuche der Realisierung von intelligenten tutoriellen Systemen in den USA. Doch für welche Gebiete eignen sich solche Systeme? ITS bieten sich immer dann an, wenn klare und eindeutige Musterlösungen vorhanden sind. Dies sind meist Bereiche, in denen der Lerner Probleme lösen muss, die ein ITS prinzipiell selbst vorbildlich lösen kann.

Dazu gehören Flugzeug- und Anlagensteuerung, technische Reparaturdiagnostik, medizinische oder juristische Entscheidungsfindung, mathematische Probleme oder das Programmieren.

Hierbei fällt bereits die Limitiertheit der Themengebiete dieser Systeme auf. Eine Anwendung in geisteswissenschaftliche Richtungen beispielsweise ist kaum denkbar. (vgl. [Euler 1987, 73 ff.])

Aufbau eines ITS

In Abbildung 2 ist der prinzipielle Aufbau eines intelligenten tutoriellen Systems dargestellt.

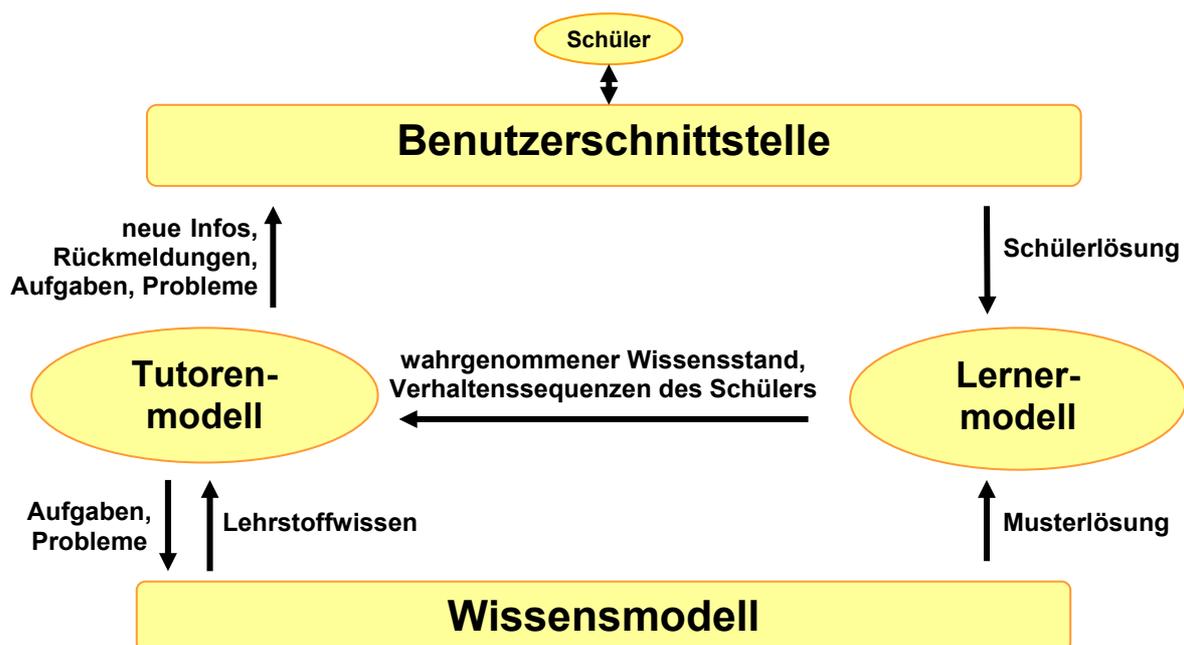


Abbildung 2: Intelligente tutorielle Systeme (vgl. [Faulhaber 1996])

Der Schüler löst eine Aufgabe oder stellt Fragen an das System. Via Benutzerschnittstelle wird dies an das Lernermodell weitergeleitet. Dieses vergleicht seine Lösung mit der Musterlösung, die ihm das Wissensmodell bereitstellt und leitet daraus den Wissenstand und die Verhaltensweisen des Schülers ab. Die Informationen werden zum Tutorenmodell weitergeleitet, welches nun die geeigneten pädagogischen Strategien einschlägt und dem Schüler entsprechendes Feedback liefert. Die einzelnen Komponenten werden im Folgenden noch genauer erklärt.

Das Wissensmodell

In der Literatur findet man vielfach auch die Bezeichnung *domain model* oder Expertenmodell. Das Wissensmodell enthält eine Ansammlung von Kenntnissen, Erfahrungen, Methoden und Allgemeinwissen und bildet somit die Wissensbasis des Systems. Meist wird diese Basis als Expertensystem¹ implementiert.

Im Allgemeinen verkörpert es drei Sorten von Wissen:

- **Deklaratives Wissen** (Faktenwissen, „Wissen-was“): Hier werden nötige Begriffe definiert wie z.B. Wurzel oder Potenz in einem Mathematik-Tutor
- **Prozedurales Wissen** (praktisches Wissen, „Wissen-wie“): Damit sind Argumente und Regeln gemeint, mit deren Hilfe sich Beziehungen zwischen Objekten darstellen und Probleme lösen lassen.
- **Heuristisches Wissen** (Erfahrungs- und Problemlösungswissen): Es handelt sich hierbei im Wesentlichen um Handlungsempfehlungen der Experten, wie sie Lernenden helfen können, die richtige Herangehensweise an ein Problem zu finden, z.B. Löse zuerst alle Klammern auf, Wende Beispiel an auf ... , Identifiziere alle Objekte in ... , Finde alle Unbekannten in... (vgl. [Schulmeister 1997, 182 ff.]).

Man unterscheidet zwei verschiedene Modelle der Repräsentation: das „black-box“ und das „glass-box“-Modell.

Im „**black-box**“-Modell bleiben die Vorgehensweisen des Programms im Dunkeln. Nur die Ergebnisse der Problemlösungen können eingesehen werden. Dieses Modell hebt keinen Anspruch darin, menschliche Intelligenz abzubilden und hat den Vorteil, auch komplizierte Formeln zur Berechnung heranziehen zu können, die für den Lernenden oft unlösbar oder verwirrend wären.

Im „**glass-box**“-Modell hingegen ist jeder Einzelschritt einsehbar. Es erhebt den Anspruch, vergleichbare Methoden zur Problemlösung wie der Mensch anzuwenden. Der Tutand hat hier jederzeit die Möglichkeit Fragen zu stellen und das Modell ist in der Lage ihm Schritt für Schritt den Lösungsweg zu zeigen. Dies ist aber nicht immer umsetzbar und effektiv.

Meist werden beide Modelle kombiniert verwendet.

Das Wissen im Wissensmodell ist in Form von Listen, Wissensstrukturdiagrammen oder Regeln organisiert und wird meist in Form von semantischen Netzen modelliert: Informationseinheiten bilden die Knoten, Verweise und Verknüpfungen die Kanten (vgl. [Peters 2002, 5 ff.]).

¹ Ein Expertensystem ist ein intelligentes Programm mit Wissensbasis und Inferenzmaschine. Es simuliert das Wissen und Problemlösungsverhalten von Experten in einer Domäne und ist in der Regel mit einer Erklärungskomponente ausgestattet. Im Gegensatz zu ITS versuchen Expertensysteme aber nicht, menschliches Denken nachzuahmen.

Das Lernermodell

Häufig findet man auch die Bezeichnung *student model* oder Diagnosemodell. Das Lernermodell enthält zu jedem Zeitpunkt den aktuellen Wissensstand des Lernenden. Es kennt das Wissen und die Fähigkeiten des Studenten und weiß, was er bereits gemacht hat (Historie). Außerdem leitet das Modell individuelle Aussagen über ihn ab.

Das Lernermodell beobachtet, interpretiert und diagnostiziert also das Verhalten des Lernenden. Es erkennt Lernfortschritte und -defizite und zieht daraus Schlussfolgerungen.

Ein wichtiger Bestandteil dieses Modells ist die Fehlerdarstellung. Meist geschieht dies in Form von Fehlerbibliotheken.

Das Problem hierbei ist jedoch, dass Fehler selten in Reinform auftreten und es ist sehr schwierig, Fehlerursachen richtig zu diagnostizieren: Geschah der Fehler durch mangelnde Motivation, war es ein Glückstreffer oder wurde es wirklich nicht verstanden?

Man unterscheidet zwischen zwei verschiedenen Arten von Lernermodellen: dem Deviation- und Overlay-Modell.

Im **Deviation-Modell** (Abweichungsmodell) wird der aktuelle Wissensstand als Performanz bzw. als Abweichung vom Expertenwissen gesehen. Es wird nur überprüft, ob die Lösungen mit denen des Experten übereinstimmen. Die Lösungswege können also vollkommen abweichen. Hier bleibt jedoch die Schwierigkeit, den Lernenden zu beurteilen. Letztlich kann die Differenzen zwischen Experten und Lerner auch nur fehlendes Wissen angenommen werden.

Im **Overlay-Modell** (Untermengenmodell) wird zu jedem Wissensselement notiert, wie gut der Student es weiß und anwenden kann. Der aktuelle Wissensstand wird als Teilmenge des Expertenwissens gesehen. Es ist ein einfaches und detailliertes Modell, doch auch sehr unflexibel. Es kann nur zum Einsatz kommen, wenn die Menge an möglichen Lösungswegen überschaubar gering ist. Fehler werden als unvollständiges Wissen betrachtet (vgl. [Schulmeister 1997, 183-186] und [Euler 1987, 77 ff.]).

Das Tutorenmodell

Im Englischen wird es auch als *tutor model* bezeichnet. Es simuliert das Entscheidungsverhalten eines Lehrers und beinhaltet die pädagogischen Fähigkeiten. Das Tutorenmodell entscheidet, was wann wie präsentiert werden soll. Genau wie ein Lehrer ist es für die angemessene Gestaltung des Unterrichts verantwortlich: es wählt Lernziele aus, überwacht die Aktionen des Schülers, bestimmt den Zeitpunkt einer Unterbrechung und einer Hilfestellung und steuert die Kommunikation.

Das Modell erstellt psychologische Diagnosen und entscheidet jeweils, ob es Hilfe leisten soll, neue Aufgaben stellen soll oder den Lernenden in Ruhe weiterarbeiten lassen soll.

Die vorherrschenden Methoden sind hierbei der sokratische Dialog und das Coaching.

Im sokratischen Dialog soll der Lernende nicht überredet werden, sondern durch gezielte Fragestellungen selbst zum Ergebnis kommen. Beim Coaching hingegen steht das entdeckende Lernen im Vordergrund. Das System greift selten ein und lässt den Lernenden vorwiegend selbst herausfinden, was er zu tun hat (vgl. [Schulmeister 1997, 186 ff.] und [Euler 1987, 80 ff.]).

Die Benutzerschnittstelle

Die Benutzerschnittstelle bildet die Kommunikationskomponente des Systems. Sie ist die Umsetzung der internen Repräsentation und entspricht der eigentlichen Form, in der das System dem Anwender gegenübertritt.

Frühe Ansätze intelligenter tutorieller Systeme waren der Ansicht, die Kommunikation sollte der natürlichen Sprache möglichst nahe kommen, doch hier gab es entscheidende Probleme in der Realisierung. Meist erfolgt die Steuerung über eine Kommandosprache oder über Menüs, die eine schnellere Eingabe ermöglichen. Menügesteuerte Systeme erlauben es dem Lernenden jedoch nicht, unerwartete Fragen zu stellen.

Die Benutzerschnittstelle sollte möglichst robust, effizient und leicht erlernbar sein. Sie soll die Adaptivität und Flexibilität des Systems gewährleisten (vgl. [Schulmeister 1997, 187-191] und [Euler 1987, 83 ff.]).

Auflistung einiger ITS

Name	Literatur	Fachbereich
SCHOLAR	Carbonell (1970)	Geographie
MYCIN GUIDON	Schortliffe (1976) Clancey (1982/83)	Medizin (Identifikation von Infektionen)
SOPHIE	Brown/Burton (1974), Burton (1982)	Physik (Fehlererkennung in elektrischen Schaltkreise)
PROUST	Johnson/Soloway (1987)	Informatik
WEST	Burton/Brown (1979)	Mathematik
Algebraland	Brown (1985)	Mathematik
STEAMER	Williams/Hollan (1983) Hollan/Hutchins (1987)	Maschine
DiBi	Spada/Opwis (1988) Spada/Stumpf (1989)	Physik
BRIDGE	Bonar/Cunningham (1988)	Informatik

Abbildung 3: Auflistung einiger ITS (vgl. [Schulmeister 1997, 192])

In Abbildung 3 sind ein paar intelligente tutorielle Systeme exemplarisch aufgelistet. Es fällt auf, dass die meisten Systeme in die 80er Jahre fallen und dass die Fachbereiche sehr eingeschränkt sind. Gründe hierfür werden im Kapitel „Mängel und Kritik“ näher erläutert.

Auf einzelne ITS wird im Folgenden näher eingegangen (nach [Puppe 2003]).

SCHOLAR

SCHOLAR dient zum Lernen der Geographie Südamerikas. Als Lernermodell verwendet es ein Untermengenmodell. Themengebiete werden über Interessanzheitszahlen, Dialoggeschichte und Zufallsgeneratoren ausgewählt. Das Wissensmodell ist durch semantische Netze realisiert, die jedoch nur die Darstellung von Faktenwissen erlauben (siehe Abbildung 4).

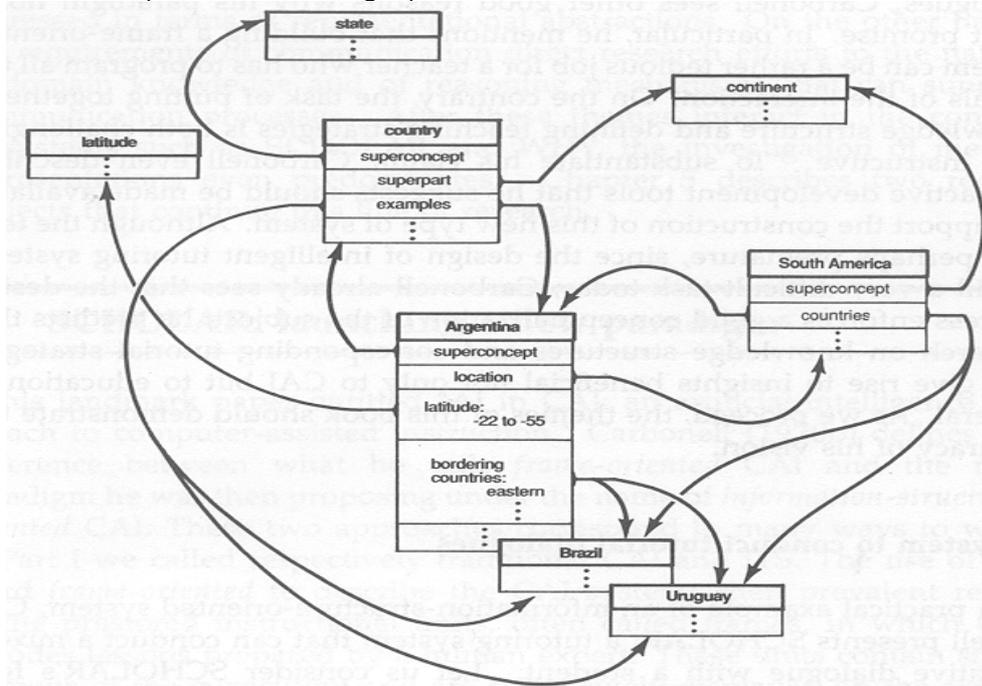


Abbildung 4: Wissensmodell in SCHOLAR [Puppe 2003]

Die Kommunikation wird durch einen sokratischen Dialog mit gemischter Initiative gewährleistet. Das System versteht den Eingabetext durch Muster- bzw. Schlüsselwortvergleich. Textgenerierung entsteht durch Satz- und Fragemuster. Abbildung 5 zeigt einen Beispieldialog aus SCHOLAR:

Scholar	Approx what is the area for Brazil?
Student	2 500 000 square miles
Scholar	Wrong. Please indicate if the following statement is correct: the area of Paraguay is approx 47 432 square miles.
Student	What is the area of Brazil?
Scholar	The area of Brazil is approx 3 600 000 square miles. Now answer the question you didn't answer before.
Student	False
Scholar	Rephrase your statement. I can't understand it.
Student	Incorrect
Scholar	Very good. The area of Paraguay is approx. 157 000 square miles. The language in Brazil is French. Right or Wrong?
Student	Wrong
Scholar	You are correct. The language of Brazil is Portuguese. Is it true that the capital in Brazil is Brazilia?
Student	Yes
Scholar	That's fine. Approx what is the population in Brazil?
Student	60 000 000
Scholar	Appox true, but a more exact value is 70000000. What is Brazil?
Student	Tell me about Peru. [...]

Abbildung 5: Beispieldialog aus SCHOLAR (vgl. [Puppe 2003])

Algebraland

Algebraland ist ein ITS zum Lösen von Gleichungen mit einer Unbekannten. Das Wissensmodell verwendet Regel- und Kontrollstrategien. Der Student wählt erst abstrakte Schritte aus, bevor er sie umsetzt. Auf der Planebene isoliert er beispielsweise Variablen oder fasst gleichartige Terme zusammen. Auf der Operatorebene subtrahiert er, oder teilt auf beiden Seiten. Auf der arithmetischen Ebene schließlich werden die Operatoren umgesetzt.

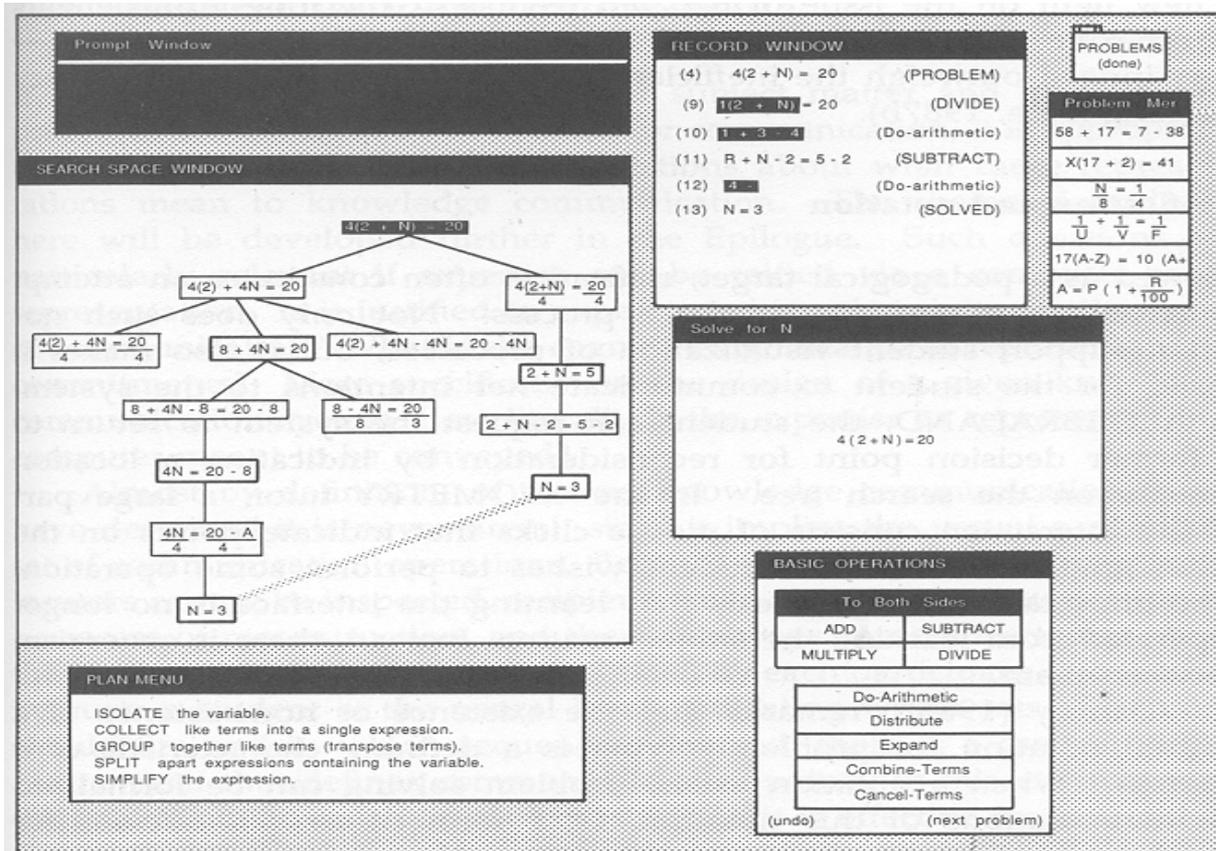


Abbildung 6: Algebraland [Puppe 2003]

Wie Abbildung 6 zeigt, wird der Lösungsprozess des Studierenden in Form eines Baumdiagramms nachgebildet. Landet er in einer Sackgasse, so kann er den Knoten direkt anwählen, von dem aus er eine neue Lösung probieren will. Zusätzlich erlaubt diese Darstellung eine Reflektion über die Prinzipien der Problemlösung. Brown, der Entwickler dieses Systems, ist der Ansicht, dass Studierende, die nie Irrwege eingehen könnten und keine Anstrengungen auf sich nehmen, nie metakognitive Strategien erwerben würden. Andere Forscher sind der Meinung, falsche Lösungswege stiften nur Verwirrung und bewirken Motivationsverlust (vgl. [Schulmeister 1997, 195]).

BRIDGE

BRIDGE ist ein ITS zur Erlernen des Programmierens in Pascal. Viele Anfänger programmieren meist analog zu sprachlichen Konstrukten. Dies macht sich dieses System zunutze. Es bietet abstrakte sprachliche Basiskonstrukte an (siehe Abbildung 7). Zunächst wird in einer Art Pseudocode programmiert, dann wird dieser Code Schritt für Schritt verfeinert. Der Lernende wird von informellen Ideen zu einem strukturierten Programmierplan bis hin zu echten Programmstrukturen geleitet (siehe Abbildung 8). Er kann Hilfe anfordern und den Problemlösungsprozess verfolgen.

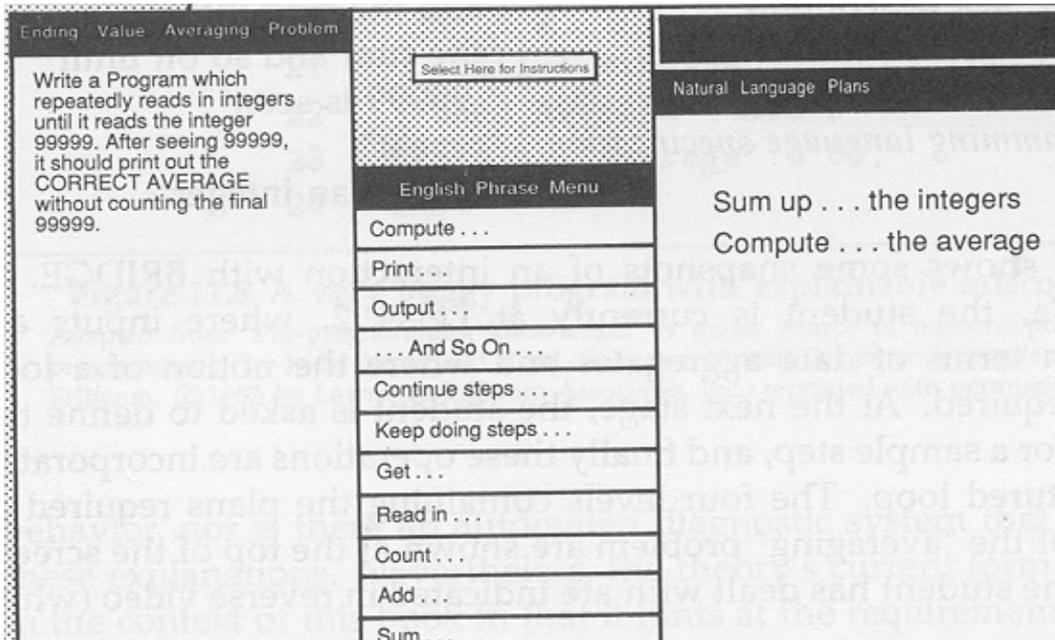


Abbildung 7: Sprachlicher Plan von BRIDGE [Puppe 2003]

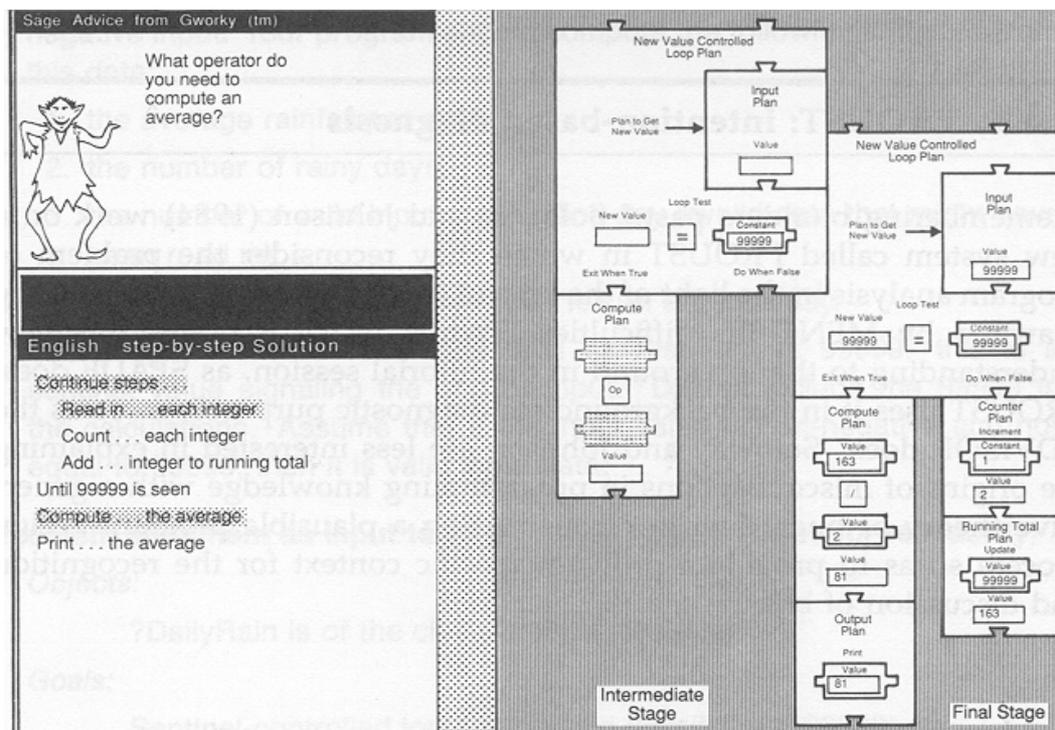


Abbildung 8: Graphischer Zwischen- und Endplan [Puppe 2003]

Grenzen und Kritik an ITS

„Das Gebiet der intelligenten tutoriellen Systeme ist offenbar in der Phase der Programmierung steckengeblieben: Selbst wenn man nur die Aufsätze einer einzigen Zeitschrift zu dem Thema ITS betrachtet, so wiederholen sich ständig dieselben Aussagen, Systematisierungen und Rückgriffe auf die AI-Literatur. Ich habe selten so viel Redundanz auf dem Haufen gesehen, und selten eine so kleine Gemeinschaft von Forschern, die ständig dasselbe auf dem selben Entwicklungsstand veröffentlichen.“ [Schulmeister 1996, 203]

Was sind die Gründe dafür, dass es in letzter Zeit keine Fortschritte und Umsetzungen mehr auf dem Gebiet intelligenter tutorieller Systeme mehr gegeben hat? Woran scheiterten die meisten Realisierungen und an welche Grenzen stoßen sie?

- Die bisher entwickelten ITS fanden kaum Einsatz in der Praxis. In der Regel handelt es sich um einzelne Projekte und Prototypen, die meist zu Forschungszwecken entwickelt wurden. Daher können sie (noch) nicht für den realen Unterricht dienen.
- Die Systeme sind zu komplex und erfordern einen zu hohen Entwicklungsaufwand. Sie stehen in keinem Zusammenhang mit kommerziellem Erfolg.
- Die Begrenztheit der Themengebiete wurde schon mehrfach erwähnt. ITS eignen sich nur für Domänen, deren Wissen leicht in Regeln zu fassen und gut abzugrenzen ist.
- Meist wird das Lernermodell, das diesen Systemen zugrunde liegt, zu primitiv gesehen. Man geht von einer zu vereinfachenden Auffassung vom Lernen aus. Oft entstehen Fehldiagnosen. Unsystematische Fehler und Konzentrationschwächen werden nicht als solche erkannt und behandelt.
- Hier besteht der Bedarf an verlässlichen kognitiven Theorien des Lernens, die in der Lage sind, die gewünschten intelligenten Prozesse abzubilden. Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit der Psychologie und der Informatik wäre nötig.
- Vorhandene ITS verwenden zu lineare und sequentielle Strategien, und lassen dem Lernenden zu wenige Wahlmöglichkeiten, obwohl sie sich gerade damit von anderen Lernprogrammen abheben wollen.
- Die Schwierigkeiten der Anpassung liegt nicht nur in der Umsetzung am Computer, sondern vor allem darin, den Menschen zu verstehen: Jeder hat eigene Lernstile und Vorkenntnisse.
- Weiters zu bemängeln ist die Gefahr der Reduktion der Eigenaktivitäten des Lernenden durch intelligente tutorielle Systeme. Wissenserwerb setzt nämlich eine aktive Rolle voraus. Weiters lassen ITS dem Schüler keinen Raum für die Entwicklung der Kreativität, da sie determinieren, was er lernen soll und kann. Auch die Einbindung des Lernens in den sozialen Kontexts wird nicht unterstützt.
- Zuletzt bleibt noch die Frage offen, ob es so etwas wie ideale Lehrstrategien überhaupt gibt. Ist es möglich, die Fähigkeit, jemandem etwas beizubringen, in eine Strategie umzuschreiben? Pädagogisches Geschick beruht größtenteils auf Einfühlvermögen, und das kann man einem Computer wohl kaum zuschreiben (vgl. [Schulmeister 1997, 203-223], [Blumstegel 1998], [Kerres 2001, 72 ff.]).

Ausblick

War die ganze Forschung über intelligente tutorielle Systeme umsonst? Auch wenn das Ideal eines Lernsystems wohl nie in der erträumten Art Umsetzung finden wird, so hat sie doch die Forschung auf mehreren Gebieten vorangetrieben und neue Sichtweisen ermöglicht. Verschiedene Komponenten und Prinzipien der ITS werden beispielsweise in neueren Autorenwerkzeugen und Entwicklungsumgebungen weitergenutzt, v. a. im softwaretechnischen Bereich übernahm man die Trennung der Teilkomponenten.

Auch in Hypermediasystemen leben ITS weiter, meist als Wissensdatenbanken, Mikrowelten oder Diagnoseinstrumente.

Die Verbreitung graphischer Benutzeroberflächen hat gezeigt, dass nicht nur das Was, sondern auch das Wie der Darstellung entscheidend ist. Adaptivität soll in Zukunft nicht mehr eine Frage der Diagnosefähigkeit, sondern eine Frage der Gestaltung werden. Dem Lernenden soll mehr Freiheit in der Auswahl der Präsentation gegeben werden.

Ihm soll nicht mehr vorgetäuscht werden, dass das System ihn wirklich versteht. Die Potentiale des Computereinsatzes werden nun auf anderem Niveau gesehen: Der Rechner eignet sich bestens, reichhaltige Umgebungen zu schaffen, die Exploration und individuelle Konstruktion im Lernprozess betonen.

Neuere Ansätze gehen immer mehr in Richtung des Einsatzes intelligenter Agenten², die spezialisierte Aufgaben erledigen können, z.B. Unterstützung bei der Suche in komplexen Datenbeständen. (vgl. [Schulmeister]).

² Intelligente Agenten sind Softwareeinheiten, die eine Menge von Operationen im Auftrag eines Benutzers oder eines Programms mit einem gewissen Grad von Unabhängigkeit oder Autonomie ausführen und dabei Wissen über die Ziele und Wünsche des Benutzers anwenden. Sie sind eine Art persönlicher Assistent, der in der Lage ist, aus den Tätigkeiten und Präferenzen des Benutzers Schlüsse zu ziehen und selbständig zu fällen.

Quellenverzeichnis

[1] BLUMSTEGEL, Astrid. Klassifikation computerunterstützter Lehr- und Lernsysteme In: Entwicklung hypermedialer Lernsysteme, 1998. Im Internet unter: <http://dsor.uni-paderborn.de/de/forschung/publikationen/blumstengel-diss/Klassifikation-computerunterstuetzter-Lehr--Lernsysteme.html>

[2] FAULHABER, Sven. Einsatz und Entwicklung von computerunterstützten Lernprogrammen in der medizinischen Aus- und Weiterbildung. Studienarbeit 1996. Im Internet unter: <http://ki.informatik.uni-wuerzburg.de/forschung/publikationen/studienarbeiten/faulhaber/kap4-1-3.html>

[3] EULER, Dieter u. a. Computerunterstützter Unterricht. Vieweg, Wiesbaden und Braunschweig 1987

[4] GÖTZ, Klaus. HÄFNER, Peter: Computergestütztes Lernen in der Aus- und Weiterbildung. Dt. Studien-Verlag, Weinheim 1991

[5] ISSING, J. Ludwig. KLIMSA, Paul: Information und Lernen mit Multimedia. Psychologische Verlagsunion, Weinheim 1997

[6] KERRES, Michael. Multimediale und telemediale Lernumgebungen. Konzeption und Entwicklung. Oldenburg Verlag, München Wien 2001

[7] PETERS, Kirsten. ITS intelligente tutorielle Systeme. Arbeit zur Vorlesung: Grundlagen hypermedialer Lernsysteme. 2002. Im Internet unter: <http://www.informatica-didactica.de/Lehr/HypermediaLernsystemeWS2002-03/Papers/Peters2002.pdf>

[8] PUPPE, Frank. Vorlesungsfolien an der Universität Würzburg, SS 2003. Im Internet unter: <http://ki.informatik.uni-wuerzburg.de/teach/ss-2003/its/uebungen/>

[9] SCHULMEISTER, Rolf. Grundlagen hypermedialer Lernsysteme: Theorie - Didaktik - Design. Oldenburg Verlag, München Wien 1997