

**Informations- und kommunikationstechnologische Bildung
- eine fachdidaktische Herausforderung *)**

- mit besonderer Berücksichtigung des Mathematikunterrichts -

VON
Horst Hischer
in Braunschweig

Vorbemerkung:

Die hier vorgelegte grundlegende Überarbeitung des Vortrags vom 24.10.86 berücksichtigt auch aktuelle Überlegungen des Autors, und zwar vor allem zum Verhältnis von Technik und Technologie und ihrer Bedeutung für die Allgemeinbildung. Eine ausführliche Darstellung findet sich in einem entsprechenden Aufsatz (Literaturverzeichnis), ferner wird auf zugrundeliegende Arbeiten des Technikphilosophen Walther Ch. ZIMMERLI verwiesen.

EINLEITUNG

Ich bin gebeten worden, zu diesem aktuellen bildungspolitischen Thema Stellung zu nehmen und dabei insbesondere auch auf die Implikationen bezüglich des Mathematikunterrichts einzugehen.

Dieser Aufgabe möchte ich mich annehmen, indem ich zwei grundsätzlich verschiedene Aspekte hervorhebe:

- Durch das Vorhandensein des Computers können sich neue Akzentuierungen von Mathematik als Wissenschaft und in der Folge davon auch neue Inhalte und Methoden des Mathematikunterrichts ergeben.
- Durch das Vorhandensein des Computers in der Gesellschaft kann sich für den Mathematikunterricht eine pädagogische Verpflichtung ergeben, die mit dieser Technik verbundenen Probleme und Möglichkeiten aus Sicht dieses Faches zu thematisieren.

So grundsätzlich verschieden diese beiden Aspekte sein mögen, so stellen sie doch zusammen genommen eine große fachdidaktische Herausforderung dar, die in ihrer Tragweite noch längst nicht von allen Betroffenen erkannt worden ist. (So ist diese Herausforderung insbesondere nicht auf das Fach Mathematik beschränkt, wie ich im folgenden darstellen werde.)

*) Überarbeitete Fassung eines Vortrags in der TU Clausthal am 24.10.86

Die zum Thema "Neue Technologien und Schule" vorliegende öffentliche Diskussion ist gekennzeichnet durch

- Mißverständnisse aufgrund unterschiedlicher Begriffs- und Inhaltsvorstellungen,
- euphorische, positive Vorabbewertungen,
- Ressentiments von z.T. emotionaler Art,
- aber auch durch sehr wohlbegründete, zu respektierende Meinungen.

Eine Versachlichung der Thematik ist daher vonnöten, um eine faire Bewertung zu ermöglichen.

Einige Mißverständnisse rühren daher, daß man angesichts der Ausstattung von Schulen mit Computern einen reaktiven Standpunkt bezieht und fragt, wozu das denn gut sei. So muß sich etwa nach von HENTIG jeder Pädagoge folgende Fragen im Sinne einer *pädagogischen Risikovorsorge* stellen:

- * Was bedeutet das Eindringen der Computer in die Schule für Schüler und Lehrer, für ihr Denken und Handeln?
- * Welche Folgen für das Lernen und Lehren sind zu erwarten?
- * Was können die Verantwortlichen tun?

Viele Fachdidaktiker sehen ihre Aufgabe darin, nach Einsatzmöglichkeiten des Computers im Unterricht im Sinne eines die Methodik verbessernden Unterrichtsmediums zu suchen, und zugleich erheben Skeptiker warnend den Zeigefinger vor dem dann angeblich bevorstehenden "computerisierten Unterricht", der den Lehrer überflüssig machen könnte.

Aber ist es das, was wir Pädagogen in Erfüllung des Allgemeinbildungsauftrags wollen (sollten)?

Mit schuld an den erwähnten Mißverständnissen ist u.a. der im alltäglichen Sprachgebrauch oftmals nur modernistischer Motive wegen benutzte Begriff "Technologie" anstelle von "Technik", der das Thema "Neue Technologien und Schule" in falschem Licht erscheinen läßt. Daher ist ein kurzer Exkurs zum Verständnis des Begriffs "Technologie" nützlich, womit zugleich ein Zugang zur Allgemeinbildungsrelevanz aufgezeigt wird.

In diesem Beitrag werde ich nicht darauf eingehen, Einsatzmöglichkeiten des Computers im Mathematikunterricht zu erläutern, sondern ich werde vielmehr versuchen darzustellen, inwiefern es eine *Aufgabe der allgemeinbildenden Schulen* ist, *sich mit der thematischen Behandlung der Neuen Technologien im Unterricht zu beschäftigen.*

1. TECHNIK - TECHNOLOGIE - NEUE TECHNOLOGIEN

Technologie ist dem Sinne des Wortes nach das Verständnis und das Wissen von der Technik und daher inhaltlich umfassend.

Technik ist gemäß ARISTOTELES "ein mit Vernunft und richtigem Wissen verbundenes, hervorbringendes Verhalten" und damit an Zwecken orientiert (vgl. KOSLOWSKI, S.2).

Der Technikphilosoph ZIMMERLI hat nun nachzuweisen versucht, daß unser jetziges Zeitalter dadurch gekennzeichnet ist, daß Wissenschaft und Technik zusammenwachsen und wir damit in das **technologische Zeitalter** übergehen. Denn die großen Aufgaben unserer Zeit sind nicht mehr aus einer Disziplin allein heraus zu lösen, und etwa die Naturwissenschaften werden in dem Sinne **technologisch**, daß die klassischen Abgrenzungen zwischen reiner Wissenschaft, angewandter Wissenschaft und Technik zu verschwimmen beginnen, d.h.: Die "zwei Kulturen" im Sinne von Charles Percy SNOW (The Two Cultures, 1959) nähern sich an.

In diesem umfassenden Sinn gehört dann unter Weiterführung der Ideen von ZIMMERLI zu **Technologie** immer die Eigenschaft der **Selbstreferentialität**, in dem sich Technologie als auf sich selbst reflektierende Technik erweist. **Technologie** beinhaltet damit stets auch **Technikfolgenabschätzung**, die ihrerseits das Hinzuziehen von Geistes- und Sozialwissenschaften und schließlich auch ethische Reflexion erfordert.

In Anlehnung an Zimmerli läßt sich damit folgende Definition von Technologie versuchen:

Technologie ist ein Hybrid aus Wissenschaft und Technik unter Hinzunahme der Abschätzung von deren Folgen als wesentlichem Bestandteil.

Folgerung:

Von **Technik** wäre zu sprechen, wenn etwa nur die Verfahrens- und Funktionsweisen gemeint sind, die im Sinne von Max WEBER bzw. Martin HEIDEGGER zweckgerichtet "dem Entzaubern der Welt" bzw. dem "Erscheinenlassen von Wahrheit" dienen, (vgl. KOSLOWSKI, S.2 und MAIER, S.17)

von **Technologie** wäre hingegen zu sprechen, wenn die **Technikfolgenabschätzung** im Sinne des "Prinzips Verantwortung" von Hans JONAS davon nicht losgelöst wird.

Bleibt noch zu klären, was denn "Neue Technologien" sind bzw. sein sollen!

Seit der vom Niedersächsischen Kultusministerium veranstalteten Tagung LOCCUM I (1983) gilt folgende begriffliche Festlegung:

Neue Technologien sind die auf der Mikroelektronik basierenden Informations- und Kommunikationstechnologien.

Diese Einschränkung wird immer wieder von Beteiligten und Außenstehenden als unzulässige und willkürliche administrative Einschränkung empfunden, und so wird auf "andere neue Technologien" hingewiesen, wie etwa die *Energietechnologie*, die gentechnisch verfahrenende *Biotechnologie*, die *Lasertechnologie* und die *Raumfahrttechnologie*.

Nun tritt bei diesen Bezeichnungen "Technologie" meist nur anstelle von "Technik" auf, d.h., es geht dann lediglich um die entsprechenden zweckgerichteten Verfahren und nicht um die Hinzunahme der Technikfolgenabschätzung. Mit anderen Worten: Den oben erwähnten Beispielen für "Technologien" fehlt oft der Hybridaspekt gemäß ZIMMERLI, weil sie nicht selbstreferentiell sind, sie mithin nicht auf sich selbst reflektieren. Im Sinne der hier vorgeschlagenen Begriffsbildung müßte es also z.B. "Biotechnik" bzw. "Gentechnik" statt "Biotechnologie" bzw. "Gentechnologie" heißen, es sei denn, in den entsprechenden Aufgabenbereichen würden auch systematische Folgenabschätzung und ethische Reflexion des eigenen Tuns betrieben.

Aber selbst wenn es sich bei den genannten Beispielen wirklich um "Technologien" gemäß dieses Verständnisses handeln würde, so könnte man sie in unserem Kontext nicht als "neue Technologien" bezeichnen, weil das Attribut "neu" nicht abgrenzend gewählt wäre: Da ja die Folgenabschätzung per se etwas gesellschaftlich strukturell Neues darstellt, sind ja Technologien als solche etwas Neues. Was sollten dann wohl "alte Technologien" sein?

Jedoch sind die auf der Mikroelektronik beruhenden *Informationstechnologien* neu in einem ganz besonderen Sinn: Die ihnen zugrunde liegenden Techniken haben über den Mikroprozessor den Computer unserer Zeit hervorgebracht, der nach heutigem Verständnis als "*symbolverarbeitende Universalmaschine*" aufzufassen ist, mithin seine Anwendungsobjekte entgegen dem irrigen Begriff "Computer" nicht etwa nur Zahlen, sondern *Symbole* sind, also Zeichen mit definierter Bedeutung. Damit ist der *Einsatzbereich eines Computers prinzipiell universell*:

Jegliche Ansammlungen von Informationen, die in geeigneter Weise binär verschlüsselt werden können, sind von Computern verarbeitbar. Und zu solchen Informationen gehören nicht etwa nur Zahlen, Formeln und Texte, sondern es können Graphiken sein, ferner beliebige, auch farbige, Bilder und Bildfolgen, schließlich auch akustische Informationen wie gesprochene Sprache, Klänge und komplette Musikstücke. Allerdings darf nicht verkannt werden, daß mit einer derartigen binären Verschlüsselung von nicht bereits digital vorliegenden Informationen ein Verlust an Informationsgehalt einhergeht und mithin eine mehr oder minder starke Verzerrung entsteht. (Die Verarbeitung und

Übertragung derart digital kodierter Informationen ist dann allerdings prinzipiell verzerrungsfrei möglich - im Gegensatz zur Analog-Verarbeitung.)

Diese universellen Verarbeitungsmöglichkeiten heutiger und erst recht künftiger Computergenerationen sind insofern revolutionär und von unabsehbaren Folgen, als hier erstmals nicht wie bei früheren Maschinen mechanische Fähigkeiten des Menschen im anthropologischen Sinn "auslagert" werden, sondern ein neuer Maschinentypus Fähigkeiten übernimmt, die bisher den menschlichen Geistesleistungen zuzurechnen waren. In diesem Sinn wird gewissermaßen - mit aller gebotenen Vorsicht formuliert - "Denkfähigkeit" auf den Computer ausgelagert.

Das begründet die herausragende Stellung der auf der Mikroelektronik beruhenden Informations- (und damit auch der Kommunikations-)technologien und somit ihre "Neuheit". Die Universalität kommt auch in folgender Charakterisierung von ZIMMERLI zum Ausdruck:

Neue Technologien sind die alle Technologien und Wissenschaften durchdringenden Informationstechnologien.

Die Kommunikationstechnologien brauchen hier nicht mehr aufgeführt zu werden, weil sie einerseits ein Teil der Informationstechnologien sind und zum anderen über den Universalitätsaspekt mit erfaßt werden. Auch erweist sich obige Begriffsbildung als offen gegenüber künftigen Weiterentwicklungen der Informationstechnik, etwa dem auf dem "Biochip" beruhenden "Biocomputer" oder dem "Optischen Computer".

2. ERSCHEINUNGSFORMEN DER NEUEN TECHNIKEN

Bereits heute ist diese Mikroelektronik so weit entwickelt, daß auf einem IC ("Integrierter Schaltkreis", in seiner physikalisch-technischen Realisierung auch "Chip" genannt) von Finger-nagelgröße ca. 1 Million Schaltelemente aufgebracht sind, und bis Ende dieses Jahrzehnts wird die Weiterentwicklung dieser Technik das auf ca. 10 Millionen Schaltelemente pro Chip gesteigert haben. Hier reicht zum Erkennen kein normales optisches Mikroskop mehr aus, man benötigt ein Elektronenmikroskop.

Mit Hilfe dieser und abgewandelter Bausteine aus dem Schaffensbereich der Mikroelektronik werden nun all diejenigen Geräte aufgebaut, die wir zu dem großen Bereich der *Neuen Techniken* in dem vereinbarten Sinn zählen wollen.

Folgende Entwicklungen scheinen sich abzuzeichnen, wobei ich nur einige ausgewählte Schwerpunkte nenne, die teilweise schon jetzt realisiert sind:

Informationstechnik:

- Textverarbeitungssysteme werden die Schreibmaschine klassischer Prägung zurückdrängen, und zwar schon jetzt auch im privaten Bereich, indem ein Computer multifunktional verwendet wird,
- Datenbanksysteme ermöglichen in relativ einfacher Form Wissensspeicherung und -einsichtnahme nach individuell wählbaren Kriterien,
- elektronische Rechenblätter (englisch: "spread-sheets") ermöglichen in Form sog. Tabellenkalkulationsprogramme auf dem Bildschirm eines Computers in einfacher und zugleich eleganter Weise die Durchführung tabellarischer Rechenverfahren in zuvor nie gekannter Übersichtlichkeit und Schnelligkeit in Verbindung mit textlicher und z.T. auch graphischer Gestaltung, selbstverständlich mit Ausdruck auf Papier,
- CAD (computer aided design) in Konstruktionsbüros anstelle des bisherigen Zeichenbretts,
- CAE (computer aided engineering): computerunterstützte Produktentwicklung,
- CAT (computer aided testing): Computerunterstützung in allen Phasen des Versuchsbetriebs, z.B. bei Motorprüfständen,
- CNC (computerized numerical control): numerische Steuerung von Werkzeugmaschinen durch einen Computer; wird ein Lochstreifen verwendet, so spricht man nur von NC,
- CAM (computer aided manufacturing): computerunterstützte Produktherstellung,
- Roboter in der industriellen Fertigung (z.B. in der heutigen Autoproduktion anstelle der bisherigen Fließbänder)
- Sprachsynthesizer (z.B. hält der englische Physiker Stephen Hawking, der wegen einer Luftröhrenoperation nicht mehr sprechen kann, mit Hilfe eines derartigen Computers seine Vorlesungen ab!)

und gerade in der Entwicklung begriffen aus dem Bereich der sog. "künstlichen Intelligenz" :

- automatische Spracherkennung (Schreibmaschine ohne Tastatur),
- Lesegerät für Blinde,
- automatischer Sprachübersetzer (Rohübersetzungen werden bereits heute häufig von Computern durchgeführt und anschließend von Hand "geglättet"),
- Mustererkennung (Bildverstehen),
- Expertensysteme (wissensbasierte Systeme).

Bei aller Euphorie, die das Thema "Künstliche Intelligenz" begleitet, ist bisher aber durchaus Skepsis geboten, denn die ehrgeizigen Ziele haben sich bisher als schwer erreichbar erwiesen. Man denke etwa nur an die dem Menschen eigene Fähigkeit des "Sprechdenkens", bei dem der Mensch also während des Redens allmählich seine Gedanken verfertigt (vgl. MAIER, S.23). Ein mit künstlicher Intelligenz ausgestatteter Computer müßte Derartiges auch können ...

Kommunikationstechnik:

Die Voraussagen sind hier besonders schwer, weil in einigen Jahren ein völlig anderer Kommunikationsbedarf vorliegen kann:

- Individualkommunikation (Telefon):
Diese Technik hat sich in den letzten 100 Jahren nicht wesentlich geändert, durch den geplanten Übergang zur Digitalisierung (gegen Ende dieses Jahrzehnts?) wird jedoch das Telefonieren für den einzelnen erheblich komfortabler.

Das Bildschirmtextsystem Btx kann dadurch einen entscheidenden Schub bekommen, weil der bisherige Nachteil, nämlich der sehr langsame Aufbau eines Bildes, dann nicht mehr vorhanden sein wird (Anwendungen z.B.: elektronisches Telefonbuch; Home-Banking; Mailbox, d.h. elektronische Briefübermittlung).

- Massenkommunikation (Funk/Fernsehen, die bisher im wesentlichen noch zur Masseninformation zu zählen sind):
Der Ausbau des Kabelnetzes in Glasfasertechnik wird ein neues Fernsehsystem ermöglichen. Der Fernsehempfang wird dann durch ein breiteres Bild gekennzeichnet sein, das absolut scharf und flimmerfrei sein wird, ja sogar Großprojektion in Kinoqualität ermöglichen wird. Später wird auch dreidimensionales Fernsehen zuhause möglich sein.

Die medialen Wirkungen auf Individuum und Gesellschaft sind <u>kaum vorhersagbar</u> !
--

- Breitbandkommunikationsnetz:

Bei hinreichendem Ausbau des Glasfaser-Kabelnetzes wird eine Zusammenfassung aller bisherigen Informations- und Kommunikationstechniken in einem einzigen Netz möglich sein ("Kommunikationssteckdose"):

Telefon, Telefax, Fernsehen, Rundfunk

Dieser Ausbau soll in den nächsten 20 Jahren bis hin zum Bildtelefon erfolgen.

Anwendungsmöglichkeit der Kommunikationstechnik:

Neben den bisherigen klassischen Bibliotheken wird dann Wissen in Datenbanken gespeichert werden können, die es mit Hilfe dieses Kommunikationsnetzes erlauben, daß ein Interessent jederzeit über sein Datensichtgerät (Bildschirm mit Tastatur) am Arbeitsplatz oder zuhause das von ihm benötigte Wissen abrufen, das über einen Drucker für ihn auch auf Papier fixierbar ist.

Dieses abrufbare Wissen besteht aber nicht nur etwa aus Texten und Zahlenkolonnen, sondern - wie bereits erwähnt - jegliche Informationen, die binär verschlüsselt werden können, sind in solchen Datenbanken speicherbar und damit abrufbar. Dazu gehören dann auch Bilder, Graphiken, Musikaufnahmen und Filme.

3. GESELLSCHAFTLICHE AUSWIRKUNGEN DER NEUEN TECHNIKEN

Die Mikroelektronik wird in ihrer Bedeutung vielfach in prognostischer Betrachtungsweise als so fundamental und systemverändernd gesehen, daß man in diesem Zusammenhang von der "postindustriellen Revolution" oder auch von der "Dritten industriellen Revolution" spricht, anders formuliert:

Die Erfindung der Mikroelektronik gilt als säkulares Ereignis (also ein Ereignis von Jahrhundertbedeutung), d.h. sie ist eine Schlüsseltechnik, die einen Paradigmenwechsel ausgelöst hat.

Weitere Kennzeichnungen bringen zum Ausdruck, daß wir uns auf der Schwelle zum Übergang in ein neues Zeitalter oder in eine neue Gesellschaft befinden. Je nach eigenem Standort sagt man dann:

Übergang von der Industriegesellschaft zur Informationsgesellschaft

Übergang zum Siliziumzeitalter

Übergang vom wissenschaftlich-technischen zum technologischen Zeitalter

Übergang von der Moderne zur Postmoderne, oder gemäß KOSLOWSKI genauer: zur Postmodernen Kultur

ZIMMERLIs Hybridaspekt von Technologie kann man gemäß Hans MAIER (S.20) auch in anderer Weise durch

technologische Synergetik

kennzeichnen (also ein Zusammenwirken der technologischen Kräfte), und diese erzwingt dann ein

systemtheoretisches, interdisziplinäres Denken.

Nach MAIER (S.20) lassen sich die Auswirkungen dieser Schlüsseltechnik in drei zentralen Punkten zusammenfassen:

- | |
|---|
| 1. Abbau körperlicher Arbeit
durch computergesteuerte Produktionsverfahren; |
| 2. Vernetzung
in der Koordination menschlicher Tätigkeiten
und Organisationen durch Büroautomation; |
| 3. Veränderung des Wissens
durch neue Informations- und Kommunikations-
techniken mit ungeahnten Chancen, aber auch
der Gefahr der Informationsüberflutung und
Orientierungslosigkeit oder der Zweiteilung
der Gesellschaft in Wissende und Unwissende. |

Kritiker befürchten in diesen Neuen Techniken eine sog. "psychohygienische Bedrohung" in Form des technikzentrierten Menschen, der als Gegenbild der Reformpädagogik zu sehen sei (VOLPERT, in LOCCUM III). Andererseits zeigen Erfahrungen aus der Praxis, daß die Anwender von Computersystemen, so z.B. Konstrukteure mit CAD-Systemen, mit Hilfe der sich daraus ergebenden Möglichkeiten kreativer sind als früher (am Zeichenbrett).

Fachleute für Bibliotheken erwarten sogar, daß die Menschen auf die Herausforderung durch die Neuen Techniken verstärkt zum Buch greifen würden. Selbst Computerspezialisten würden ja ein Buch zur Hand nehmen, wenn sie sich informieren wollten, was die Bedeutung gedruckter Texte unterstreiche. Auch besteht die Ansicht, daß die historischen Welten nicht durch Computer vermittelbar seien und daß die Geisteswissenschaften mit der Modernisierung der Welt immer unentbehrlicher würden (RAABE, in LOCCUM III), was im Einklang mit der Auffassung ZIMMERLIS von Technologie steht.

Mit Aufmerksamkeit muß man aber den möglichen Auswirkungen der Neuen Techniken auf verändertes Kommunikationsverhalten entgegensehen:

Jede Kultur lebt von Kommunikation. Die Neuen Techniken tragen zur Mediatisierung der Kommunikation bei, und das ist ein ungeheurer Vorgang, der in seinen gesellschaftlichen Auswirkungen nicht abzuschätzen ist.

Beispielsweise war die Erfindung des Buchdrucks nicht nur ein Segen, denn es ging die Tugend der mündlichen Überlieferung verloren. Auch bei den künftigen bzw. ansatzweise schon jetzt vorhandenen Datenbanken besteht durchaus die Möglichkeit eines kulturellen Verlustes (von RANDOW, in "LOCCUM III").

Entsprechendes ist durch die Telekommunikation zu befürchten, die eine räumliche Entkoppelung von Arbeitsverrichtungen zur Folge haben wird (MAIER, S.20).

Im Kontrast zur bereits seit mehreren Jahren abnehmenden Fähigkeit zur verbalen Kommunikation wird im Berufsalltag mehr Sach- und Handlungskompetenz, mehr Kreativität und mehr Kooperationsbereitschaft erwartet, und das trotz - oder gerade wegen - vehement steigenden Einsatzes der Neuen Techniken am Arbeitsplatz. Die mit der Telekommunikation durch die Vernetzung der Arbeitsplätze eintretende Dezentralisierung von Arbeitszusammenhängen wird weiterhin einen Abbau der Hierarchisierung von Arbeitsstrukturen zur Folge haben.

Und in welchem Ausmaß wird der Berufstätige vom Umgang mit Neuen Techniken betroffen sein?

Vorausberechnungen, u.a. der Gesellschaft für Informatik aus dem Jahre 1984, lassen erwarten, daß im Jahre 1990 ca. 16 Millionen Arbeitnehmer in der Bundesrepublik Deutschland (also ca. 70 %) berufsmäßig mit den Neuen Techniken befaßt sein werden, davon:

- 1 Million Kernberufe
(Spezialisten, von der Hochschule)
- 3,4 Millionen Mischberufe
(gute Datenverarbeitungs-Kenntnisse, von berufsbildenden Schulen, Realschulen und Gymnasien)
- 11,6 Millionen sonstige Berufe
(Datenverarbeitungs-Kenntnisse in geringerem Umfang)

Hinzu kommt, daß die meisten Menschen in Zukunft über die Individual- bzw. Massenkommunikationsmittel in irgendeiner Form mit den Neuen Techniken zu tun haben werden - d.h. am Arbeitsplatz oder in der Freizeit, gewollt oder ungewollt.

Der Mensch sollte also nicht erst durch die Technik gebildet werden, sondern er *sollte als Gebildeter die Technik gestalten* (MAIER, S.24). Insbesondere darf die Technik nicht Selbstzweck sein, sondern sie muß stets Mittel zu Zwecken sein, womit wir wieder bei ARISTOTELES sind.

Zugleich kommen wir damit zur

4. ALLGEMEINBILDUNGSRELEVANZ DER NEUEN TECHNOLOGIEN

Für das Weitere setze ich Zustimmung dahingehend voraus, daß eine wichtige Aufgabe der allgemeinbildenden Schulen darin besteht, Schülerinnen und Schüler auf die Bewältigung und Gestaltung zukünftiger Lebenssituationen vorzubereiten, indem diese zum Erwerb von Urteils- und Handlungskompetenz befähigt werden.

Hans MAIER charakterisiert noch kürzer (S.28):

Allgemeinbildung leistet dem einzelnen in der sich wandelnden Welt einen unentbehrlichen Dienst: Sie bietet Orientierung.

Bezüglich solcher künftiger Situationen und der dafür erforderlichen Orientierung müssen wir wohl davon ausgehen, daß die Neuen Techniken mit all den nicht zu überblickenden humanen Folgen ein Teil unserer Lebenswirklichkeit werden, und zwar unabhängig davon, ob wir es wollen oder nicht wollen. Damit haben aber Pädagogen, Erziehungswissenschaftler und Fachdidaktiker, schließlich aber auch Bildungsplaner die Verpflichtung, sich dieser Herausforderung zu stellen; d.h., es müssen Bildungskonzepte entworfen werden, die das Feld der Informations- und Kommunikationstechnologien in geeigneter Weise im Schulcurriculum aller Schüler berücksichtigen, also nicht etwa nur in der Form zusätzlichen Spezialwissens eines Informatikunterrichts für wenige.

Hinsichtlich dieser Aufgabe formulierte bereits 1983 OSCHATZ (S.201):

Pädagogisches Ziel der Beschäftigung mit Neuen Technologien in der Schule ist es, daß Schüler neben Kenntnissen und Fertigkeiten auch die Haltungen und Einstellungen erwerben, die erforderlich sind, um sich später mit und gegenüber Neuen Technologien behaupten zu können.

Es kommt darauf an, daß sich alle Schüler grundlegend mit den Neuen Technologien befassen und auseinandersetzen können ... Die Thematisierung Neuer Technologien in der Schule bedeutet nicht die "Computerisierung" des Unterrichts oder die Umstellung des Unterrichts auf maschinelle Bildungsvermittlung. Ein besonderes Unterrichtsfach wie etwa "Neue Technologien" oder "Computerunterricht" ist entbehrlich.

Es kann also bei dem zu entwickelnden Bildungskonzept *nicht vordergründig um den Einsatz des Computers im Unterricht zur Verbesserung der Lernsituation und des Lernerfolgs* gehen - das gehört in den Bereich methodischer Fragen der jeweiligen Fachdidaktik -, vielmehr muß ein solches Bildungskonzept das Anliegen verfolgen, die jungen Menschen in geeigneter Weise mit dem Problemfeld "Neue Technologien" als einem gesellschaftlich relevanten Phänomen vertraut zu machen und ihnen damit ein Stück Lebenshilfe zu geben, indem man versucht, sie in die Lage zu versetzen, Chancen und Risiken dieser Techniken begründet abschätzen zu können, ihnen somit *technologische Erkenntnis* zu ermöglichen.

Für die allgemeinbildende Schule stellt sich daher die *Aufgabe*, eine

informations- und kommunikationstechnologische Bildung

als Teil oder Erweiterung der *Allgemeinbildung* inhaltlich zu konzipieren. Sowohl eine "informationstechnische Bildung" als auch eine "Computerbildung" wären nach dieser Auffassung dem allgemeinbildenden Anspruch nicht angemessen.

Zwar ist die Begriffswahl "informations- und kommunikationstechnologische Bildung" zugegebenermaßen nicht glücklich, impliziert sie doch einen - nicht beabsichtigten - Begriff von "Teilbildung". Jedoch ist dieser Begriff vielmehr als Arbeitsauftrag zu verstehen, um geeignete Unterrichtskonzepte zu entwickeln. Damit wird er dann eines Tages von selbst entbehrlich.

Bleibt als Problem noch das sprachliche Ungetüm "informations- und kommunikationstechnologische Bildung"! Eine Ersetzung durch das kürzere "informationstechnische Bildung" verbietet sich nach obigen Ausführungen, stattdessen könnte man auch treffend

technologische Bildung

sagen. Diese Bezeichnung ist allerdings noch gewöhnungsbedürftig und noch nicht konsensfähig. Immerhin bringt diese schlichte Formulierung unter Berücksichtigung des hier dargestellten Verständnisses von "Technologie" voll zum Ausdruck, daß in der Schule technologische Themen keinesfalls in nur einem oder wenigen "Leitfächern" adäquat behandelt werden können, sondern daß - gewissermaßen als *verkleinertes Abbild der technologischen Wirklichkeit* - die Lehrer nahezu aller Fächer aufgefordert sind, hieran *integrativ* in fachspezifischer, aber offener Weise mitzuarbeiten (vgl. BEHRENS et al.). Ein einzelnes Unterrichtsfach, insbesondere auch das inhaltsneutrale Fach Informatik, wäre damit überfordert, wollte man ausschließlich ihm diese Aufgabe - nämlich die thematische Behandlung der Neuen Technologien in der Schule - übertragen.

5. ZUR HUMANEN DIMENSION DER COMPUTER IN DER SCHULE

Ich komme hier zunächst auf das Faktum des Vorhandenseins der Computer in der Schule zurück, schränke hier also vorübergehend den Gegenstandsbereich "Neue Techniken" bewußt auf Computer ein und zitiere den Mathematikdidaktiker Heinrich BAUERSFELD:

Jede technische Revolution macht etwas möglich, was vorher so nicht machbar war. Also, so sollte man meinen, hätte der Einsatz von Computern als erstes ein Nachdenken über die bisherigen gravierenden Lernprobleme in der Schule und deren mögliche Behebung durch Computernutzung auslösen müssen. Das trifft jedoch nur für einige sehr eindeutige Schwierigkeiten in der Behindertenpädagogik zu. Dort feiert die neue Technologie berechnete Triumphe ...

Im normalen Klassenzimmer sieht das anders aus. Die zur Zeit verfügbaren Programme enthalten bekannte Aufgaben, die wegen ihrer Computereignung ausgewählt wurden, und nicht etwa neue Einsätze, die auf zähe, alte Schwierigkeiten zielen. Das neue System paßt sich die Wirklichkeit an, aber nicht sich der. So muß man befürchten, daß die neue Technologie (Anm.: gemeint ist hier "Technik") eher die Fehler bisheriger Didaktik multipliziert und dabei noch neue hinzufügt.

Die relative Anpassung an ein neues Medium wäre nicht weiter bedenklich, ginge es wie beim Sprachlabor, dem programmierten Unterricht oder dem Mengenkalkül um fast spurlos vorübergehende Moden (wenn man von den Investitionsruinen absieht). Mit dem Computer aber verbindet sich eine wirtschaftliche und eine informationstechnische Revolution. Über lange Jahre hinweg verlief die Entwicklung eher verdeckt und wenig spekulativ. Erst mit der Allgegenwärtigkeit der Mikroprozessoren in Beruf und Alltag ist der Druck auf die Schule vehement gewachsen, bis in die Grundschule hinein.

Erst die günstige Kostenentwicklung hat ja den Einzug des Fachs Informatik in die gymnasiale Oberstufe ermöglicht, wenngleich erste Ansätze dazu schon Ende der sechziger Jahre gemacht wurden.

In diesem Fach erlernen die Schüler u.a. Algorithmik und das Programmieren des Computers in einer höheren Programmiersprache. Aber der Slogan "Wenn wir uns nicht programmieren lassen wollen, dann müssen wir selbst das Programmieren lernen" stimmt schon nicht mehr angesichts der derzeitigen Entwicklung immer komfortablerer sog. "Standardprogramme", das sind "Werkzeuge", in die auch Anfänger gleichsam stolperfrei eingesogen und dabei eingeübt werden. Schon jetzt gilt die Programmiersprachenwahl (BASIC oder PASCAL oder LOGO oder ... ?) als sekundär, und in wenigen Jahren werden die meisten Benutzer überhaupt keine Programmiersprache mehr brauchen.

Im gleichen Sinn hat gemäß BAUERSFELD die Firma Apple vor einigen Jahren in amerikanischen Anzeigen geworben:

"Als 1876 Tausende von Menschen das Morsen lernten, wußten sie nicht, daß kurze Zeit später das Telefon erfunden werden würde. Sollten Sie heute noch eine Computersprache lernen, machen Sie denselben Fehler."

Hierzu BAUERSFELD:

Offenbar steht es mit dem Programmieren als Arbeit wie mit anderen hochspezialisierten Tätigkeiten in unserer Gesellschaft auch: Man braucht immer weniger Leute, die immer mehr können, und zugleich immer mehr, die immer weniger können müssen - und einen Überblick sollen alle haben. Aber weder das Zahlenverhältnis von Experten zu Laien-Benutzern noch die verfügbaren Systemdaten bieten verlässliche Vorgaben für die Gestaltung des allgemeinbildenden Unterrichts. Die bisherigen Antwortversuche - "computer literacy", "Bürgerinformatik", "Grundkurs Informatik" usw. - sind höchst unsicher und einseitig technologisch (Anm.: gemeint ist in dem hier verwendeten Sinn "technisch") orientiert, weil sie ohne Einsicht in die humanen Folgen formuliert worden sind. Denn man kann inzwischen zwar Hunderte von Forschungsarbeiten über die ... kognitiven Voraussetzungen und Effekte des Programmierenlernens ... und über andere Anpassungsprobleme lesen, aber so gut wie keine empirische Studie zu den humanen Folgewirkungen, d.h. zu den Wandlungen von Vorstellungen, Denken und Entwerfen, von Werten und Weltbild, von Lernen und Lehren (und ich füge hinzu: von Sprechen) ...

... Wie aber mögen erst die Folgen computerisierten Lernens aussehen, wenn das System sich die Benutzer anpaßt, anstatt bei konstruktivem Ausspielen seiner großen Möglichkeiten so vorprogrammiert zu werden, daß es dem Benutzer in der Totalität seines Lernprozesses dienen kann?

Hier wird deutlich, daß die Verantwortlichen sich diesen Problemen zu stellen haben und sich nicht verweigern dürfen.

BAUERSFELD schreibt hierzu, ohne eigennützig für seine Disziplin, die Mathematikdidaktik, zu reklamieren:

Was uns als zeitsparende, Lernen und Lehren verändernde Technologie (Anm.: wir müßten hier "Technik" sagen) verheißen wird, erweist sich als massive Herausforderung für die Fachdidaktiken. Es sollte deutlich sein, daß ein additives Einzelfach "Informatik" diese Aufgabe nicht stellvertretend für die übrigen Schulfächer leisten kann. ... Die Informatik als Schulfach würde sich verheben, wollte sie diese Integration der neuen Technologien in alle Unterrichtsfächer allein oder auch nur stellvertretend leisten."

6. DIE NOTWENDIGKEIT ZUR ENTWICKLUNG GEEIGNETER BILDUNGSKONZEPTE

In der bisherigen Darstellung war ich bemüht, Sachinformationen zu liefern, verbunden mit der Nennung ausgewählter Meinungen. So ist wohl deutlich geworden, in welcher tiefgreifender und umfassender Weise die neuen Informations- und Kommunikationstechniken, und zwar nicht nur in der speziellen Erscheinungsform des Computers, in Zukunft das Berufsleben, aber durchaus auch den sogenannten Freizeitbereich und die Schule beeinflussen werden.

Sollte das dann wirklich so sein mit all den noch nicht zu überblickenden humanen Folgen, dann dürfen die heranwachsenden Generationen damit nicht alleine gelassen zu werden.

Mithin müssen Bildungskonzepte entworfen werden, die die Informations- und Kommunikationstechnologien in geeigneter Weise im Schulcurriculum berücksichtigen, und zwar nicht etwa nur in der Form zusätzlichen Spezialwissens eines Informatikunterrichts für wenige, sondern es ist vor allem die humane Dimension zu berücksichtigen.

Im Dezember 1984 hat die Bund-Länder-Kommission in diesem Sinn ein Rahmenkonzept mit dem Titel "informationstechnische Bildung in Schule und Ausbildung" verabschiedet, und zwar als Teil eines Gesamtkonzepts, das auch den Hochschulbereich umfassen soll. Das BLK-Rahmenkonzept unterscheidet drei Formen der dort so genannten "informationstechnischen Bildung":

- informationstechnische Grundbildung für alle Schüler
- vertiefende informationstechnische Bildung in Form der Informatik
- berufsbezogene informationstechnische Bildung

Für unser Thema ist nur die dort so genannte "informationstechnische Grundbildung" von Interesse, weil diese für die allgemeinbildenden Schulen etwas Neues darstellt.

Viele Bundesländer beteiligen sich derzeit mit Modellversuchen an der Realisierung dieses Rahmenkonzepts, allerdings mit unterschiedlichen Konzeptionen und Schwerpunkten. So wird teilweise das Konzept eines "Leitfachs" gewählt (z.B. Mathematik oder Informatik), wobei diesem Fach dann die Aufgabe übertragen wird, wesentliche - noch näher zu spezifizierende - Inhalte dieser "informationstechnischen Grundbildung" innerhalb des Unterrichts zu vermitteln. Es wird aber von Fachleuten bezweifelt, ob ein Fach allein die vielfältigen Aspekte des gesamten Problemfeldes auszuloten und damit das Nötige zu leisten vermag (z.B. BAUERSFELD), und der Hybrid-Aspekt von Technologie bzw. die technologische Synergetik schließen Derartiges geradezu aus.

7. DIE NIEDERSÄCHSISCHE KONZEPTION

Die dem niedersächsischen Vorhaben "Neue Technologien und Schule" zugrunde liegende Konzeption steht im Einklang mit den bisherigen Ausführungen. Jedoch wurde anstelle des im BLK-Rahmenkonzepts benutzten Begriffs "informationstechnische Grundbildung" die umfassendere Bezeichnung "informations- und kommunikationstechnologische Bildung" gewählt. In Anlehnung an das BLK-Rahmenkonzept sind dann folgende sieben *Aufgaben dieser informations- und kommunikationstechnologischen Bildung* formuliert:

- das Aufarbeiten und Einordnen der Erfahrungen, die Schülerinnen und Schüler in ihrer Umwelt mit Informations- und Kommunikationstechniken machen,
- das Erkennen von Grundstrukturen der Informations- und Kommunikationstechniken,
- das Einüben von einfachen Anwendungen der Informations- und Kommunikationstechniken,
- das Erwerben von Kenntnissen über die Einsatzmöglichkeiten und -grenzen sowie über die Kontrolle der Informations- und Kommunikationstechniken,
- das Beurteilen der Chancen und Risiken der Informations- und Kommunikationstechniken,
- das Erwerben von Kriterien zum eigenständigen Beurteilen und Handeln in allen Lebenssituationen, in denen die Informations- und Kommunikationstechniken eine bedeutsame Rolle spielen, und damit
- das Aufbauen eines rationalen Verhältnisses zu den Informations- und Kommunikationstechniken.

Ich fasse daher zunächst im Sinne der eingangs genannten Mißverständnisse zusammen:

Was ist beim Niedersächsischen Vorhaben
Neue Technologien und Schule
beabsichtigt?

Neue Technologien =

Informations- und Kommunikationstechnologien, die
(derzeit) auf der Mikroelektronik beruhen

Neue Technologien umfassen mehr als nur den Computer

Neue Technologien und Schule =

**informations- und kommunikationstechnologische Bildung
als Erweiterung der Allgemeinbildung**

niedersächsischer Ansatz (= integrativer Ansatz) =

Realisierung dieser angestrebten informations- und kommunikationstechnologischen Bildung nach dem Grundsatz:

**Jedes Fach kann prinzipiell einen spezifischen Beitrag
zur informations- und kommunikationstechnologischen
Bildung leisten,**

jedoch NICHT: alle Fächer gleiche Beiträge !

Die Kennzeichnung "integrativ" wird im Vorhaben "Neue Technologien und Schule" nicht mehr verwendet, weil sie sich als besonders mißverständlich herausgestellt hat.

Primär soll die Auseinandersetzung mit den Neuen Technologien im Unterricht damit derart erfolgen, daß diese als

und

Lerninhalt

Reflexionsgegenstand

behandelt werden sollen.

Erst sekundär sollen die Informations- und Kommunikationstechniken im Unterricht auch als

und

Werkzeug

Medium

eingesetzt werden.

Mithin ist die oft anzutreffende Vision vom "Computerunterricht in allen Fächern" vom Konzept her nicht beabsichtigt und als ein Mißverständnis zurückzuweisen. Wohl aber ist klar, daß ein umfassendes Verständnis der Neuen Technologien nicht ohne eine entsprechende Handhabung von Geräten möglich ist, was somit eine Ausstattung der Schulen u.a. mit Computern und Software erfordert.

Es gilt nun, akzeptable Unterrichtskonzepte zur Realisierung dieser informations- und kommunikationstechnologischen Bildung zu entwickeln.

Das Niedersächsische Kultusministerium hat zu diesem Zweck im Rahmen eines Modellversuchs "Entwicklung von Materialien und Handreichungen für Lehrer zur thematischen Behandlung von Neuen Technologien und ihren Anwendungen im Unterricht der allgemeinbildenden Schulen" für die meisten Fächer Kommissionen aus Lehrkräften gebildet, die exemplarische Unterrichtskonzepte und -materialien erarbeiten sollen, um damit einen *Anstoß* (!) zur Problemlösung zu liefern. Diese Kommissionen sind seit Sommer 1984 bzw. Sommer 1985 tätig, und sie werden vom Niedersächsischen Landesinstitut für Lehrerfortbildung, Lehrerweiterbildung und Unterrichtsforschung in Hildesheim (NLI) bei Ihrer Arbeit betreut und von Fachdidaktikern aus Hochschulen beraten.

Es handelt sich um folgende

Kommissionen:

Neue Technologien und das Fach ...
... Arbeit/Wirtschaft (Arbeitslehre)
... Biologie
... Chemie
... Erdkunde
... Deutsch
... Englisch
... Gemeinschaftskunde
... Hauswirtschaft
... Kunst
... Mathematik
... Musik
... Physik
... Sozialkunde
... Technik

Ferner gibt es noch die Kommissionen:

Neue Technologien und Informatikanwendungen
Neue Technologien und Medienerziehung

Bis auf Gemeinschaftskunde und Hauswirtschaft sind mittlerweile zu allen o.g. Fächern und zu Medienerziehung die Materialien von den Kommissionen entwickelt und vom Kultusministerium als "Erprobungsfassungen" herausgegeben worden. Diese Materialien stehen den niedersächsischen Schulen zur Erprobung zur Verfügung, z.T. gehört dazu auch begleitende Software.

Von Anfang an war man sich im Kultusministerium bewußt, daß diese Kommissionsarbeit nur ein Anstoß sein kann, weil ja kein Rückgriff auf fachdidaktische Forschungsergebnisse gemacht werden konnte und mithin nur Pionierarbeit durch Entwickeln von Unterrichtsbeispielen exemplarischen Charakters zu leisten war.

Deshalb wurde dieser "1.Modellversuch" ergänzt durch einen zweiten, dessen Zielsetzung darin besteht, ein **"Rahmenkonzept zur Behandlung der Neuen Technologien im Unterricht der allgemeinbildenden Schulen"** zu entwickeln. Dieses muß man sich vorstellen als eine rahmenrichtlinienähnliche Sammlung von Themen und Inhalten, die auf Schulformen, Jahrgangsstufen und Fächer verteilt werden. Weiterhin werden für dieses Rahmenkonzept "allgemeine Ziele" und "Beiträge der Fächer" entwickelt und in ihm entsprechend ausgewiesen.

Auch dieser Modellversuch wird vom NLI in Hildesheim durchgeführt und betreut. Anders als beim ersten Modellversuch wurden hier aber keine Kommissionen gebildet, sondern vielmehr wurden in ganz Niedersachsen 10 Versuchsschulen ausgewählt, und zwar 2 Orientierungsstufen, 2 Hauptschulen, 2 Realschulen, 2 Gymnasien, 1 Integrierte Gesamtschule und 1 Kooperative Gesamtschule.

Das NLI entwickelt und erprobt das gesuchte Rahmenkonzept gemeinsam mit diesen Versuchsschulen. Mit Beginn des Schuljahrs 1988/89 erfolgt eine Erprobung der bisherigen Konzeption über vier Jahre hinweg, und im Schuljahr 1992/93 soll eine Revision dieses Rahmenkonzepts erfolgen, das dann für die Fortschreibung der RRL zur Verfügung steht. Bedenkt man, daß die ersten entscheidenden Planungsschritte zu dem Vorhaben "Neue Technologien und Schule" bereits im Jahre 1983 gemacht wurden, so ergibt sich ein **Entwicklungszeitraum von 10 Jahren** für dieses Bildungskonzept! Von überstürzter Planung kann damit wahrlich nicht die Rede sein.

In dem Schuljahr 1988/89 erfolgt parallel zur Erprobung des Rahmenkonzepts eine Revision der Materialien und Handreichungen, bei der die bisher im Vorhaben "Neue Technologien und Schule" gewonnenen Erkenntnisse eingebracht werden. Von Herbst 1989 bis Frühjahr 1990 sollen dann die revidierten Fassungen zu allen vorhin genannten Fächern erscheinen.

Die im Laufe dieses Schuljahres gemachten Erfahrungen der Versuchsschulen werden zu einer vorläufigen Revision des Rahmenkonzepts führen. Das Kultusministerium wird dann interessierten Schulen die Möglichkeit bieten, sich freiwillig und parallel zu den ausgewählten Versuchsschulen an einer Erprobung dieses Rahmenkonzepts zu beteiligen.

Zwei weitere Modellversuche seien genannt. In Ihnen werden spezielle Fragestellungen vertiefend behandelt, und die Ergebnisse sollen in das Rahmenkonzept zur Behandlung der Neuen Technologien eingebunden werden:

- "Mädchen und Neue Technologien"

Die besondere Einstellung von Mädchen zu dieser Thematik soll untersucht werden.

- "Ethik und Neue Technologien"

Der Technologieaspekt "Folgenabschätzung" im Zusammenhang mit ethischer Reflexion soll hier durch Entwicklung entsprechender Unterrichtsbeispiele herausgearbeitet werden.

Neben der Entwicklung von Konzepten und Materialien müssen die Lehrerinnen und Lehrer aber auch auf die angemessene Behandlung dieses Themenkomplexes im Unterricht vorbereitet werden. Deshalb ist die Lehrerfortbildung der *zweite große Aufgabenbereich* im Vorhaben "Neue Technologien und Schule". Zugleich dienen die bei den Fortbildungskursen gewonnenen Erfahrungen der Revision der inhaltlichen Konzepte, so daß die Lehrerschaft insgesamt in den Entwicklungsprozeß einbezogen wird.

Da für die Schülerinnen und Schüler zum Kennenlernen der Neuen Techniken mit ihren Anwendungen und Auswirkungen aber auch der konkrete Umgang mit solchen Techniken erforderlich ist, müssen die Schulen mit Rechnern und Programmen für den Unterricht ausgestattet werden. Das Land Niedersachsen fördert deshalb in den Jahren 1986 bis 1989 die Ausstattung der Schulen mit Rechnern, und das NLI fördert die Entwicklung unterrichtsgerechter Software.

Diese drei wesentlichen Aufgaben

- | |
|---|
| - Entwicklung von inhaltlichen Konzepten, |
| - Lehrerfortbildung und |
| - Ausstattung der Schulen mit Rechnern und Programmen |

können nicht zeitlich aufeinanderfolgen, sondern müssen verschränkt werden, weil sie sich im Prinzip gegenseitig voraussetzen.

Dieses erfordert Geduld und Einsicht bei allen Beteiligten. Das sollte aber aufgebracht werden können, wenn die Bedeutsamkeit dieses Bildungsvorhabens erkannt wird.

8. MATHEMATIKUNTERRICHT UND COMPUTER

Aufgabe der Mathematikkommission des ersten Modellversuchs (s.o.) war es, aus mathematikdidaktischer Sicht einen Beitrag zur Realisierung dieser informations- und kommunikationstechnologischen Bildung zu entwickeln. Das heißt, daß mathematisch relevante Aspekte der Neuen Technologien Lerninhalt des Mathematikunterrichts werden sollen, verbunden mit dem Einsatz des Computers als Werkzeug und Medium, sofern dieses der informations- und kommunikationstechnologischen Bildung dient.

All dieses betrifft aber im Sinne der Einleitung nur die pädagogische Verpflichtung zu einer angemessenen thematischen Behandlung der Neuen Technologien im Rahmen des niedersächsischen Ansatzes, was dadurch zu einer entsprechenden Akzentuierung von Mathematikunterricht führen wird. Der zur Zeit in der Revision befindliche Materialienband für Mathematik wird hierzu exemplarische Anregungen enthalten.

Eine andere Perspektive der Veränderung von Mathematikunterricht ergibt sich weiterhin, wenn man die Auswirkungen des Computers auf Mathematik als Wissenschaft untersucht. Denn stets haben in der Entwicklung der Mathematik die jeweiligen Werkzeuge Einfluß auf die mathematischen Konzepte gehabt, so z.B. Zirkel und Lineal in der Geometrie. Die Auswirkungen des Computers auf Methoden der mathematischen Forschung sind nur schwer abschätzbar, wohl aber erkennbar.

FISCHER und MALLE gehen in ihrem Buch "Mensch und Mathematik" darauf ein, und ich möchte dieses zum Gegenstand meines letzten Vortragsteils machen.

»Computer und Darstellung

Der Computer hat mit Darstellung zumindest in dreifacher Hinsicht zu tun:

- er ist eine Darstellung von (Teilen der) Mathematik;
- er erfordert bestimmte Darstellungsformen (z.B. Programmiersprachen);
- er liefert bestimmte Darstellungen (Ausdrucke, Bilder am Schirm).

Der Computer als Darstellung von Mathematik geht über graphische Darstellungen insofern hinaus, als er in der Lage ist, auch jenes regelhafte Operieren durchzuführen, das bei den schriftlichen Darstellungen den Menschen vorbehalten ist, und zwar mit hoher Geschwindigkeit und in vielfältigen Kombinationen. Infolge strikter Ursache-Wirkungs-Beziehungen an der unbelebten Natur (in Kristallen) können die Operationen "materialisiert" werden.

Der Computer erfordert bestimmte Darstellungen und ist dabei recht pedantisch. Man darf nicht so großzügig sein bei der Kommunikation mit Maschinen, wie man das beim Umgang mit Menschen sein kann - selbst wenn Mathematik der Gegenstand ist.

...
Anderung der zugelassenen Darstellungsform

Was Lösung eines (mathematischen) Problems ist, hängt weitgehend von den zugelassenen Darstellungsformen ab. Da durch den Computer neue Darstellungsformen in die Mathematik Eingang gefunden haben, ändern sich damit diesbezügliche Sichtweisen der Mathematik grundlegend. Dazu einige Beispiele.

...«

Eine reelle algebraische Gleichung 5. Grades hat stets eine größte, eindeutige Wurzel, obwohl wir seit GALOIS wissen, daß es kein allgemeines Verfahren zu ihrer exakten Ermittlung gibt.

Aber was heißt hier schon "exakt" ?

Nehmen wir etwa $x^5 - 3x^2 + 7x - 1 = 0$.

Ganzzahlige Lösungen existieren nicht (Teiler von 1) und damit auch keine rationalen. Die größte existierende Lösung ist damit irrational, andererseits eindeutig durch die Koeffizienten

1, 0, 0, -3, 7, -1

bestimmt.

Was spricht also dagegen, die entsprechende "Lösung" unter Hinzufügung des Grades mit

$$\sqrt[5]{(1, 0, 0, -3, 7, -1)}$$

zu bezeichnen? Das ist zwar ungebräuchlich, letztlich aber nicht von anderer Qualität als

$$\sqrt{2} .$$

Letzteres Symbol ist wohl kaum aussagekräftiger als obige "fünfte Wurzel", und den Dezimalwert müssen wir auch hier approximieren. Allerdings - seit den Babyloniern besitzen wir bereits Verfahren zur Approximation von Quadratwurzeln, und daher ist die Quadratwurzelschreibweise für uns hilfreich. Gebilde solcher "fünften Wurzeln" sind jedoch nach bisheriger Praxis eher nutzlos, weil sie nicht weiterhelfen - besser: weiterhalfen.

Denn mit Hilfe von Approximationsalgorithmen und Computern ist es heute kein Problem mehr, durch Vorgabe von Gleichungsgrad und Koeffizienten solche Wurzeln - gewissermaßen "auf Tastendruck" - zu approximieren. So ermöglicht also der Computer neue Sichtweisen in der Mathematik.

»Eine ähnliche Situation liegt z.B. bei der Frage der "geschlossenen Integrierbarkeit" vor, d.h. bei der Frage, ob und wie man zu einer bestimmten Funktion eine termdarstellbare Stammfunktion finden kann. Ein entsprechendes Computerprogramm, welches beliebig genaue Näherungslösungen liefert, ist eine Termdarstellung (natürlich mit erweitertem Termbegriff ...).«

Die Frage nach der Lösbarkeit eines mathematischen Problems bekommt damit eine neue Qualität. Denn mit Hilfe eines Computers ist etwa das Dreikörperproblem "lösbar" - auch zur Lösung des Vierfarbenproblems hat er beigetragen. Oder Simulationen wie die sog. "Weltmodelle" waren wegen der darin enthaltenen komplizierten Differential- bzw. Differenzgleichungssysteme ohne Computerverwendung nicht "lösbar" bzw. besser: durchführbar.

Ferner verlieren zahlreiche feinsinnige mathematische Lösungsverfahren angesichts des Computers an praktischem Wert, so etwa rekursionsfreie Berechnungsformeln (z.B. für Binomialkoeffizienten) oder sog. "Rechenvorteile", die sich aufgrund der hohen Rechengeschwindigkeit des Computers nicht mehr spürbar auswirken. So erlebt auch das Intervallhalbierungsverfahren zur Nullstellenberechnung eine Renaissance: Es ist einfach zu verstehen und funktioniert hervorragend bei Einsatz eines Computers.

Ein weiterer bedeutsamer Teil aus dem Buch von FISCHER und MALLE sei hier zitiert:

»Auslagerung von Fähigkeiten und Freiheit:

Die Materialisierung eines Teils von Mathematik durch den Computer bedeutet, daß damit bestimmte Fähigkeiten des Menschen (als Einzelwesen und in Gruppen) von diesem abgespalten und ausgelagert, "exteriorisiert" werden, im wesentlichen also solche, die mit regelhaft-maschinellem Denken zusammenhängen. Es ist dies nicht die erste Fähigkeit des Menschen, die "ausgelagert" wird, die Geschichte der Technik ist eine Geschichte des Auslagerns von menschlichen Fähigkeiten. Wobei in der ausgelagerten Form diese Fähigkeiten u.U. viel weiter entwickelt werden können als beim Menschen. Man muß dabei nicht nur an die moderne Technik denken mit Auto (ausgelagerte Fortbewegung), Telefon (ausgelagerte Kommunikation über große Distanz) ...; jedes Werkzeug, vom ersten Faustkeil bis zu Hammer und Sichel, stellt eine Auslagerung von Fähigkeiten dar. Eine hohe Bedeutung hatte und hat immer noch die Schrift als Auslagerung des (auch kollektiven) Gedächtnisses.

Es gibt übrigens die von Anthropologen vertretene Theorie, daß dieser Auslagerungsvorgang mit der Vermeidung von Überspezialisierung bei menschlichen Organen zusammenhängt ... Der Mensch vermied in seiner Entwicklung die Spezialisierung auf einzelne dieser Fähigkeiten und erzielte entsprechende Verbesserungen durch Auslagerung. Die Vermeidung von Überspezialisierung ist nach Auffassung dieser Theorie eine Konsequenz des Freiheitsbedürfnisses des Menschen: Er will sich nicht von einer bestimmten Fähigkeit abhängig machen, insbesondere um auf veränderte Lebensumstände angemessen reagieren zu können.

Auf unser Thema bezogen würde dies bedeuten: Es wäre nicht sinnvoll, die "rechnerische Intelligenz" des Menschen weiter zu entwickeln, es könnte zu einer Überspezialisierung kommen, die unsere Freiheit einschränken könnte.«

(Und in der Tat: Gute Mathematiker sind nicht automatisch auch gute Rechner. Das spricht zum Beispiel auch für den angemessenen Einsatz des Taschenrechners im Mathematikunterricht.)

Die Autoren bringen dazu noch eine beachtenswerte Analogie:

»Schwere körperliche Arbeit braucht heute von vielen Menschen nicht mehr durchgeführt zu werden, dafür gibt es Maschinen. (Wir haben die entsprechenden Fähigkeiten ausgelagert.) Allerdings ist es sinnvoll, wenn wir Sport betreiben, u.a. um für die geistige Arbeit fit zu sein. Ähnlich verhält es sich mit Übungen in maschinellem Denken.

Welche Bedeutung hat nun der Computer im Mathematikunterricht? Einerseits stellt er (Ergänzung: als Werkzeug und Medium) ein Hilfsmittel dar, der manches in der Mathematik erleichtert oder überhaupt erst ermöglicht (z.B. komplizierte Berechnungen) oder durch Darstellungen Begriffe leichter zugänglich macht. Andererseits stellt der Computer (Ergänzung: als Lerninhalt) ein eigenständiges Element dar, das seinerseits eine bestimmte Mathematik erzeugt und gewisse Kompetenzen für den Umgang mit ihm notwendig macht ... (Ergänzung: Es könnte weiterhin,) ... von einer mehr grundsätzlichen Warte aus, folgende Funktion des Computers im Mathematikunterricht ... (Ergänzung: im) ... Vordergrund ... (Ergänzung: stehen); Durch die materielle Auslagerung bestimmter Fähigkeiten des Menschen, bestimmter Aspekte unseres Seins, wird unser Verhältnis zu dieser Seite unseres Wesens, und damit zur Mathematik, besser sichtbar, greifbar und gestaltbar.«

Dieses könnte ähnlich auch für andere Fächer gelten und würde dann einen ganz anders gearteten Beitrag zur informations- und kommunikationstechnologischen Bildung geben.

FISCHER und MALLE schreiben weiter:

»Die "Mathematisierung" von Mathematik durch den Computer ermöglicht sozusagen die Distanzierung von der Mathematik. "Mechanisches Denken" (worin sich Mathematik nicht erschöpft) kann als "Werkzeug" gehandhabt werden, es wird nicht mehr als die einzig mögliche "richtige" Denkform angesehen. Ein souveränes Umgehen mit verschiedenen Denkstilen könnte erreicht werden.«

Und so möchte ich mit Heinrich BAUERSFELD schließen:

Es gibt keinen Grund zur Resignation, aber viel interessante und zugleich höchst dringliche Arbeit.

9. LITERATURHINWEISE

- BAUERSFELD, H.: Computer und Schule - Fragen zur humanen Dimension. Universität Bielefeld/IDM, Occasional Paper 56. November 1984
- BAUERSFELD, H.: Die Besonderheiten der Computer-Erfahrungen. Universität Bielefeld/IDM, Occasional Paper 60. Januar 1985
- BEHRENS, G./ GEVERS, H./ HISCHER, H./ SCHOOF, D./ v.ZIMMERMANN, TH.: Neue Technologien und Schule - Zur niedersächsischen Konzeption "Informations- und kommunikationstechnologische Bildung". In: von Puttkamer, E. (Hrsg.): Informatik-Grundbildung in Schule und Beruf (Tagungsband), S.201-209, Berlin/Heidelberg, 1986.
- BLK-Rahmenkonzept "Informationstechnische Bildung in Schule und Ausbildung der BLK". Abgedruckt im Schulverwaltungsblatt für Niedersachsen, 1985, Heft 3, S.45ff
- FISCHER, R./MALLE, G.: Mensch und Mathematik. Zürich, 1985.
- von HENTIG, H.: Das allmähliche Verschwinden der Wirklichkeit. München, 1984
- HISCHER, H.: Allgemeinbildende Schulen und neue Informationstechnologien. In: Erziehungswissenschaft und Beruf, 8.Sonderheft (Tagungsband). Rinteln, 1988. Abgedruckt auch in: Schulcomputerjahrbuch 1988/89. Stuttgart, 1988.
- KOSLOWSKI, P.: Die Postmoderne Kultur. München, 1987.
- MAIER, H.: Allgemeinbildung in der arbeitsteiligen Gesellschaft. In: Allgemeinbildung im Computerzeitalter; Schriftenreihe des BMBW "Grundlagen und Perspektiven für Bildung und Wissenschaften", Bd.15. Bonn, 1986.
- Niedersächsischer Kultusminister (Hrsg.): LOCCUM III, Dokumentation der Tagung "Neue Technologien und Schule" vom 9.-11.Dez.1985. Hannover, 1986.
- OSCHATZ, G.-B.: Ergebnisse und Perspektiven. In: Evangelische Akademie Loccum (Hrsg.): Loccumer Protokolle 23/1983 "Neue Technologien und Schule" (Tagungsband), S.200-205. Loccum, 1984.
- ZIMMERLI, W.Ch.: Allgemeinbildung und technischer Wandel - Herausforderung der Schule angesichts der Diskussion um die neuen Technologien. In: TRAEBERT, W.E. (Hrsg.): "Die neuen Technologien in Schule und Technikunterricht". Düsseldorf, 1987.