

# Intelligente Tutorielle Systeme

Ausarbeitung zum Seminar  
„Neue Lerntechnologien“

Arthur Nieslony

WS 2003/04

vorgelegt am

Lehrstuhl für Praktische Informatik IV  
Prof. Dr. W. Effelsberg  
Fakultät für Mathematik und Informatik  
Universität Mannheim

Betreuer: Dipl.-Ing. Ref.jur. Hans Christian Liebig

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung – was sind Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Aufbaumodel</b>	<b>3</b>
2.1	Expertenmodul . . . . .	4
2.2	Studentenmodul . . . . .	4
2.3	Unterrichtsmodul . . . . .	6
2.4	Kommunikationsmodul . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Anwendung der Künstlichen Intelligenz in ITS</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Anwendungsbereiche</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Probleme/Nachteile von ITS</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Ausblick in die Zukunft von ITS</b>	<b>11</b>
6.1	Autorenwerkzeuge . . . . .	11
6.2	Übertragung von ITS auf WWW-Anwendungen . . . . .	12
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>12</b>

# 1 Einführung – was sind Intelligente Tutorielle Systeme (ITS)

Computer werden seit mehr als zwanzig Jahren dazu benutzt, Unterrichtsstoff zu vermitteln. Die ersten Systeme, die zu diesem Zwecke entwickelt wurden, waren computer-based training (CBT) und computer aided instruction (CAI). Bei diesen Systemen waren die Lernanweisungen nicht individuell auf den Benutzer zugeschnitten. 1984 definierte der amerikanische Bildungsforscher Benjamin Bloom in [1] das „two-sigma problem“, das besagt, dass Studenten, die individuell betreut werden, in Tests zwei Standardabweichungen besser abschneiden, als Studenten in einer normalen Klasse. Das ist ein Grund dafür, dass man versuchte, so genannte Intelligente Tutorielle Systeme zu entwerfen, die Lernende individuell unterrichten. Wie CBT und CAI sollen ITS die Studenten befähigen, durch lösen von Aufgaben innerhalb hoch interaktiver Lernumgebungen ihre Fähigkeiten zu trainieren. Doch darüber hinaus analysieren ITS die Lösungsvorschläge der Lernenden und erstellen ein Model über ihren Wissensstand und ihre Fähigkeiten. Aufgrund des erstellten Models kann das System seine Aufgabenstellungen anpassen und gibt Erklärungen, Hinweise sowie Beispiele je nach Bedarf. In [13] wird der Ablauf, wie in Abbildung 1 dargestellt, beschrieben: Das ITS wählt eine Aufgabe aus dem Curriculum<sup>1</sup> und präsentiert sie dem Benutzer. Während dieser an der Aufgabe arbeitet, löst das System die Aufgabe, damit es später seine Lösung mit der des Benutzers vergleichen kann. Der Vergleich dient der Analyse möglicher Fehler des Benutzers. Der Benutzer erhält eine Rückantwort auf seine Lösung, und die Fehleranalyse wird dazu benutzt, die weiteren Aufgaben auf den Kenntnisstand des Benutzers anzupassen.

Um Erklärungen, Hinweise und Feedback geben zu können, bestehen ITS nach [3],[14] typischerweise aus vier Teilmodulen, dem *Expertenmodul*, dem *Studentenmodul*, dem *Unterrichtsmodule* und dem *Kommunikationsmodul*. Das *Expertenmodul* versucht, das Fachwissen eines Lehrers abzubilden. Es beinhaltet das Wissen über das Thema, das das ITS lehren soll. Das *Studentenmodul* repräsentiert das, was der Benutzer weiss und nicht weiss. Dieses Wissen lässt das ITS erkennen, wen es unterrichtet, so dass es sich auf den Kenntnisstand des Benutzers einstellen kann. Das *Unterrichtsmodule* wählt den Inhalt und die Ordnung der Information und bestimmt Fragen, die es dem Benutzer als nächstes stellt. Das *Kommunikationsmodul* bestimmt die Kommunikationsform zwischen ITS und dem Lernendem. Die Verständigung kann z. B. durch natürliche Sprache oder

---

<sup>1</sup>dieser englische Begriff für den Lehrinhalt wird auch in der deutschen ITS-Literatur verwendet

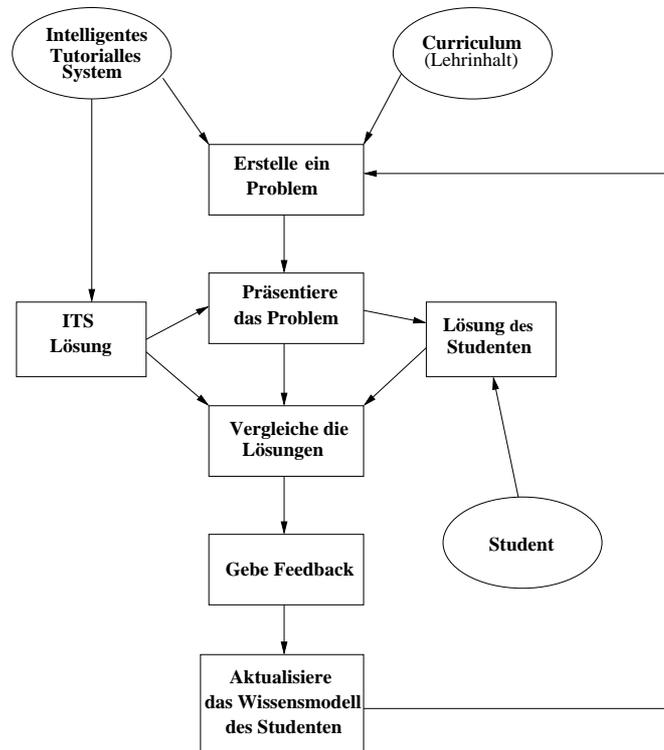


Abbildung 1: Was das ITS tun muss

durch Menüsteuerung erfolgen.

Der Aufbau und Funktionsweise Intelligenter Tutorieller Systeme sowie ihre Einsatzmöglichkeiten sollen hier näher betrachtet werden. Das Augenmerk fällt jedoch auf die Fragestellung, warum trotz der offensichtlichen Vorteile eines individuellen Unterrichts nur eine handvoll ITS ihren Weg in Lernumgebungen geschafft haben, obwohl schon fast dreißig Jahre auf diesem Gebiet geforscht wird [11].

## 2 Aufbaumodel

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Module etwas genauer betrachtet, ihre Funktion anhand von Beispielen verdeutlicht. Eine ausführliche Behandlung der vier Module findet man in [2].

## 2.1 Expertenmodul

Das Expertenmodul modelliert einen Experten, der den Lehrgegenstand kennt. Es präsentiert Informationen, Aufgaben und löst sie. Das Wissen des Expertensystems wird im allgemeinen in der einstufigen Prädikatenlogik<sup>2</sup> dargestellt. Der Inhalt der Wissensbasis (Fakten und Regeln) sind Objekte und ihre Relationen. Oft werden diese deklarativ in Prolog implementiert. Das Interpreterprogramm durchsucht beim Ablauf fortwährend die Wissensbasis nach Informationen, um eine Aufgabe zu wählen, sie zu beantworten und Hinweise geben zu können. Bei der Lösungsfindung unterscheiden die ITS zwischen *durchsichtigem* und *undurchsichtigem* Wissen. Beim undurchsichtigem Wissen wird das Ergebnis präsentiert, ohne dass der Benutzer den Lösungsweg nachvollziehen kann, beim durchsichtigen Wissen wird die Lösung erklärend vorgestellt. Ein Beispiel dafür ist das Differenzieren: Das ITS differenziert eine Funktion effizienter numerisch (undurchsichtig), kann aber besser den Lösungsweg anhand symbolischer Differenzierung erklären (durchsichtig). Nach [2] soll ein Expertenmodell den folgenden Zielen möglichst nahe kommen:

- Vollständigkeit: Das Wissen muss so umfassend sein, dass das System Aufgaben aus dem vorgegebenen Themenbereich selbständig lösen kann.
- Verständlichkeit: Die Darstellung soll unmittelbar einsehbar sein.
- Modularität: Das dargestellte Wissen soll leicht änderbar und erweiterbar sein.
- Unabhängigkeit von der Inferenzkomponente: Die Wissensdarstellung soll unabhängig von der Komponente sein, die aus dem Wissen Folgerungen ableitet.
- Zugriffseffizienz: Der Zugriff auf das Wissen und die Ableitung von Folgerungen soll laufzeit- und speichereffizient sein.

## 2.2 Studentenmodul

Ein ITS stellt die Benutzereigenschaften, die für den Unterrichtsablauf von Bedeutung sind, in einem Studentenmodell dar. Die Wissensdarstellung erfolgt hierbei durch An-

---

<sup>2</sup>die klassische Logik beruht auf zwei wichtigen formalen Systemen: der Aussagen- und der Prädikatenlogik. Anders als bei der Aussagenlogik lässt die Prädikatenlogik feinere Analyse formalsprachlicher Äusserungen zu. Die Elemente dieser Logik sind Objektnamen und Objektvariablen, die sich quantifizieren lassen (mittels Allquantor und Existenzquantor).

wendung der gleichen Methoden: der klassischen und nichtklassischen Logik (z. B. durch Produktionssysteme<sup>3</sup>) wie beim Expertenmodul. Ein Studentenmodul erfasst die Vorkenntnisse, beobachtet das Lösungsverhalten des Benutzers und führt Buch über diese Merkmale. Kognitive Merkmale geben Auskunft über den Kenntnis- und Fähigkeitsstand. Dieser umfasst Wissen über Begriffe und Datenstrukturen (z. B. was ist eine Primzahl?) und Wissen über Prozeduren und Algorithmen (z. B. wie löst man eine Gleichung?). Nicht-kognitive Merkmale geben z. B. Motivation oder Interaktions- und Lernstil des Benutzers wieder. Warum ist es wichtig, möglichst viel über den Lernenden zu wissen und warum wird seine Lösungskompetenz analysiert? Dieses Wissen verhilft dem ITS u. a. bei der Auswahl von Hilfstexten, die sich in Inhalt und Form an den Fähigkeiten des Benutzers orientieren. Werden etwa sehr einfache, detaillierte Texte einem fortgeschrittenem Lernendem präsentiert, so führt das schnell zu Langeweile und Frustration. Ausserdem befähigt eine Aufzeichnung des Dialogs zwischen ITS und dem Benutzer das System, eine Entscheidung zu treffen, welches Problem als nächstes gestellt werden soll, welche Hinweise gegeben werden sollen und wann, bzw. wie oft das System intervenieren soll. Eine wichtige Rolle spielt das Studentenmodell bei der Fehlerdiagnose. Im Zusammenspiel mit dem Expertenmodul werden die Lösungen des Benutzers und des Expertenmodells verglichen und bei Abweichungen nach Ursachen gesucht. Viele Modelle der Fehlerdiagnose lassen sich nach [8] zwei Klassen zuordnen:

- Überlagerungsmodelle: Das Benutzerwissen ist eine Teilmenge des Expertenwissens. Der Benutzer macht einen Fehler, weil sein Wissen richtig, aber unvollständig ist.
- Störungsmodell: Der Benutzer hat das richtige Expertenwissen, aber er verändert es falsch und systematisch, d. h. er macht Fehler durch die falsche Anwendung vollständigen Wissens.

Ein Beispiel für ein Störungsmodell präsentiert Valerie Shute vom Air Force Research Laboratory. Drei Studenten haben das nötige Wissen, wenden es aber falsch an (Tabelle 1). Das Studentenmodell muss versuchen, den Grund für die falsche Antwort herauszufinden. Aus der Fehlerdiagnose des Studentenmoduls sollte herauskommen, dass Student A bei der Addition keinen Übertrag bildet, dass Student B immer überträgt, oft unnötig,

---

<sup>3</sup>Ein Produktionssystem besteht aus einem Bedingungs- und einem Aktionsteil, z.B. Tue etwas mit Datenelement a und b, falls Datenelemente c und d existieren.

	22	46		22	46		22	46
Student A	<u>+39</u>	<u>+37</u>	Student B	<u>+39</u>	<u>+37</u>	Student C	<u>+39</u>	<u>+37</u>
	51	73		161	183		62	85

Tabelle 1: Beispiel zur Fehlerdiagnose des Studentenmoduls

und dass Student C Probleme mit der einstelligen Addition hat. Eine gültige Diagnose ist Voraussetzung für die ordnungsgemäße Funktionsweise des Unterrichtsmoduls.

## 2.3 Unterrichtsmodul

Das Unterrichtsmodul bestimmt die Lehrinhalte, die zum laufenden Studentenmodell passen und sucht nach geeignetem Interaktionsstil. Die Auswahl der Unterrichtsinhalte kann nur in Zusammenarbeit mit den übrigen Modulen erfolgen. Sie hängt in erster Linie vom Lehrthema des Expertenmoduls und vom Stand des Studentenmoduls ab. Der Interaktionsstil ist vor allem von den Fähigkeiten des Kommunikationsmoduls abhängig. Das Stellen von Aufgaben ist komplex, weil Interventionszeitpunkt und Schwierigkeitsgrad nicht leicht zu bestimmen sind. Der Interventionszeitpunkt ist nicht nur für die Aufgabenstellung, sondern auch für Reaktionen auf Fehler wichtig. Meist ist eine unmittelbare Antwort (Erklärung) auf einen Fehler wünschenswert, doch zu häufige Intervention des Systems kann den Denkfluss und die Motivation des Benutzers hemmen. Die Erklärung richtiger und fehlerhafter Lösungen ist nicht leicht und erfordert den Einbezug von Experten- und Studentenmodul. Eine Methode zur Fehlererklärung ist das Erstellen von Fehlerprotokollen, die die Entstehungsgeschichte der fehlerhaften Lösung aufzeichnen und den Benutzer seine Lösungsschritte bis zu dem ersten Fehler rückwärts-traversieren lassen. Die Aufgaben des Unterrichtsmoduls sollen nach [2] (pp.144-145) bestimmten Faustregeln unterliegen, die die Ergebnisse pädagogischer Psychologie und allgemeiner Lehrerfahrung sind. So sollen z. B. neue Lehrinhalte motiviert werden, der Unterrichtsstoff durch Wiederholungen gefestigt werden, und Lernende bei fehlerhaften Lösungen aufgemuntert werden.

## 2.4 Kommunikationsmodul

Das Kommunikationsmodul stellt die Schnittstelle zwischen dem System und dem Benutzer dar. Es wählt eine passende Form wie der Interaktionsinhalt, den das Unter-

richtsmodul bestimmt, präsentiert werden soll. Diese Form hat ihre Grenzen in der verwendeten Hardware und der Systemsoftware. Von besonderer Bedeutung sind das Menü und natürlichsprachliche Schnittstellen. Die Vorteile von Menü-Schnittstellen liegen in ihrer Konsistenz (z. B. der Aufruf von Hilfetexten in Windows erscheint immer nach Drücken der F1-Taste) und Lernfreundlichkeit (der Nutzer muss keine Befehle lernen, sondern kann Aktionen durch Anwählen von Icons mit der Maus ausführen). Bei der Bildschirmgestaltung sind Regeln zu beachten, wie Fenster organisiert, Farben gebraucht und Hervorhebungen eingesetzt werden sollen [6]. Das Ideal ist aber immer, dass sich der Lernende mit dem System wie mit einem menschlichen Lehrer unterhalten kann. Diesem Ideal versuchen natürlichsprachliche Benutzerschnittstellen nachzukommen. Ein Problem, mit dem diese Benutzerschnittstellen kämpfen ist, dass sie nur eine sehr begrenzte Teilmenge der natürlichen Sprache beherrschen. Ein anderes Problem ist das der Mehrdeutigkeit, die sich jedoch durch einen Klärungsdialog mit dem Benutzer beseitigen lässt. Die Interpretation sprachlicher Ausdrücke wird vom System durch das Schlüsselwort-Verfahren durchgeführt. Die syntaktische und semantische Analyse versucht, den Sinn des Satzes zu erfassen. Dabei behilft man sich der Prädikatenlogikdarstellung, die sich leicht in Prolog übersetzen lässt. Da die Verarbeitung der natürlichen Sprache schwierig ist und ihre Grenzen hat, existieren nach [2] nur ganz wenige ITS mit natürlichsprachlichen Schnittstellen.

Den Zusammenhang zwischen den einzelnen Modulen beim Ablauf einer ITS-Sitzung wird in Abbildung 2 veranschaulicht: Das Kommunikationsmodul interagiert mit dem Benutzer, indem es ihm die, vom Unterrichtsmodul ausgewählte Aufgabe geeignet präsentiert und die Benutzerlösung an das Studentenmodul zur Analyse weiterleitet. Das Studentenmodul vergleicht diese mit der ITS-Lösung, die das Expertenmodul generiert, und sendet seine Diagnose an das Unterrichtsmodul. Das letztere entscheidet aufgrund dieser Diagnose, welche Therapie, z. B. Geben von Hinweisen oder Beispielen durch das Kommunikationsmodul erfolgen soll.

### **3 Anwendung der Künstlichen Intelligenz in ITS**

Das ursprüngliche Ziel von Künstlicher Intelligenz (KI) war es, menschliche Intelligenz zu simulieren, d. h. eigenständig zu denken. Heute kann man sagen, dass die Rolle von KI-Techniken in Bildungssoftware nicht das Simulieren eines intelligenten Menschen ist, sondern die Unterstützung des Systems bei der Interaktion mit dem Benutzer.

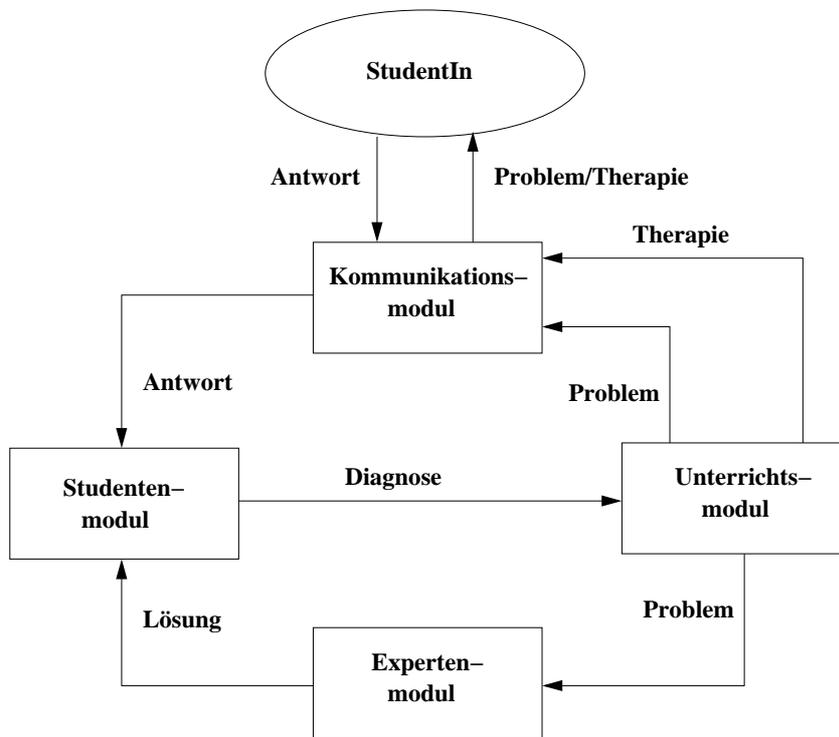


Abbildung 2: Kommunikation zwischen ITS-Modulen

Sie befähigen das ITS, eine Aufgabe zusammen mit dem Lernenden zu begehen, die Zwischenschritte zu diskutieren, getroffene Entscheidungen zu begründen und den Wissensstand des Lernenden zu beurteilen. Für den Einsatz von KI in Bildungssoftware gab es verschiedene Gründe. Auf der einen Seite suchten Entwickler von Kurssoftware nach mächtigen Werkzeugen zur Konstruktion ihrer Systeme, auf der anderen Seite fanden Informatiker neue Möglichkeiten neue Techniken zu entwickeln und sie zu testen.

Der Hauptbeitrag der KI in der Bildungssoftware ist die Fähigkeit Wissen zu modellieren. Mit Hilfe dieses Modells sind die ITS fähig, die dem Benutzer gestellten Aufgaben zu lösen. Überdies kann das System den Benutzer bei der Lösungsfindung unterstützen, indem es ihn berichtigt und ihm Hinweise gibt. Diese Interaktionen mit dem Benutzer sind besonders dann wertvoll, wenn es darum geht, komplexe Probleme zu lösen. KI-basierte Systeme haben ihre Vorteile darin, dass sie ihre Lösung erklären können, weil die Lösung durch Anwendung einer Folge von Produktionsregeln gewonnen wurde. Da die Produktionsregeln intern formal beschrieben sind, wird dem Benutzer ein Ersatztext, der mit diesen Regeln assoziiert ist, präsentiert. Die Qualität der Erklärungen hängt

dabei davon ab, wie gut die Produktionsregeln entwickelt und implementiert wurden.

Im Studentenmodul werden die KI-Techniken dazu benutzt, eine Fehlerdiagnose zu erstellen. Dabei werden bei einer fehlerhaften Lösung des Benutzers verschiedene, mit falschen Regeln abgeleitete Lösungen produziert. Sie werden dann mit der Lösung des Benutzers verglichen, um eine Hypothese zu erstellen, was der Lernende noch nicht weiss oder was er falsch macht. Wenn jedoch Fehler andere Ursachen haben, z. B. Ablenkung oder Unaufmerksamkeit des Benutzers, dann führen KI-Techniken zu einer Fehlinterpretation.

Das Unterrichtsmodul unterstützen KI-Techniken dabei, auf Basis vom Benutzerverhalten zu entscheiden, welches Thema als nächstes zu unterrichten oder welche Aufgabe zu stellen ist. Dabei werden Regeln der folgenden Art angewandt:

Falls der Lernende Regeln a,b und c kennt, und falls er nicht gezeigt hat, dass er Regel x kennt, dann wähle eine Aufgabe, die mit Hilfe der Regeln a,b,c,x gelöst werden kann.

Im Rahmen des Kommunikationsmoduls wurde KI eingesetzt, um die Verarbeitung natürlicher Sprache zu verbessern. Es ist z. B. möglich, dass der Lernende im Dialog mit dem System Fragen stellen kann.

ITS machen viel Gebrauch von KI-Techniken, um bestimmte Lernziele zu erreichen. Sie sind durch den Gebrauch der KI aber nicht notwendigerweise intelligenter als andere Systeme [7].

## 4 Anwendungsbereiche

Obwohl auf dem Gebiet der ITS schon lange geforscht wird, werden ITS-Anwendungen nur selten in der Unterrichtspraxis eingesetzt. Gründe dafür werden im nächsten Abschnitt erläutert. Hier sollen zunächst einige Beispiele von Systemen vorgestellt werden (Tabelle 2), die Einzug in den Unterricht gehalten haben. Eine vollständigere Liste befindet sich in [2] (pp.225-232).

In [8] geht man auf einige neuere ITS ein, die von der U.S. Navy und der Air-Force in Auftrag gegeben wurden, und die zum Training von Offizieren und Technikpersonal eingesetzt werden. Als bewährte Systeme werden SHERLOCK und TAO hervorgehoben. SHERLOCK (1990's) schult Air-Force Personal bei der Fehlerfindung an F-15 Düsenjets, TAO (Tactical Action Officer) schult Navy Offiziere, die Erfassungs- und Waffensysteme an Bord eines Kreuzers bedienen, taktische Regeln.

Name	Beschreibung
BIP-I/II	Der Lehrinhalt ist die Programmiersprache BASIC (1976-77). Einsatz in Anfänger-Programmierkursen an Colleges der Stanford Universität.
VALID / EXCHECK	Logik, Mengenlehre und Beweistheorie (1977). Einsatz an Studierenden der Stanford Universität
BUGGY	Unterrichtet angehende Lehrer in Diagnose von Rechenfehlern (1978)
SOPHIE I/II	Tutor für das Debugging von elektronischen Schaltkreisen (1982)
LISP TUTOR	Einführender Kurs in die Programmiersprache Lisp (1985)
JA-TUTOR	Unterrichtet die Erstellung und Analyse von Jahresabschlüssen (1987)

Tabelle 2: Beispiele einiger ITS

## 5 Probleme/Nachteile von ITS

Neben den hohen Kosten und langer Entwicklungszeit, gibt es eine Reihe anderer Probleme, die es intelligenten tutoriellen Systemen schwer machen, Einzug in den Unterricht zu finden. Auf der einen Seite stehen etwa die unterschiedlichen Forschungsinteressen von Bildungspsychologen und Informatikern. Etienne Wenger bedauert z. B. in [14], dass man sich in der ITS Forschung nur ganz wenig praktischen Aspekten wie Softwareengineering, Kosteneffizienz, Robustheit des Systems u. a. widmet. Viele Autoren beschreiben nur das „Was“ nicht das „Wie“. Algorithmen und Datenstrukturen aus KI und der Informatik werden oft nur andeutungsweise genannt. Abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen fehlen ausgetestete Prototypen und Marktprodukte. Wo diese existieren, mangelt es oft an Portabilität und Effizienz, weil sie auf nichtstandardisierter Hard- und Software realisiert wurden. Mangelnde Verfügbarkeit von Quellcode und Evaluationsergebnissen machen eine objektive Einordnung und Bewertung von ITS schwer. Manche ITS spezialisieren sich auf ein einziges Modul und vernachlässigen die übrigen Komponenten. Dies resultiert in einfachen Experten- und Studentenmodulen mit einfachen Lehrinhalten, z. B. Arithmetik oder Geometrie.

Viele Publikationen zeichnen sich durch übertriebenen Optimismus aus. Es entsteht

der Eindruck, die meisten ITS entsprechen der idealen Vier-Modell-Architektur. Patrik Suppes, Mathematiker an der Stanford Universität, schreibt in [12], dass viele Probleme bei den Systemen VALID und EXCHECK nicht gelöst werden konnten und dass man heute nicht viel weiter ist als vor 20 Jahren. In vielen Projekten wird die sehr schwierige Studentenmodellierung als wichtigste Aufgabe angesehen, obwohl ein einfaches Model mit viel Wahlfreiheit für den Benutzer realistischer wäre. Systeme mit ausgebauten Experten- und Kommunikationsmodulen, aber eingeschränkten Studenten- und Unterrichtskomponenten sowie einer guten Erklärungseinheit würden für die Praxis ausreichen.

Ein weiteres Problem ist das der Bewertung von ITS. Die Entwicklung von Methoden und Werkzeugen zur Bewertung von Kriterien wie Lernwirksamkeit, Modeltreue, Effizienz und Korrektheit von Algorithmen und Praxisfähigkeit ist sehr schwierig.

Existierende ITS werden im Unterricht selten eingesetzt. Ein Grund dafür ist, neben den ingenieurwissenschaftlichen Mängeln, dass sie aufwendig in der Einführung und Wartung sind. Ausserdem lassen viele ITS in ihrer Qualität Wünsche offen.

## 6 Ausblick in die Zukunft von ITS

### 6.1 Autorenwerkzeuge

Entwicklung von ITS vom Anfang an (engl. from scratch) dauert einige Jahre und zieht hohe Kosten nach sich. Ein Versuch diese Kosten zu senken, ist Autorenwerkzeuge einzusetzen. Autorenwerkzeuge sollen eine relativ einfache Entwicklungsumgebung zur Konstruktion von ITS liefern. Die folgenden zwei Hauptansätze werden zu diesem Zwecke verfolgt:

- Stelle eine einfache Umgebung für Lehrer zur Verfügung um die Wissensbasis durch neue Lehrinhalte zu erweitern.
- Gebe Programmierern Werkzeuge, um die Wissensbasis und die Unterrichtsstrategien einfacher implementieren zu können.

Zu beiden Ansätzen existieren Autorenwerkzeuge (Redeem, Eon [9]). Ein weiterer Ansatz ist, den modularen Aufbau von ITS auszunutzen. Einzelne Teile der vier ITS-Komponenten bestehender Systeme können bei der Entwicklung neuer Systeme wiederverwendet werden. Diesem Ansatz steht entgegen, dass es keine Standards gibt und ITS

in unterschiedlichen, nicht kompatiblen Programmiersprachen geschrieben sind. Ausserdem wurden die vier Komponenten oft in ein monolithisches Ganzes integriert und sind deshalb nicht einfach zu trennen [2]. Autorenwerkzeuge, die nach den ersten beiden Ansätzen gebaut wurden, haben mit den Mängeln einer nicht sauberen Trennung der Komponenten zu kämpfen. Fehlender Konsens, welche Mechanismen und Schnittstellen bei der Konstruktion von ITS verwendet werden sollen, machen die Entwicklung von Autorenwerkzeugen schwierig [9].

## 6.2 Übertragung von ITS auf WWW-Anwendungen

Die weltweite Verfügbarkeit des Internets macht es verlockend, die Flexibilität und Intelligenz von ITS in WWW-Anwendungen zu integrieren. Da die meisten existierenden Bildungsprogramme im WWW sehr einfach und viel beschränkter als ITS sind, ist das durchaus wünschenswert. Viel versprechend sind hierbei vor allem Portierungen existierender ITS auf WWW-Anwendungen.

Im WWW-Kontext wird die unmittelbare Unterstützung des Systems bei der Lösungsfindung zurückgestellt (sehr viel Verkehr zwischen Browser und Server), und die Analyse der studentischen Lösung sowie die Benutzer orientierte Wissensvermittlung rückt in den Vordergrund (jeweils nur eine Interaktion zwischen Browser und Server).

In [5] wird das System ELM-ART vorgestellt, ein WWW-basiertes ITS, das das Erlernen von LISP unterstützt. Es ist eine portierte Version eines schon bestehenden ITS und liefert dem Benutzer sowohl individuell auf ihn angepasste Aufgaben als auch eine intelligente Analyse seiner Lösung. Solche Systeme sind noch sehr rar. Dabei kann das Internet ITS helfen, grössere Verbreitung in Unterrichtsräumen zu finden, da sie von dort mit den üblichen Browsern aufgerufen werden können. Es wird keine teure Hard- oder Software benötigt. Diese befindet sich in entfernten Forschungslabors. Auf der anderen Seite ermöglicht das Internet dem ITS an eine sehr grosse Anzahl von Benutzern zu gelangen, und damit an Testdaten, die zur Verbesserung der Systeme hinzugezogen werden können.

## 7 Zusammenfassung

Ideale intelligente tutorielle Systeme nach dem Vier-Modulen-Schema sind nicht realisierbar. Viele ITS-Experten haben eingesehen, dass man sich von einem anspruchsvollen

Studentenmodul abwenden und sich auf gut ausgebaute Expertenmodule mit einer Erklärungskomponente und auf benutzerfreundliche Kommunikationmodule konzentrieren muss, um praxisfähige Systeme zu bauen.

Das Entwickeln von ITS ist mit sehr vielen Problemen verbunden. Das Problem der hohen Entwicklungszeit und -kosten wird versucht durch den Einsatz von Autorenwerkzeugen zu lösen.

Die wenigen existierenden ITS konnten sich bis heute nicht durchsetzen. Im Unterricht werden sie oft nur dort eingesetzt, wo sie auch entwickelt wurden. Um ein breiteres Publikum zu finden, werden ITS auf WWW-Anwendungen portiert.

## Literatur

- [1] Bloom, B.S (1984). The 2-Sigma problem: The search for methods of group instruction as effective as one-to-one tutoring. *Educational Researcher*, 13,4-16.
- [2] Beck, J., Stern, M., Haugsjaa, E. (2001). Applications of AI in Education. ACM Crossroads. <http://www.acm.org/crossroads/xrds3-1/aled.html> (last visit: 11/06/2003)
- [3] Breuker, J. (1990). Conceptual model of intelligent help system. In Breuker, J. (ed.), EUROHELP: *developing intelligent help systems*(pp. 41-67). Copenhagen: EC.
- [4] Brown, J.S., Burton, R.R. (1978). Diagnostic models for procedural bugs in basic mathematical skills. *Cognitive Science*, 2, (pp.155-192)
- [5] Brusilovsky, P., Schwarz, E., Weber, G. (1996). ELM-ART: An Intelligent Tutoring System on World Wide Web. Lecture Notes in Computer Science 1086, ITS 96 (pp.261-269). Springer Verlag.
- [6] Coats, R.B., Vlaeminke,I. (1987). Man-computer interfaces: An introduction to software design and implementation. Oxford, Blackwell
- [7] Dillenbourg, P. (1994). The role of artificial intelligence techniques in training software. Paper presented at LEARNTEC 1994, Karlsruhe.
- [8] Lusti, M. (1992). Intelligente tutorielle Systeme. *Handbuch der Informatik*, Band 15.4. R.Oldenburger Verlag.

- [9] Murray, T. (1996). Having it all, Maybe: Design Tradeoffs in ITS Authoring Tools. Lecture Notes in Computer Science 1086, ITS 96 (pp.93-101). Springer Verlag.
- [10] Ong, J., Ramachandran, S. (2000). Intelligent Tutoring Systems: The What and How. <http://www.learningcircuits.org/feb200/ong.html> (last visit: 11/06/2003)
- [11] Reigeluth, C.M. (1992). New directions for educational technology. In Scanlon, E and O'Shea, T. (Eds.), *New directions in educational technology* (pp.51-59). Berlin, Germany: Springer-Verlag
- [12] Suppes, P. (1990). Three current tutoring systems and future needs.
- [13] Thomas, Eric. Intelligent Tutoring Systems. <http://coe.sdsu.edu/eet/Articles/tutoringsystem/start.htm> (last visit: 11/06/2003)
- [14] Wenger, E. (1987). Artificial intelligence and tutoring systems. Los Altos, CA: Morgan Kaufmann