

Informationstechnologien in der wissenschaftlichen Lehre Anmerkungen und Reflexionen

Ulrich Eckhardt
Fachbereich Mathematik
— Optimierung und Approximation —
Universität Hamburg
Bundesstraße 55
D-20 146 Hamburg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Standortbestimmung	3
3	Wahrnehmungsphysiologische Randbedingungen	5
4	Die Vergangenheit	7
5	Die Situation heute	12
	Literatur	18

1 Einleitung

Die Idee, die mühselige Vermittlung von Wissen durch geeignete technische Hilfsmittel zu vereinfachen, ist nicht neu. Ich zitiere in diesem Kontext gern Swift, der immer wieder durch sehr „moderne“ Ideen überrascht und der sich

Vortrag, gehalten auf der Tagung „Die Evolution globaler Netze — Chancen und Risiken der neuen Informationstechnologien“, veranstaltet von der Evangelischen Akademie Baden und der Gesellschaft für Verantwortung in der Wissenschaft e. V., 10.–12. November 2000 in Bad Herrenalb.

Eine Kurzfassung erschien in der Zeitschrift *Wissenschaftler und Verantwortung Mitteilungen der Gesellschaft für Verantwortung in der Wissenschaft e.V.*, 9. Jahrgang, Nummer 3 (Dezember 2000), Seite 94.

an verschiedenen Stellen auch zu pädagogischen Themen äußert. In seinen „Gullivers Reisen“ beschreibt er ein Experiment der Akademie von Lagado

I was at the mathematical school, where the master taught his pupils after a method scarce imaginable to us in Europe. The proposition and demonstration were fairly written on a thin wafer, with ink composed of a cephalic tincture. This the student was to swallow upon a fasting stomach, and for three days following eat nothing but bread and water. As the wafer digested, the tincture mounted to his brain, bearing the proposition along with it. But the success has not hitherto been answerable, partly by some error in the *quantum* or composition, and partly by the perverseness of lads, to whom this bolus is so nauseous, that they generally steal aside, and discharge it upwards, before it can operate; neither have they been yet persuaded to use so long an abstinence as the prescription requires.

Hier haben wir all das zusammen, was wir auch in zeitgenössischen Publikationen finden: Die einfache — verdächtig einfache — Idee, die Schwierigkeit der Erfolgskontrolle und schließlich die — ebenfalls simple — Begründung für den Mißerfolg durch Schuldzuweisung — „perverseness of lads“.

Ein zeitgenössischer Autor, der Pole Stanisław Lem, als Philosoph naturgemäß skeptisch, schreibt in seinem Buch „Das Hohe Schloß“:

Gewiß, die hervorragendsten Schriftsteller der Welt haben hier schon Unübertroffenes zu sagen gewußt. Sie haben das Gymnasium als ein kompliziertes Spiel gezeigt, als den Kampf widersprüchlicher Interessen also, in dem die Seite des Lehrers, die auf den Positionen von Autorität und Macht steht, den Schülern ein Maximum an Informationen in die Köpfe zu zwängen versucht und die andere Seite, von Natur aus schwächer, jeder Information auf jede erdenkliche Weise auszuweichen bemüht ist. Das gelingt ihr nicht vollends — aber der unvernünftige, bis zur Verzweiflung intensivierte Klassenwiderstand, eine Mischung aus kleinen Schurkenstreichchen und allgemeiner Trägheit, legt es wenigstens nach Kräften darauf an, all das, was eine wissenschaftliche Hilfe, ein materielles Mittel des Unterrichtsverfahrens ist, zu deprimieren, zu beschmutzen oder erniedrigend zu kommentieren.

Hier stellt sich also die Vermittlung von Wissen als erbarmungsloser Kampf antagonistischer Prinzipien dar. Man kann sich leicht vorstellen, daß — wie auch im „richtigen“ Krieg — jede technische Aufrüstung auf der einen Seite die entsprechenden Gegenmaßnahmen auf der anderen Seite provoziert.

In der neuesten Zeit hat es auf dem Gebiet des Einsatzes technischer Hilfsmittel für Lehre und Lernen eine stürmische Entwicklung gegeben. Angefangen von programmierten Unterweisungen, Lehrvideos, computerunterstützter Lehre, CD-ROMs zur Fortbildung bis hin zur Lehre im Internet und zu der Idee vom Laptop für jeden Schüler bricht die moderne Informationstechnologie in den Lehr- und Lernbetrieb ein, und man verspricht sich wahre Wunder von den neuen Techniken. In rascher Folge wird die eine Technik durch die nächste ab-

gelöst. In der Zeitschrift *Computer Zeitung* 16/2000, dem Mitteilungsblatt der *Gesellschaft für Informatik* wird die Situation wie folgt beschrieben:

Vor drei Jahren setzten die Unternehmen hauptsächlich auf die Fortbildung per CD-ROM. Inzwischen hat man festgestellt, daß die Scheiben schnell veralten und nach kurzer Zeit im Schrank verstauben. Heute geht der Trend eindeutig zum Lernen im Internet und Intranet. Schnelle Aktualisierung und Betreuung durch Tutoren machen das Medium interessant.

Neben der „klassischen“ Lehre an Schulen und Hochschulen spielt die innerbetriebliche Aus- und Weiterbildung eine immer wichtigere Rolle. Die explosive Entwicklung des menschlichen Wissens macht intensives lebenslanges Lernen notwendig. Man spricht heute in gewissen Bereichen der Ingenieurwissenschaften von einer Halbwertszeit des Wissens eines Ingenieurs — das ist die Zeit, die vergeht, bis die Hälfte des Wissens, welches der Ingenieur besitzt, nutzlos geworden ist — von zwei bis acht Jahren! [19]

Die Branche boomt. Themen wie „Corporate University“ [12], „Digital University“ [9], aber auch das hochaktuelle Thema „Computer im Schulunterricht“ [15] finden Leser, es gibt inzwischen schon Zeitschriften zum Thema, etwa die Zeitung *wirtschaft & weiterbildung*, die sich dem Thema der innerbetrieblichen Weiterbildung widmet oder die hochseriöse Zeitschrift *IEEE Transactions on Education* des *Institute of Electrical and Electronics Engineers*.

Naturgemäß werden auch die Hochschulen von diesem Trend erfaßt. Der Wissenschaftsrat hat unlängst in seinem Thesenpapier [18] als wichtigste Aufgaben des deutschen Wissenschaftssystems für die nächsten Jahre genannt:

- Mehr Anwendungsorientierung und Praxisbezug,
- stärkere Internationalisierung,
- intensivere Nutzung der neuen Medien; die Hochschulen „müssen die Avantgarde beim Einsatz der digitalen Medien sein“, es werden unter anderem auch „virtuelle Hochschulen“ gefordert.

2 Standortbestimmung

Bevor ich über wissenschaftliche Lehre rede, sollte ich meine Position auf diesem Gebiet markieren. Ich bin Mathematiker und habe Erfahrungen in der Universitätsausbildung und auch in der Lehrlingsausbildung sowie in der Weiterbildung gesammelt. Die Besonderheiten des Faches Mathematik beeinflussen meine Stellung zur Lehre. Etwas vereinfachend und nicht ganz unumstritten kann man diese Besonderheiten so charakterisieren:

- Das Lehrangebot zerfällt in zwei Teile mit unterschiedlichen Eigenschaften

- Faktenwissen, explizites Wissen, Fertigkeiten. Hierzu gehört etwa das Erlernen einer Programmiersprache. Hierfür eignet sich der Computer als „Paukmaschine“ [3] hervorragend.
 - Methodenwissen, implizites Wissen, Fähigkeiten. Dieser Teil bildet den Hauptteil der Mathematikausbildung, kann jedoch nicht leicht abgegrenzt werden. Gerade die Vermittlung dieser Art von Wissen kann nur eingeschränkt durch irgendwelche Hilfsmittel erleichtert werden.
- „Abfragbares“ Wissen wird — zumindest von den eigentlichen Mathematikabsolventen — nicht verlangt, gefragt ist eher die Fähigkeit, sich Wissen anzueignen.
 - Etwa die Hälfte unseres Lehraufwandes ist dem „Lehrexport“ gewidmet (Mathematik für Ingenieure, Physiker, Informatiker, Wirtschaftswissenschaftler und bei uns in Hamburg auch für Holzwirtschaftler).
 - Da die Mathematik — jedenfalls verstehe ich sie so — eine Wissenschaft für Anwendungen ist, muß sich unser Lehrangebot nach den Vorgaben der Anwendungen richten. Das bedeutet beispielsweise konkret, daß wir uns dem Entwicklungstempo unserer Anwender anpassen, also beispielsweise auch eine Halbwertszeit von Kenntnissen akzeptieren müssen.
- Ein aktuelles Beispiel hierzu: Vor etwa zwanzig Jahren kamen preiswerte digitale Signalprozessoren auf den Markt. Damit verlagerte sich das Schwergewicht des Interesses von klassischer kontinuierlicher Signalverarbeitung auf die digitale Signalverarbeitung. Nahezu über Nacht mußten wir unser Lehrangebot für Ingenieure und auch für unsere Mathematikstudentinnen und -studenten total umstellen. Daß dies nicht immer und überall gelingt, belegt ein Artikel von Schnieder [14], in dem er die „teilweise erstarrte ingenieurwissenschaftliche Grundausbildung in der Mathematik“ beklagt.
- Wenn man die Rolle der Mathematik als Anwendungswissenschaft ernst nimmt, ergibt sich zwingend, daß die Modellierung außermathematischer praktischer Problemstellungen bei der Wissensvermittlung eine wichtige Rolle spielen muß. Diese Fähigkeit ist nur schwer lehrbar, sie hat etwas von Detektivarbeit an sich.
 - Aus der Geschwindigkeit mit der sich die Anwendungen entwickeln — und wir müssen mit dieser Geschwindigkeit Schritt halten — folgt, daß wir überwiegend Dinge lehren, die nach wenigen Jahren, wenn also die Absolventin oder der Absolvent in das Berufsleben eintritt, bereits veraltet sind. Wir müssen daher „exemplarisch“ lehren und können nicht „Rezepte“ vermitteln.

- Die weitaus meisten unserer Absolventinnen und Absolventen der Fachrichtung Diplom arbeiten nach ihrem Studienabschluß **nicht** als Mathematiker. Sie haben dennoch sehr gute Berufschancen, man schätzt ihr analytisches Denken, ihre Fähigkeit zur Abstraktion und ihre Flexibilität. Mathematiker sind unspezifisch ausgebildet, sie besitzen wichtige Fähigkeiten, aber kaum Fertigkeiten. Man kann diese Situation so charakterisieren: „Kennzeichnend für den Beruf des Mathematikers ist, daß es ihn nicht gibt“ [11].

3 Wahrnehmungsphysiologische Randbedingungen

Der Prozeß des Lernens beginnt damit, daß unser Wahrnehmungssystem Informationen aufnimmt. Ziel des Lernens ist es, diese Informationen dem Langzeitgedächtnis einzuverleiben.

Die Hauptschwierigkeit beim Wahrnehmen besteht darin, daß die Datenleitungen in unserem kognitiven System sehr geringe Kapazität haben. Man kann recht gut angeben, welche Datenmengen unsere Wahrnehmungssensoren von der Außenwelt aufnehmen, etwa beim Fernsehen weiß man sogar ziemlich präzise, wieviel dem Auge angeboten wird. Beim HDTV sind dies einige 100 MBit/s. Im Auge hat man ca. 120 Millionen lichtempfindliche Zellen, aber nur etwa eine Million Sehnervenfaser, das heißt, es findet schon im Auge eine Datenreduktion von 120 : 1 statt. Die durch das Auge wahrgenommene Information landet über verschiedene Zwischenstationen im primären visuellen Cortex. Dort wird die Information ausgebreitet und nach verschiedenen Gesichtspunkten sortiert. Die Information wird dann noch einmal komprimiert, gelangt schließlich ins Kurzzeitgedächtnis und nach einer weiteren Kompression ins Langzeitgedächtnis. Das Langzeitgedächtnis kann allenfalls wenige hundert Bit pro Sekunde aufnehmen (siehe Abbildung 1). Wenn man die in der Abbildung angegebenen Zahlen zugrundelegt (sie sind durchaus diskutierbar, dürften jedoch bis auf einige Größenordnungen korrekt sein), dann leistet das menschliche Wahrnehmungsvermögen auf dem Wege von den Rezeptoren zum Langzeitgedächtnis eine Reduktion von 1 : 10^8 . Das bedeutet, daß von einem Spielfilm von 90 Minuten Länge¹ letztlich eine Datenmenge von einigen tausend Bit im Langzeitgedächtnis verbleibt. Mit anderen Worten: Die im Langzeitgedächtnis gespeicherte Information ließe sich in einem briefmarkengroßen Ausschnitt des allerersten Bildes der Sequenz unterbringen!

Unser Wahrnehmungssystem macht aus der Not seiner Unvollkommenheit eine Tugend, indem es aus der immensen Flut von Informationen, die es von

¹PAL S-VHS Format: 720×576 Bildpunkte, 25 Bilder pro Sekunde, entspricht unkomprimiert einer Datenrate von etwa 166 Mbit/s. Für einen Spielfilm von 90 Minuten Länge kommt man auf einen Datenumfang von 900 Gbit.

der Außenwelt erhält, einen winzigen Bruchteil eines Bruchteils — ein Prozent eines Promilles eines Promilles — extrahiert. Plakativ gesagt: Unser Wahrnehmungssystem gleicht einer gigantischen Informationsentsorgungsanlage.

Immerhin genügt der winzige Teil, den unser Langzeitgedächtnis aufnimmt, um bei einer Seriensendung im Fernsehen in der nächsten Folge die Personen wiederzuerkennen und die Handlung (sofern eine solche vorhanden ist) zu rekonstruieren.

Die Aufgabe des Lehrenden besteht darin, in den gewaltigen Informationsstrom, den unser Wahrnehmungssystem aufnimmt, kleine Wissensbröckchen einzustreuen in der Hoffnung, daß diese letztendlich ohne Schaden das Langzeitgedächtnis erreichen.

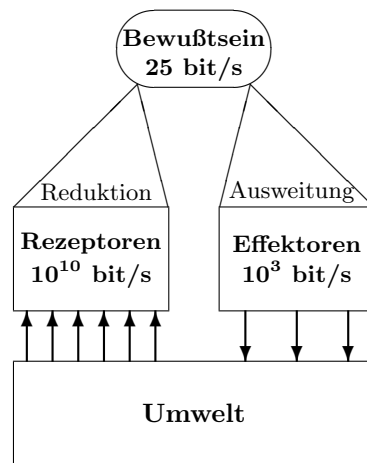


Abbildung 1: Schema zur Informationsverarbeitung im Menschen.

Nach Georg Klaus und Heinz Liebscher, Wörterbuch der Kybernetik, 1979, Stichwort „Information“.

Die Situation wird noch verschärft dadurch, daß wir den Kompressionsprozeß unseres Wahrnehmungssystems nicht bewußt steuern können. Der Dichter Jean Paul schrieb vor fast 200 Jahren, im Jahre 1807, seine *Levana* oder „Erziehlehre“, in der er sich zu Fragen der Pädagogik äußert. Dort beschreibt er äußerst anschaulich die Schwierigkeit der bewußten Kontrolle des Vorgangs der Wissensaufnahme:

— Es gab viele Fälle, worin z. B. der *Levana*-Verfasser sich entschie-

den vornahm, irgend einer viertelstündigen Erzählung sein ganzes Ohr zu schenken, bloß um solche weiter zu geben; — er that innerlich, was er vermochte, und arbeitete an der stärksten Aufmerksamkeit — das Arbeiten verschlug ihn auf Neben-Gedanken — er mußte wieder zurückhören, um den Faden zu fassen — und so brachte er's mit bestimmter Angst, Willkür und Absicht doch nicht weiter, als daß er bloße Kapitel-Summarien der Erzählung, wovon einige sogar lügenhaft klangen, an Orten, wo er treffen wollte, verbreiten konnte. Glaubt ihr aber, einem Kinde werde leichter Aufmerksamkeit, und schwerer Langeweile gegeben, als einem, der für dasselbe schreibt.

Man kann versuchen, das zu vermittelnde Wissen mit Vorgängen zu verknüpfen, die mit hoher Wahrscheinlichkeit im Langzeitgedächtnis landen werden. Hierzu liefert Christian Dietrich Grabbe in seinem „Scherz, Satire, Ironie und tiefere Bedeutung“ (1822) ein — satirisch gemeintes — Beispiel. Der Schulmeister in diesem Stück verabreicht seinem Zögling eine Ohrfeige mit der Begründung:

Es gehört zu den Feinheiten meiner Erziehungsmethode, daß ich dem Schüler bei jeder interessanten Lehre eine markdurchdringende Mauschelle erteile, denn späterhin wird er alsdann immer, wenn er sich an die Mauschelle erinnert, sich auch an die Lehre erinnern, welche sie begleitete.

Daß diese „Methode“ durchaus nicht durchweg als abwegig empfunden wurde, belegt eine Episode aus Goethes „Benvenuto Cellini“ (1803):

Ohngefähr in meinem fünften Jahr befand sich mein Vater in einem kleinen Gewölbe unsers Hauses, wo man gewaschen hatte, und wo ein gutes Feuer von eichenen Kohlen übriggeblieben war; er hatte eine Geige in der Hand und sang und spielte um das Feuer; denn es war sehr kalt. Zufälligerweise erblickte er mitten in der stärksten Glut ein Tierchen, wie eine Eidechse, das sich in diesen lebhaften Flammen ergötzte. Er merkte gleich was es war, ließ mich und meine Schwester rufen, zeigte uns Kindern das Tier und gab mir eine tüchtige Ohrfeige. Als ich darüber heftig zu weinen anfang, suchte er mich aufs freundlichste zu besänftigen und sagte: Lieber Sohn! Ich schlage dich nicht, weil du etwas Übles begangen hast, vielmehr daß du dich dieser Eidechse Erinnerst, die du im Feuer siehst. Das ist ein Salamander, wie man, soviel ich weiß, noch keinen gesehen hat. Er küßte mich darauf, und gab mir einige Pfennige.

Es ist eine interessante Frage, aus welchem Grunde die Schwester nicht auch eine Ohrfeige erhielt, aber das hat mit dem Thema dieser Arbeit nichts zu tun!

4 Die Vergangenheit

Anfang der siebziger Jahre hatte ich Kontakt zu einem Projekt der „Programmierten Unterweisung“. Ziel des Projekts war es, eine bestimmte algorithmische

Methode für das Selbststudium aufzubereiten. Aus dem Projekt ging ein Buch hervor [20], welches sich sehr gut verkaufte, es bediente schließlich zwei Modebegriffe der Zeit: „Operations Research“ und „Programmierte Unterweisung“. Ich bezweifle, daß eine nennenswerte Anzahl von Lernbegierigen durch dieses Buch Erleuchtung fand. Das Exemplar in unserer Bibliothek, welches ich mir für diesen Anlaß auslieh, war in den letzten fast dreißig Jahren nicht einmal ausgeliehen worden und zeigte auch keinerlei Gebrauchsspuren.

Es ist vielleicht ganz instruktiv, wenn ich bei diesem Buch ein wenig verweile. Einige der damals vorhandenen Probleme haben die letzten dreißig Jahre unbeschadet überdauert, und am Beispiel eines real vorhandenen Buches lassen sich Probleme leichter aufweisen, als an Lernsoftware im Internet.

1. Das Buch ist für den „normalen“ Gebrauch kaum verwendbar. Der Lehrstoff ist in sehr viele (334) winzige „Lerneinheiten“ zerstückelt. Der Gesamtumfang des Buches beträgt 364 Seiten. Zum Vergleich: Ein „herkömmlicher“ Text aus dieser Zeit über das gleiche Thema umfaßt höchstens 30 Seiten! Es heißt demgemäß in der Einleitung:

Der Lernende bearbeitet jede Information des Lernstoffes in je verschiedenen Denkstationen mindestens fünf- bis sechsmal (Lesen, Erfassen, Durchdenken einer Aufgabe, Lösen der Aufgabe, schriftliches Fixieren der Lösung, Antwortvergleich). Oft geschieht das in derartigen mikrostrukturellen Verfeinerungen, daß ihm dieser Durchgang durch eine Information bis zu dem Punkt, da er sie operationabel beherrscht, gar nicht bewußt wird.

Im heutigen Jargon des Telelearning spricht man von „Knowledge Nuggets“ anstelle von „mikrostrukturellen Verfeinerungen“. Der Sinn einer solchen Fragmentierung des Wissens ist, daß die Anwender der Hilfe eines Tutors nicht bedürfen. Für den begabten Anwender allerdings bedeutet dies, daß leicht Langeweile aufkommt. Man muß daher das Lehrangebot durch geeignete „Sprunganweisungen“ den Fähigkeiten der einzelnen Leser anpassen. Es wäre eine interessante Frage, inwieweit das GOTO-Paradigma der Frühzeit des Programmierens hier eine Rolle gespielt hat. Der berühmte Leserbrief von Dijkstra stammt aus dem Jahre 1968 [4]. Meines Erachtens ist dieses GOTO-Paradigma für die Unterweisung ebenso und aus den gleichen Gründen schädlich („*harmful*“) wie für die Programmierung.

Beispielsweise ist es für den Lernenden äußerst schwierig, in dem Buch „nachzuschlagen“. Wenn man in Lerneinheit 220 feststellt, daß man einen Begriff aus den frühen Lerneinheiten einfach vergessen hat, dann ist die Suche mühsam. Das Buch hat kein Register, ein solches würde auch der Anlage des Buches widersprechen. Man könnte natürlich ein ganz „normales“ Lehrbuch als Nachschlagewerk benutzen, aber leider benutzt das programmierte Lehrbuch eine „exotische“ Terminologie, so daß dieser Ausweg

nicht gangbar ist. In dem Buch findet man auch kein Literaturverzeichnis, lediglich Nennungen „irgendwo“ im Text.

2. Ein programmiertes Lehrbuch zum Selbststudium muß mit einer außerordentlich großen Sorgfalt geschrieben werden. Im Gegensatz zum herkömmlichen Buch ist die Sprache einer programmierten Unterweisung — trotz der geschilderten Aufblähung des Lernstoffes — in der Regel karg und wenig redundant. Damit können sich Fehler für den Benutzer katastrophal auswirken, da Kontextinformation kaum zur Verfügung steht. Ein kleines Beispiel: Wenn der „naive“ Benutzer in einer der ersten Lerneinheiten des zitierten Buches den Begriff der „Einheitsmatrix“ kennengelernt hat und dann ab Lerneinheit 258 von der „Identitätsmatrix“ die Rede ist, dann kann dies verwirrend wirken. Der Satz in Lerneinheit 259

Die m -dimensionale Identitätsmatrix ist gleich der m -dimensionalen Einheitsmatrix.

ist dann wenig hilfreich und eher geeignet, die Verwirrung noch zu steigern.

3. Das Buch war schon bei seinem Erscheinen veraltet. An keiner Stelle wird die Lösung einer linearen Optimierungsaufgabe auf einer Rechenanlage auch nur erwähnt. Dies erstaunt umso mehr, als der Mitarbeiter an dem Buch, der für den Basitext zuständig war, ein damals vielverbreitetes Lehrbuch über Datenverarbeitung geschrieben hatte. Einzig auf den Anleitungsblättern 14.1–4 ist ein Flußdiagramm auf vier Seiten dargestellt.
4. Das Buch ist, dem Stil der Zeit entsprechend, ideologisch befrachtet. Dies zeigt sich an Aussagen wie

Unsere Gesellschaft und ihre Kultur benötigen heute Menschen, die ihre individuelle Begabung durch persönliche Akte des Lernens voll ausschöpfen und entfalten, und sie dann, verwandelt in ein verantwortetes Können, in den Dienst des Allgemeinwohls zu stellen.

oder

Im Prinzip der Selbstkontrolle werden nicht nur lernkybernetische Tatsachen („Regelkreis des Lernens“) wirksam, sondern auch solche, die die geistige Mündigkeit und die Dynamik der Selbstverantwortung herausfordern. Erst durch die institutionell verankerte Selbstkontrolle werden Akte individuellen Lernens möglich.

Man sieht hier sehr schön, daß auch modische Phrasen ihre Halbwertszeit haben!

5. Von den zahlreichen in dem Buch erwähnten algorithmischen Varianten hat nur eine einzige überlebt.

Mitte der siebziger Jahre kam ich an die Kernforschungsanlage Jülich. Dort hatte ich mit Lehrlingsausbildung zu tun, wir bildeten mathematisch-technische Assistenten aus. Lehrlingsausbildung zeichnet sich dadurch aus, daß man über vergleichsweise reichliche Mittel verfügt — sofern man erfolgreich ist. Wir verwendeten für die Ausbildung die zu dieser Zeit modernsten Medien, die Unterweisung durch Lehrvideos und durch Lehrprogramme auf dem Computer. Diese Hilfsmittel erwiesen sich als sehr erfolgreich bei der Vermittlung von *Fertigkeiten*, etwa bei der Programmierausbildung. Sie standen nicht zur Verfügung für die Vermittlung von *Fähigkeiten*. Es war zum Beispiel nicht möglich, den komplizierten Prozeß der Modellierung eines Anwendungsproblems in Form einer programmierten Unterweisung zu vermitteln. Das Fazit dieser Zeit: Man kann sehr wohl technische Hilfen in der Ausbildung nutzen, man muß nur die „Verhältnismäßigkeit“ der Mittel im Auge behalten.

Neben diesen Aktivitäten hatten wir ein ehrgeiziges Projekt verwirklicht. Unsere Gruppe hatte in der Kernforschungsanlage Jülich die Aufgabe, Anwender aus den verschiedensten Instituten mathematisch zu beraten und an Projekten mitzuwirken. Für die Beratung und auch als Lehrinstrument entwickelten wir ein Programmsystem, das man mit einigem Recht als das wohl weltweit erste Expertensystem bezeichnen kann. Dieses Programmsystem führte mit dem Benutzer eine Beratungsdiskussion über die beste Auswahl einer Formel zur numerischen Integration für eine vorgelegte Klasse von Funktionen. Es hatte sich nämlich herausgestellt, daß diese Frage hinreichend oft in der Beratungspraxis gestellt wurde. Zudem gab es in der Gruppe zwei Experten auf diesem Gebiet, von denen der eine gerade an einem sehr umfangreichen Buch über das Thema arbeitete [6]. Die optimale Auswahl einer Integrationsformel ist eine vergleichsweise einfache Aufgabe, man kennt das Gebiet recht gut, man hat also eine „einfache Welt“, in der man Ursache und Wirkung überblickt. Weiterhin hatten wir festgestellt, daß die Beratungssituation für unsere „Kunden“ nicht immer befriedigend war, insbesondere, wenn es sich um solche „einfachen“ Probleme handelte, wie Formeln für die numerische Integration. Nichts haßt ein Benutzer (etwa ein Physiker mit einer großen Anzahl von Publikationen und einem gewissen internationalen Rennomee) mehr als die Frage des beratenden Mathematikers: „Haben Sie wirklich noch nie etwas von der Simpson-Regel gehört?“

Die Erfahrungen, die wir mit dem System machten, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Der Dialog mit dem Rechner, der niemals ungeduldig wird und der jede Frage ausführlich und immer wieder beantwortet war für die Kunden wie auch für die Auszubildenden attraktiv.
- Gegenüber dem Rechner mußte man nicht das Gefühl haben, sich durch Unkenntnis bloßzustellen.
- Der Dialog war so ausgelegt, daß der Benutzer aufgefordert wurde, die Klasse von Funktionen, für die eine Formel zur numerischen Integration

gesucht werden sollte, zu beschreiben. Dies konnte auf verschiedene Weise geschehen, durch menügesteuerten Dialog („Handelt es sich um Funktionen mit Singularitäten?“, wenn ja, „Können Sie irgendetwas über die Singularitäten aussagen“) oder einfach durch Angabe von typischen Beispielen. Die Benutzer spielten gern verschiedene Situationen nach Art eines Computerspiels durch, man konnte den Eindruck haben, daß sie gespannt darauf waren, was denn der Computer als nächstes antworten würde. Es ist eine interessante Tatsache, daß Computerspiele in vieler Hinsicht gegenüber „professioneller“ Anwendungssoftware vorbildliche Eigenschaften haben [2]. Sie wecken die Neugier des Benutzers auf den nächsten Zug, sie setzen den Benutzer niemals einer Situation aus, in der er nicht weiß, was er kann, darf oder muß und sie verwirren den Benutzer nicht durch kryptische Meldungen wie etwa *Task not applicable at this time*.

Ende der siebziger Jahre kam ich an die Universität Hamburg. Der Fachbereich Mathematik der Universität Hamburg gilt als „Reformfachbereich“, das heißt, man ist bei uns jeder neuen Entwicklung aufgeschlossen. Da es zum Thema paßt: Bereits Anfang der achtziger Jahre hatten wir eine Untersuchung zu dem Thema „Auswirkung der internationalen Vernetzung auf Forschung und Lehre“ veranstaltet [5].

Als ich nach Hamburg kam, lief dort gerade das Projekt „Fernstudium im Medienverband“. Hierbei ging es darum, zu untersuchen, inwieweit es möglich ist, „Frontalunterricht“ durch Lehrbriefe, Videos und Fernsehbeiträge zu ersetzen. Das Projekt richtete sich an Fernstudenten, reguläre Studenten, die „an einer alternativen Anfängerausbildung interessiert sind (Kleingruppenarbeit und umfangreiches Lehrmaterial statt Massenvorlesung)“ sowie Kontaktstudenten, die „sich in ihrem Beruf weiterbilden“ [7]. Das Fazit dieser Untersuchung läßt sich — ein wenig verkürzt — wie folgt formulieren:

- Ansprechende Video- und Fernsehfilme können bei einem Benutzer Interesse wecken, bei der eigentlichen Lehre geht es nicht ohne aktive Beteiligung des Lernenden. Gerade der Fernsehanteil bei den Projekt wurde von den Veranstaltern kritisch gesehen. Es heißt im „Abschlußbericht“ [7]:

Insgesamt wirkten die meisten Sendungen aber zu „trocken“ — die speziellen Möglichkeiten des Mediums Fernsehen wurden viel zu wenig ausgenutzt. . . . Eine Neuarbeitung des Filmmaterials unter Verwendung aller modernen technischen Hilfsmittel erscheint angezeigt — ob dies im Rahmen des eher schwerfälligen Apparates einer Fernsehanstalt möglich ist, muß man wohl bezweifeln. Hier sollten sich die Hochschulen verstärkt engagieren.

Bemerkenswert erscheint hier die Charakterisierung einer Fernsehanstalt als „schwerfällig“ im Gegensatz zu den Hochschulen. Auch 1980 gab es ideologische Voreinstellungen.

- Eine wichtige Erkenntnis war, daß eine effiziente Wissensvermittlung durch intensive Kleingruppenarbeit unterstützt werden muß. Der Prozeß des Lernens und Lehrens stellte sich als ein primär sozialer und kommunikativer Prozeß heraus. Im „Abschlußbericht“ wird dies wie folgt beschrieben:

Während der Präsenzphasen hatten die Studenten Gelegenheit, in Kleingruppen spezielle Schwierigkeiten mit den Tutoren zu diskutieren und sich so gemeinsam vertieft in einzelne, besonders wichtige Schwerpunkte des Lehrstoffes hineinzuarbeiten.

Die Akademischen Tutoren standen regelmäßig zur mündlichen und telefonischen Einzelberatung zur Verfügung.

Nach vier Semestern Kleingruppenarbeit im Rahmen des FIM-Versuchs ist festzustellen, daß die Präsenzphase von allen Beteiligten stets sehr positiv bewertet wurde.

Der Fachbereich Mathematik der Universität Hamburg zeichnet sich daher auch heute noch von anderen mathematischen Fachbereichen dadurch aus, daß im ersten Studienabschnitt Kleingruppenarbeit eine herausragende Rolle spielt. Diese Besonderheit wurde in den letzten Jahren auch regelmäßig bei Evaluationen unserer Lehre lobend hervorgehoben.

- Ein Motiv für die Förderung des Projekts aus öffentlichen Mitteln war — wenn auch nicht ausgesprochen, so doch meines Erachtens unterschwellig durchaus vorhanden — die Vorstellung, daß man einen Teil des hohen finanziellen Aufwandes für die Lehre durch elektronische Substitute ersetzen könne. Die Erkenntnis, daß im Gegenteil eine personalintensive Kleingruppenarbeit unerläßlich ist, wirkte ernüchternd. Im „Abschlußbericht“ heißt es sehr deutlich:

Probleme dürften natürlich bei der Bereitstellung von ausreichender Lehrkapazität auftreten; denn die Einrichtung genügend vieler Kleingruppen ist unverzichtbar: es kann nicht darum gehen, das Anfängerstudium auf Fernkurse „abzuschieben“.

Aus dem Projekt gingen umfangreiche Unterrichtsmaterialien hervor, die noch über längere Zeit im Anfängerunterricht benutzt wurden. Ein Lehrbuch über Analysis ist aus einem Parallelprojekt entstanden [1]. Dieses Lehrbuch ist auf den ersten Blick ein „klassisches“ Lehrbuch, beim näheren Hinsehen stellt man fest, daß es nicht „linear“ strukturiert ist. Im Vorwort heißt es:

Aber schon aus dem bisher gesagten folgt, daß ein Mathematiktext, der zum Selbststudium geeignet ist, das folgende Merkmal hat: Er regt den Leser immer wieder dazu an, einzelne Gedankenschritte selbst zu vollziehen, Gedanken weiterzuführen, Verbindungen herzustellen, Rechnungen nachzuvollziehen, die eigenen Kenntnisse zu überprüfen. Dazu ist unseres Erachtens weder der sogenannte „Definition-Satz-Beweis“-Stil noch Text im Sinne des „programmierten Lernens“ geeignet.

Es ist in diesem Buch meines Erachtens gelungen, die Vorteile der klassischen Darstellung und der programmierten Unterweisung zu vereinen.

5 Die Situation heute

Wenn auch die Mitarbeiter des Fachbereichs Mathematik der Universität Hamburg seit den siebziger Jahren augenfällig biologisch gealtert sind, ihre Experimentierfreudigkeit hat sich nicht geändert. Wir führen zur Zeit eine Anzahl von Experimenten im Internet und im Intranet durch, beispielsweise:

- Seit Sommer 1998 läuft ein Projekt *Üben im Internet*, welches den Studentinnen und Studenten der Lehrämter Grund- und Mittelstufe sowie Sonderschulen die Gelegenheit gibt, die angebotenen Vorlesungen durch Übungen im Internet zu vertiefen [13]. Im Evaluationsbericht dieses Projektes heißt es:

Obwohl bisher außerhalb der Universität so gut wie keine Reklame gemacht wurde, wurden in letzter Zeit vermehrt auswärtige Benutzer auch aus dem Ausland registriert, was auf bestehendes Interesse an solchen Übungsmöglichkeiten schließen lässt.

- Seit Winter 1999/2000 wird im Internet ein Projekt *JAVA-Einsatz in der Numerischen Mathematik* angeboten [17].
- Im Sommersemester 1999 und im Wintersemester 1999/2000 habe ich eine Veranstaltung im Rahmen des Weiterbildungsprogramms über das Thema *Methoden der Signalverarbeitung* durchgeführt. Diese Veranstaltung wurde begleitet durch MATLAB-Programme im Intranet. Die Zuhörerinnen und Zuhörer waren überwiegend Ingenieure aus der Praxis.

Generell ist es unsere Erfahrung, daß computerunterstützter Unterricht und Unterricht über das Internet seinen Nutzen und guten Sinn hat. Insbesondere bei der Vermittlung von Fertigkeiten, also etwa bei der Programmierausbildung oder bei einfachen Übungsaufgaben, bietet die technische Unterstützung der Lehre hervorragende Möglichkeiten. Speziell bei der Ausbildung von Studierenden der Lehrämter versprechen wir uns von dem Projekt *Üben im Internet* nebenbei auch, daß die zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer eine gewisse Vertrautheit mit diesem Medium erwerben. Begrüßenswert aus unserer Sicht ist, daß durch leistungsfähige Computer die Anschauung, die zeitweise ganz aus der Mathematikausbildung verdrängt war, wieder an Bedeutung gewinnt. Wir können über Graphiksoftware und Geometrieprogramme den Lernenden den Stoff plastisch vermitteln und zu Experimenten anregen. Euphorie ist allerdings nicht angebracht, es gilt, die neuen Möglichkeiten realistisch einzuschätzen. Wir sind als Wissenschaftler zu Skepsis verpflichtet. Diese Einstellung, ein durch

Skepsis gezügelter Optimismus, erscheint angesichts mancher überschäumender Utopien als angemessen [3].

Als Fazit dieser Erfahrungen nenne ich einige Problemfelder der computer-unterstützten Ausbildung. Hierbei beziehe ich mich mehrfach auf einen Artikel von Wilfried Hartmann [8], der den durch das Internet unterstützten Deutschunterricht zum Thema hat.

Die Rolle der Technik Es ist meine Überzeugung, daß ein großer Teil der heute verbreiteten Software für eine sinnvolle Verwendung für Lehrzwecke nicht stabil genug ist. Zu häufig findet sich der Lernende, der ja eben kein Experte ist, in einer Situation, „in der er nicht weiß, was er kann, darf oder muß“ [2]. In meinem Weiterbildungskurs für Ingenieure verwendeten wir MATLAB unter Windows NT. Man könnte beispielsweise dem Benutzer anbieten, sich vorgefertigte Programme aus dem Netz herunterzuladen um diese dann ablaufen zu lassen. In einem großangelegten Projekt aus dem Jahre 1999 von Dawn M. Tilbury von der University of Michigan in Ann Arbor und William C. Messner von der Carnegie Mellon University in Pittsburgh [16] wurde im wesentlichen dieser Weg gewählt. Derlei halte ich nicht für sinnvoll, der Lerneffekt bestände darin, daß das Programm auf dem PC des Lernenden genau das reproduziert, was es vorher auf meinem PC ausgeführt hat. Dieses Ereignis wird erwartet, und es ist nicht sehr bemerkenswert, wenn es auch eintritt. Man weiß aus der Informationstheorie schließlich, daß der Informationswert der erwarteten Nachricht Null ist! Unsere Vorstellung war, daß die Lernenden die vorgegebenen Programme modifizieren, Parameter in die Programme eingeben und so Experimente am Rechner ausführen können. Man kann sagen, daß Ingenieure am normalen Anwendungsfall interessiert sind, daß sie aber auch gern ausprobieren möchten, was bei extremen oder unrealistischen Eingaben geschieht. Diese experimentelle Vorgehensweise ist eigentlich erwünscht und sollte befördert werden. Bei einem bestimmten Programm war ein Diskretisierungsparameter N einzugeben. Das MATLAB-Programm ruft dann ein vorcompiliertes Programm auf, welches von MATLAB aus nicht angehalten werden kann. Für „normale“ Parameterwerte, also $N = 16, 32, 64, 128$ gab es keine Probleme. Wählt man jedoch $N = 512$, dann beträgt die Ausführungszeit $3\frac{1}{4}$ Stunden. Der „naive“ Benutzer sitzt in diesem Falle vor dem Rechner, der auf keine Eingabe reagiert. Es ist nicht verwunderlich, wenn den nicht Windows-erfahrenen Nutzer Panik ergreift. Er weiß, daß man den Computer nicht einfach ausschalten darf, er befindet sich also in der zitierten Situation, „in der er nicht weiß, was er kann, darf oder muß“. Die in der etwas abstrusen Windows-Logik richtige Handlung, um den Prozeß zu beenden, besteht darin, den Knopf „Start“ zu betätigen, damit man den Computer herunterfahren kann, um ihn dann neu zu starten. Wohl-gemerkt: Man kann derartige Probleme vermeiden, indem man den Lernenden Nutzungseinschränkungen auferlegt. Im vorliegenden Falle hatten wir den Benutzern mitgeteilt, daß bei Werten von N über 128 Probleme auftreten können.

Dies setzt jedoch voraus, daß man die angebotene Software intensiv ausgetestet hat, eine illusorische Forderung angesichts der beschränkten Vorbereitungszeit, die zur Verfügung steht. Bekanntlich ist ja „professionelle“ Software ausgiebig ausgetestet und weist dennoch Defekte auf. Ich meine, daß das hier dargestellte Verhalten ein Defekt der benutzten Software — hier also MATLAB — ist. Um solche Situationen zu vermeiden, wird häufig die eingangs genannte Strategie verwendet: Man erlaubt den Benutzern nur ausgewählte und erprobte Parameterwerte, was die erwähnten Nachteile hat.

Leider traten vergleichbare Phänomene recht häufig auf. Man kann einen Lernenden damit nicht allein lassen, es muß eine Person in erreichbarer Nähe bleiben, die ihm helfen kann. Noch mehr trifft dies zu für Situationen, in denen der Computer Ergebnisse präsentiert, die der erfahrene Lernende, von dem man unterstellen kann, daß er die zugrundeliegende Anwendung beherrscht, nicht versteht, weil er Effekte beobachtet, die nicht mit seinen Erwartungen, seiner erlernten und beherrschten Theorie in Einklang stehen, wenn er beispielsweise einen nichtlinearen Effekt beobachtet und ihn aus seiner Kenntnis der linearen Theorie heraus mißversteht oder wenn er einen Diskretisierungseffekt aus der analogen Theorie heraus zu interpretieren sucht. Solche Phänomene sind nicht unbedingt auf den ersten Blick durchschaubar, und es bedarf hier besonders kompetenter Beratung, die auch die Fähigkeiten eines Tutors in aller Regel übersteigen. Gerade solche Situationen haben jedoch einen hohen Erkenntniswert für den Lernenden aber auch für den Lehrenden, so daß man sie unbedingt nutzen sollte.

Das „Answer Recognition Problem“ Dieser Begriff stammt von McGettrick [10]. Gerade in der Mathematikausbildung sind Übungen typisch. Das Standardlehrangebot ist die „4 + 2“-Veranstaltung, das heißt, auf vier Wochenstunden Vorlesung kommen zwei Wochenstunden Übungen. Man hat hier das folgende Dilemma: Aufgaben, deren Lösung auf leicht abfragbare Antworten führen (etwa „multiple-choice-Fragen“), sind selten und eigentlich nur in Ausnahmefällen und allenfalls für Anfängerübungen brauchbar. Die typischen Übungsaufgaben sind „kleine Forschungsaufgaben“ bis hin zu Fallstudien praktisch relevanter Anwendungsbeispiele. Erwünscht und befördert werden Kreativität und Originalität, gerade die unerwarteten Antworten sind die interessantesten. Selbst bei fehlerhaften Lösungen kann die Analyse der Fehler zu wichtigen Einsichten führen. Demgemäß sind die „richtigen“ Lösungsansätze nicht leicht zu identifizieren, ganz besonders nicht automatisch durch einen Computer. Selbst bei menschlichen Korrektoren — üblicherweise studentischen Hilfskräften — ist es häufig genug erforderlich, daß der Lösungsversuch einer „höheren Instanz“ vorgelegt wird, also dem Professor.

Das Versionenproblem Es ist vernünftig, das elektronische Lehrangebot ständig zu aktualisieren. Während des Lehrprozesses — der idealerweise ein

Dialog sein sollte — entdeckt man Fehler und gewinnt neue Erkenntnisse. Die ständige Überarbeitung des Lehrangebots — die klassische „Nachbereitung“ — kann dazu führen, daß zwischen Lehrendem und den Lernenden, aber auch unter den Lernenden Kommunikationsprobleme auftreten. Wenn ich in einer „normalen“ Vorlesung den Studenten ein Manuskript auf dem Intranet zur Verfügung stelle, dann ist es recht häufig der Fall, daß diese meine Verweise auf den Text nicht nachvollziehen können, weil sich im Verlaufe der Veranstaltung das Manuskript soweit geändert hat, daß Seitenangaben, Textzitate und Verweisnummern nicht mehr stimmen.

Ein eng damit verwandtes Problem ist die „Mehrdimensionalität“ des Angebots im Internet [8]. Das Internet soll *idealiter* dem Lernenden Navigationshilfen auf dem Ozean des Wissens anbieten, die eine selbständige und individuelle Aneignung von Wissen durch Angebote von *Links* zu anderen Informationsangeboten ermöglichen. Man hätte dann das Problem, in einem Labyrinth, welches den von Jorge Luis Borges beschriebenen um nichts nachsteht, einen Weg zu finden. Zur Zeit wird — aus guten Gründen — diese Mehrdimensionalität eingeschränkt, man versucht eher, den Lernenden auf einem eindimensionalen linearen Pfad durch den Wissensdschungel zu führen. Bei konsequenter und ausgiebiger Nutzung von Links und Querverweisen müßte man davon ausgehen, daß keine zwei Benutzer eines Internetangebots die gleiche Erlebnisgeschichte haben. Auch dies kann dazu führen, daß eine Kommunikation unter den Lernenden mit zunehmender Lerndauer immer schwieriger wird.

Hinzu kommt, daß das Internetangebot, wenn man den Lernenden frei navigieren läßt, Informationen unterschiedlicher Seriosität und Authentizität anbietet, die der Lernende in aller Regel nicht bewerten kann. Man muß also auch hier die Nutzung einschränken, mit anderen Worten, man muß eine rigorose Zensur ausüben.

Das ästhetische Problem Seitdem es komfortable Textverarbeitungssoftware gibt, hat man das Problem des Mißverhältnisses von Form und Inhalt. Wenn ich für meine Vorlesung ein Manuskript im Netz anbiete, dann besteht das Problem, daß der Text formal derart perfekt ist, daß selbst ich häufig vergesse, daß der Inhalt notwendigerweise der Form nicht gerecht wird. Ich habe in den Semesterferien allenfalls einen „Mannmonat“ in die Vorbereitung des Manuskripts investieren können, denn man hat ja neben den Vorlesungen noch mannigfache andere Verpflichtungen. Der Suggestion der perfekten Form glaube ich mich eben noch bewußt entziehen zu können, aber meine Studenten erliegen doch immer wieder der Versuchung der formal makellosen Vorlage. In einer Buchbesprechung schreibt hierzu Manfred Krifka²

Man glaubt beispielsweise gar nicht, wie sehr die Kritikfähigkeit zu Form und Inhalt eines eigenen Textes außer Kraft gesetzt wird, wenn er hochgestylt aus dem Laserprinter kommt.

²Manfred Krifka, *Spektrum der Wissenschaft*, September 1989:144.

Noch eklatanter wird dieses Problem bei Lehrangeboten im Internet. Mächtige Werkzeuge erlauben eine opulente Benutzeroberfläche. Nach dem über das visuelle System Gesagten kann man durchaus befürchten, daß in dem Strom der Informationen, die aufgenommen werden, die schillernde „Verpackung“ schließlich im Langzeitgedächtnis landet, zu Ungunsten des Inhalts. Leider gibt es keine Werkzeuge, die Ästhetik garantieren. Demgemäß sind die Webseiten häufig sehr „bunt“, überladen und auch unübersichtlich. Bei der „klassischen“ Erstellung eines Lehrbuches gibt es „Filter“, die extreme Auswüchse verhindern. Die Verlage üben über Lektoren und Gutachter eine ästhetische „Zensur“ aus, die im allgemeinen eine gewisse formale und ästhetische Mindestqualität garantiert. Es existiert eine wirkungsvolle und etablierte soziale Kontrolle, etwa über Rezensionen, die dem Nutzer Entscheidungshilfen gibt. Diese soziale Kontrolle fehlt zur Zeit noch weitgehend im Internet. Oft dominiert die Begeisterung über den „gelungenen technischen Vollzug“ die ästhetischen Bedenken [8].

Das Aufwandsproblem Wir, die Lehrenden an Hochschulen, versuchen, in unsere computerunterstützten Lehrangebote und in unsere Internetseiten unseren Enthusiasmus, unsere Erfahrung und unsere Kompetenz einzubringen. Wie bereits erwähnt, treten auf dem Ausbildungsmarkt inzwischen potente und finanzstarke Anbieter auf. Unsere Aktivitäten haben gegen diese Konkurrenz notwendigerweise den Charakter von „Selbstgebasteltem auf einem Kinderfest“. In der *Computer-Zeitung* vom 13. Juli 2000 liest man — ausgerechnet unter dem Titel „E-Learning nach Maß ist bezahlbar“ — daß die Firma IBM „Distributed Learning“ anbietet. Man rechnet dort für die erste Unterrichtsstunde mit einem Aufwand von 80 000 DM. Ein kleiner Trost: Die nachfolgenden Stunden sind deutlich preiswerter, sie kosten dann „nur“ noch knapp die Hälfte. Man liest weiter: „Die Einrichtung eines virtuellen Klassenzimmers schluckt im Pilotprojekt rund eine Viertelmillion.“ In der *Welt* vom 11. Oktober 2000 liest man ein wenig neiderfüllt unter dem Titel „Britische Universitäten investieren in die E-University“

Beim Aufbau der Uni im Netz wird richtig geklotzt: 230 Mio. DM sollten als Anschubfinanzierung bereit stehen, und in den nächsten fünf Jahren will man das Kapital der E-University auf 1.2 Mrd. DM aufstocken.

oder:

Cambridge steckte bereits 200 Mio DM in ein Projekt für virtuelles Lernen, das man gemeinsam mit dem Massachusetts Institute of Technology (MIT), Boston, betreibt.

In dieser „Materialschlacht“, die mit hohem Einsatz um Marktanteile geführt wird, sehen wir an der Universität buchstäblich „arm“ aus. Wie bereits gesagt, besitzen wir Erfahrung, Wissen, Können und Enthusiasmus, das heißt, wir halten an der Fiktion fest, daß wir eben einfach besser sind. In der *Computer Zeitung* 28. September 2000 findet man immerhin die tröstliche Schlagzeile „Tafelvorträge gehören nicht in die Kreidezeit.“

Noch ist nichts verloren. Der „Informatikschock“ mag ein rechtzeitiges Erwachen der Verantwortlichen bewirken wie seinerzeit der „Sputnikschock“. Anzeichen dafür mehren sich, es ist aber eine schädliche Illusion, würde man glauben, daß Änderungen zum Nulltarif zu haben sind. Es genügt nicht, bei den Universitäten Wandel einzufordern, wenn es diesen angesichts des gegenwärtigen ruinösen Spardrucks am Lebensnotwendigen fehlt.

Es ist fraglich, welche Chancen wir auf dem sich explosiv entwickelnden Markt des Telelearning mit unseren eher bescheidenen Angeboten haben können. Ich meine allerdings, daß es auf diesem Gebiet noch eine große Anzahl von ungelösten Fragestellungen gibt, denen wir uns widmen müssen und bei deren Lösung unsere speziellen Fähigkeiten und Erfahrungen gefragt sind. In den siebziger Jahren wurden weltweit Projekte zur computerunterstützten Lehre gefördert. Das Fazit eines solchen Projektes klingt auch heute noch — nach fast einem Vierteljahrhundert — bemerkenswert aktuell [10]:

There is much work to be done on this area. Apart from the fact that more theoretical results are required one of the large tasks is the production of useful material in the form of programs, i.e. lessons, exercises, etc. For the success of such systems it must be possible to tax good students and yet cater for weaker students. It should also be possible for a teacher to prepare his own lessons with relative ease.

These conflicting aims together with the substantial theoretical limitations make this a challenging field.

Auch hier stellt man fest: Die Technik wandelt sich rasch, die Probleme hingegen erweisen sich als erstaunlich persistent!

Die Faszination des neuen Spielzeuges, die — mehr oder weniger — perfekte Technik sollten uns nicht das Eigentliche vergessen lassen. Sehr schön hat dies der US-Erfolgsautor John Naisbitt³ formuliert:

Ziel der Erziehung ist es zu lernen, wie man lernt. Ich denke es ist gut, in jedem Klassenzimmer einen Computer zu haben und einen Dichter.

Literatur

- [1] A. Blickensdörfer-Ehlers, W. G. Eschmann, H. Neunzert und K. Schelkes: *Analysis 1. Ein Lehr- und Arbeitsbuch für Studienanfänger*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1980.
- [2] John M. Carroll: The adventure of getting to know a computer. *Computer*, 15(11):49–58, November 1982.
- [3] Axel Diefenbach: Computer in der Ausbildung — Mythos, Wirklichkeit und Zukunft. *Naturwissenschaftliche Rundschau*, 53(5):240–241, 2000.

³ *Computer Zeitung* Nr. 43, 26. Oktober 2000, Seite 39.

- [4] Edsger W. Dijkstra: Go To statement considered harmful (*Letters to the Editor*). *Communications of the ACM*, 11(3):147–148, March 1968.
- [5] Ulrich Eckhardt: Konferenzen — permanent und weltweit? (Monatsspektrum). *Spektrum der Wissenschaft*, November 1983:21.
- [6] Hermann Engels: *Numerical Quadrature and Cubature, (Computational Mathematics and Applications)*, Academic Press, London, New York, Toronto, Sydney, San Francisco, 1980.
- [7] Klaus Glashoff: *Fernstudium im Medienverbund 1978 – 1980 — Abschlußbericht*, Universität Hamburg, Fachbereich Mathematik, 15. 9. 1980.
- [8] Wilfried Hartmann: Neue Medien im Deutschunterricht. Bildungspolitische Implikationen. [15, S. 11 – 23].
- [9] R. Hazemi, S. Hailes and S. Wilbur, editors: *The Digital University. Reinventing the Academy, (Computer Supported Cooperative Work)*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 1998.
- [10] A. D. McGettrick: Teaching mathematics by computer. *The Computer Journal*, 20(3):263–268, 1977.
- [11] Monatsspektrum: Mathematik — ein Beruf von dieser Welt? *Spektrum der Wissenschaft*, September 1983:20–21.
- [12] Reiner Neumann und Johann Vollath, Hrsg.: *Corporate University. Strategische Unternehmensentwicklung durch maßgeschneidertes Lernen*, Verlag A & O des Wissens, Zürich und Hamburg, 1999.
- [13] Hans-Joachim Samaga:
<http://www.math.uni-hamburg.de/home/cm/lgm/>
- [14] Eckehard Schnieder: Die Automatisierungstechnik braucht eine Theorie! at — *Automatisierungstechnik*, 45(4):151, 1997.
- [15] Günther Thomé und Dorothea Thomé, Hrsg.: *Computer im Deutschunterricht der Sekundarstufe. Multimediale Anwendungsgebiete im Rechtschreib-, Grammatik- und Literaturunterricht, zum Texte verfassen, Publizieren und Kommunizieren*, Westermann Schulbuchverlag GmbH, Braunschweig, 2000.
- [16] Dawn M. Tilbury and William C. Messner: Control tutorials for software instruction over the World Wide Web. *IEEE Transactions on Education*, 42(4):237–246, November 1999.
- [17] Bodo Werner: *JAVA-Einsatz in der Numerischen Mathematik*, Hamburger Beiträge zur Angewandten Mathematik, Beihe B, Bericht 35, August 2000.

- [18] Wissenschaftsrat: *Thesen zur zukünftigen Entwicklung des Wissenschafts-systems in Deutschland*,
<http://www.wissenschaftsrat.de/texte/4594-00.pdf>
- [19] William A. Wulf: How shall we satisfy the long-term educational needs of engineers? *Proceedings of the IEEE*, 88(4):593–596, April 2000.
- [20] Hans-Jürgen Zimmermann und Johannes Zielinski: *Lineare Programmierung. Ein programmiertes Lehrbuch für Studierende des Faches Operations Research, (De Gruyter Lehrbuch — programmiert)*, Walter de Gruyter & Co., Berlin, New York, 1971.