

W. DÖRFLER (KLAGENFURT) UND W. BLUM (KASSEL)

BERICHT ÜBER DIE ARBEITSGRUPPE "AUSWIRKUNGEN AUF DIE SCHULE"

Vorbemerkungen

War schon das Tagungsthema komplex und vielschichtig, so ergaben sich durch den Bezug auf Schule und Didaktik noch zusätzliche vielfältige Dimensionen und Problemfelder. Das kam auch in einer breit angelegten und stark vernetzten Diskussion zum Ausdruck, in der in "rekursiver Form", aber unter wechselnden Gesichtspunkten, das Thema bearbeitet und entfaltet wurde. Durch diese Vernetztheit ist es auch nicht möglich, gewisse Positionen und deren Vertreter zu isolieren, so daß hier nur pauschal die weiteren Mitglieder der Arbeitsgruppe genannt werden, die alle kooperativ zum Gelingen beigetragen haben: Wolfgang Classen (Bielefeld), Horst Hischer (Braunschweig), Helga Jungwirth (Linz), Manfred Klika (Bad Salzdetfurth), Manfred Kronfellner (Wiener Neustadt), Horst Pichler (Linz), Michael Reiter (Schärding), Hans Wolpers (Hildesheim).

Aus denselben Gründen entspricht die Gestaltung dieses Berichtes auch nicht dem chronologischen Ablauf in der Arbeitsgruppe, sondern es wurde versucht, eine für den Leser verständliche inhaltliche Struktur zu erarbeiten. Dabei ist subjektive Filterung unvermeidlich; das Manuskript wurde jedoch in erster Fassung allen Mitgliedern zur Stellungnahme zugesandt, um das Ärgste an Verzerrung zu verhindern. Um den Text nicht zu überfrachten, wurde darauf verzichtet, immer wieder Wendungen wie "die Gruppe meinte" oder "man kam zur Ansicht" einzufügen. Dies wird deswegen betont, um den Leser daran zu erinnern, daß das Folgende keine Abhandlung, sondern den Bericht über viele Stunden intensiver Diskussion und ihre wesentlichen Ergebnisse darstellt.

### Was ist Technologie?

Angesichts dessen, daß es keine verbindliche Festlegung eines Begriffes wie "Technologie" gibt bzw. geben kann, mußte für das Thema der Arbeitsgruppe eine "Sprachregelung" gefunden werden. Schlagwortartig läßt sich diese in der Formel "Technologie = Technik + Reflexion" formulieren. Damit ist gemeint, daß die Vermittlung (wie auch Anwendung) einer Technik von einer Analyse der Beziehungen (Voraussetzungen und Auswirkungen) dieser Technik zu den Menschen als Individuen und zu verschiedenen sozialen Gruppierungen (bis zur Gesellschaft als Ganzes) begleitet sein muß. Gefordert ist also systemisches Denken, das im Bewußtsein der Tatsache erfolgt, daß jede menschliche Aktivität in einem komplexen sozialen und ökologischen Bedingungs- und Wirkungszusammenhang steht. Anders ausgedrückt, technologisches Wissen beinhaltet nicht nur Kenntnis von technischen Geräten und Verfahren (z.B. mathematischen), sondern auch Einsicht in die Zusammenhänge, aus denen diese Geräte und Verfahren entstanden sind, und in denen sie eingesetzt werden. Das impliziert die Fähigkeit und Bereitschaft zu kritischer Bewertung unter maximal möglicher Einbeziehung und Abwägung von positiven und negativen Auswirkungen. Der Einsatz von Techniken stellt sich unter so verstandenem technologischen Aspekt auch als sozialer und ökologischer und nicht nur als fachlich-technischer Prozeß dar.

### Mathematik als Technik - Technologieaspekt von Mathematik

Im Sinne der eben genannten Sprachregelung bedeutet die Betrachtung von "Mathematik als Technologie" also die Betonung der technisch-instrumentellen Aspekte von Mathematik, einschließlich der Reflexion und Abwägung der Bedingungen und Implikationen dieser Aspekte. Für ein adäquates Gesamtbild von Mathematik (und insofern auch für die Gestaltung von Mathematikunterricht) ist es ganz wichtig, daß Mathematik auch als Technik unter Einschluß des technologischen Aspektes begriffen und vorausgesetzt wird. Dies gilt heute mehr als je zuvor, weil Mathematik in

immer mehr Verwendungszusammenhänge eindringt und u.a. als Planungs-, Optimierungs-, Steuerungs-, Darstellungs- und Kommunikationstechnik eingesetzt wird. Diese Rolle und Bedeutung der Mathematik werden durch den Computer in seiner instrumentellen Verwendung als mathematische Maschine zur Abarbeitung numerischer und symbolischer Kalküle und als graphisches Medium noch potenziert. Ist auch die Mathematik als Technik oft nur mittelbar wirksam (z.B. vergegenständlicht in gewissen Maschinen oder Produktionsverfahren), so ist dies eher noch mehr Grund zur technologischen Reflexion auf Mathematik und ihre Verwendungszusammenhänge.

#### **Aufgaben der Schule und allgemeine Ziele des Mathematikunterrichts**

Ist eine Behandlung von Mathematik unter Berücksichtigung des Technologieaspektes im Unterricht mit den Aufgaben und Zielen der Schule kompatibel, oder wird sie sogar implizit oder explizit von diesen gefordert? Zur Beantwortung dieser Frage wurden solche Ziele insbesondere im Hinblick auf den Mathematikunterricht (der Sekundarstufe) diskutiert. Es wurde festgestellt, daß derartige Zielformulierungen in verschiedener Form sehr wohl in den Präambeln von Lehrplänen zu finden sind. Als Ziele wurden insbesondere genannt:

- Anleitung zur Lebensbewältigung
- Vermittlung von ökologischem und sozialem Umweltverständnis
- Entwicklung von Metawissen, d.h. von Wissen über Mathematik und deren Mittel, Methoden, Anwendungen etc., und von adäquaten Einstellungen zum Wissen
- Vermittlung eines umfassenden und adäquaten Bildes von Mathematik (natürlich unter den schulischen und schüler-spezifischen Bedingungen)
- Förderung formaler Qualifikationen, wie z.B. systemisches Denken, antizipatives Denken, Planen, Begründen, Denken in und mit Modellen und Simulationen

- Vermittlung sozialer und kommunikativer Kompetenzen
- Exemplarisches Aufzeigen der kulturkritischen Bedeutung des Faches
- Vermittlung von Grundideen des Faches (z.B. Linearisierung)

Je nach Bildungsgang (unterer oder oberer Sekundarbereich; allgemeinbildend/berufsbildend) müßten diese Ziele noch ausdifferenziert und gewichtet werden. Aus solchen und ähnlichen Lehrzielen und Lernzielen kann man plausibel die Forderung nach Behandlung und Reflexion des Technologie-Aspektes von Mathematik in der Schule ableiten.

### **Derzeitige Praxis des Mathematikunterrichts**

In Diskrepanz sowohl zu derartigen allgemeinen Zielsetzungen wie auch zu den Ergebnissen von Forschung und Entwicklung in der Fachdidaktik zeigt die Praxis des Mathematikunterrichts sehr oft eine starke Verfahrens- und Kalkülorientierung, sowie im oberen Sekundarstufenbereich (des Gymnasiums) eine weitgehende Orientierung an der Systematik der üblichen Universitätsmathematik.

Im Vordergrund stehen dabei mechanisch nach fixen und vorgegebenen Regeln abarbeitbare Rechen- und Lösungsverfahren. Reflexion auf deren Begründung und Verwendung bleibt sekundär und sporadisch. Daraus resultiert auch eine beträchtliche Isolation der Mathematik, welche sich als beziehungslos (innerhalb und außerhalb der Schule) und autonom darstellt und von den Schülern auch so empfunden und verstanden wird. Das bestimmt auch die Qualität des (meist nur impliziten) Metawissens über und der Einstellung zur Mathematik, die die Schüler entwickeln. Dies drückt sich ambivalent dadurch aus, daß die Bedeutung der Mathematik für das eigene Leben als minimal eingestuft wird, aber andererseits der Mathematik als Wissenschaft durch ihre (scheinbar nur hoch spezialisierten Experten zugänglichen) Anwendungen sogar mystifizierte Wirksamkeit zugestanden wird. Der fachlichen Isolation entspricht auch eine soziale: Mathematik in der Schule ist vorwiegend die

Tätigkeit des Individuums, dessen persönliche Leistung zählt und bewertet wird. Kommunikation in, mit und über Mathematik ist nicht gefordert, ja stört zumeist einen "geregelten" Ablauf des Mathematikunterrichts.

Um diese Situation besser zu verstehen und Ansatzpunkte für Veränderungen zu gewinnen, wurden mögliche Gründe dafür diskutiert, die ja gleichzeitig Hindernisse für eine verstärkte Berücksichtigung des Technologieaspektes (im Sinne einer Reflexion über Bedingungen, Bedeutung und Implikationen der Verfahren und Kalküle) im Mathematikunterricht darstellen.

#### **Hindernisse und Widerstände gegen Veränderungen**

Unter den genannten Gründen für den Status quo spielen die systembedingten Charakteristika von Schule allgemein und von Mathematikunterricht im besonderen eine bedeutende Rolle. Dazu gehören:

- Organisation der Schule nach Fächern und damit verbundenes "Schubladendenken" (bei Lehrern und Schülern). Zwischen den Fächern gibt es kaum irgendwelche Beziehungen noch Kommunikation. Allgemeinbildung degeneriert zur Addition von Einzelwissen.
- Ausbildung der Lehrer (besonders Sekundarstufe) als Experten für ihre spezifischen Fächer, die durch eine einseitige Sozialisation die Bereitschaft zu interdisziplinärer Kooperation zumindest einschränkt.
- Stundenorganisation: Die Aufsplitterung des Wissens ist nicht nur eine fachliche, sondern auch noch eine chronologische. Insgesamt resultiert fast notwendig eine Atomisierung des Wissens in Form kleiner Happen und vieler Fakten, durch die integratives Denken und Denken in Zusammenhängen für die meisten Schüler unmöglich wird.
- Prüfungszwang: Durch Überbetonung von Prüfungen ist der Lehrer gedrängt, leicht abprüfbares Wissen in den Vordergrund zu rücken. Beherrschung von (algorithmischen) Verfahren und Faktenwissen bieten sich hier natürlicherweise an. Auch die Legitimierung der Noten gegenüber

Schülern, Eltern und Schulaufsicht spielt hier eine subtile Rolle.

- Forderung nach (vielfach mißverstandener) Disziplin. Dadurch werden von vornherein gewisse Unterrichtsformen ausgeschlossen.
- Stofffülle und Zeitmangel durch Überfrachtung der Lehrpläne und Schulbücher.

Spezifischer für den Mathematikunterricht sind die folgenden angeführten Punkte:

- Viele Lehrer und Schüler finden in der traditionellen Mathematik eine Form von Sicherheit und Gewißheit, wie sie sonst nirgends gegeben ist. Innerhalb der Mathematik gibt es Eindeutigkeit, absolute Entscheidbarkeit und Lösbarkeit, definitive Entscheidung zwischen wahr und falsch und ähnliches. Es sind nicht wenige, die gerade wegen dieser Eigenschaften der Mathematik sich mit ihr beschäftigen wollen. Durch Unsicherheiten und Mehrdeutigkeiten, wie sie etwa beim Mathematisieren, beim Modellbilden oder bei der Reflexion auf Grundlagen der Mathematik notwendig auftreten, will man sich die Freude an der Klarheit und Reinheit der Mathematik nicht stören lassen. Das trifft auch oder gerade auf den im traditionellen Mathematikunterricht leistungsstarken Schüler zu.
- Für den sogenannten schwachen Schüler sind die algorithmischen Verfahren die (einzige) Chance für Prüfungserfolg (dies ist quasi eine Definition von "schwach"). Für viele Schüler bietet (angeblich) nur die regeladäquate Abarbeitung von Algorithmen die Möglichkeit von Erfolgserlebnissen im Mathematikunterricht.
- Mathematisches Denken im engeren Sinne, seine Spezifika und kognitiven Mittel unterscheiden sich ganz wesentlich von den Denkformen, die eine Reflexion z.B. auf Probleme der Mathematisierung und der Anwendung von Mathematik erfordert. Diese Diskrepanz verschärft sich noch, wenn es um gesellschaftliche oder politische Auswirkungen von Mathematik geht. Daraus wird dann vorschnell der Schluß gezogen, daß die Behandlung derart disparater Problem-

felder nicht Gegenstand des Mathematikunterrichts sein kann: "Das hat nichts mit Mathematik zu tun!". Auch die vom Mathematiker gerne der Soziologie oder Psychologie vorgeworfene Unwissenschaftlichkeit spielt hier eine Rolle, wobei man vergißt, daß dabei relativ willkürlich Mathematik als ideale Norm von Wissenschaftlichkeit gesetzt wird.

#### **Mögliche und notwendige Veränderungen von Schule bzw. Mathematikunterricht**

Angesichts des diskutierten Status quo und des erreichten Konsenses, daß der Technologieaspekt von Mathematik sehr wohl integrierender Bestandteil des Unterrichts sein soll, wurden Maßnahmen zur Realisierung dieser Zielsetzungen diskutiert. Dazu gehört sicher die Veränderung der oben angeführten institutionellen Zwänge, die für die meisten Lehrer unüberwindbare Hürden darstellen. Als alternative Formen für Schulorganisation und Unterrichtsform wurden genannt:

- Auflösung der Fächergrenzen durch Interdisziplinarität. Dies kann beispielsweise erfolgen durch fächerübergreifende Projektarbeit, Team-teaching, Organisation des Unterrichts entlang ganzheitlicher Phänomene und Problemfelder (statt Fächern und Klassen), Einbeziehung externer Experten. Dabei sind diese schon lange und vielerorts erörterten Vorschläge als Alternative zu verstehen, die den traditionellen Unterricht nicht ersetzen (es gibt durchaus auch Argumente für eine Fächertrennung!), sondern im Hinblick auf die genannten allgemeinen Ziele zweckmäßig ergänzen sollen. Daß es sich dabei nicht um reine Utopie handelt, zeigen die langjährigen Erfahrungen am Oberstufenkolleg in Bielefeld.
  - Änderung der Zeitstruktur durch Bildung größerer zeitlicher Einheiten, z.B. im Rahmen von Projekten bzw. Epochen. Dabei kann dies im Wechsel mit den üblichen Organisationsformen erfolgen. Letztere würden dann etwa durch eine Projektwoche, einen Projektmonat oder sogar
-

ein Projektsemester unterbrochen werden.

- Reflexion erfordert Kommunikation und Diskussion. Dafür müßte die Sozialform des Unterrichts aufgelockert werden, z.B. durch Partnerarbeit, Gruppenarbeit, Referate mit Diskussion, Exkursionen. Damit verbunden wäre natürlich eine Veränderung der Autoritätsstrukturen und der Rolle des Lehrers (z.B. in Richtung partnerschaftliches Verhältnis Schüler-Lehrer).

Derartige Maßnahmen erscheinen nur zielführend, wenn sie global über alle Fächer und Schulstufen gesetzt werden. Eine entsprechende Änderung der einschlägigen Schulgesetze und vor allem der Lehrpläne ist dafür eine notwendige Maßnahme, die allerdings nur den gesetzlichen Rahmen des prinzipiell Möglichen setzt.

Speziell für den Mathematikunterricht wurden folgende methodische Maßnahmen zur Erreichung der genannten Ziele genannt:

- Behandlung von Anwendungen.
- Einsatz des Computers .
- Offene Aufgabenstellungen, die unterschiedliche Lösungen zulassen bzw. deren Lösungen nicht vorweg schon feststehen. Derartige Offenheit schließt Planung durch den Lehrer keineswegs aus, im Gegenteil, gerade offene Aufgabenstellungen erfordern gründliche antizipative Überlegungen (Was könnte alles geschehen?).
- Aufgabenstellungen insbesondere auch nichtnumerischer Natur, in denen Mathematik als Mittel zur Beschreibung, Darstellung von und Kommunikation über Situationen und Prozesse eingesetzt wird.
- Materialien mit phänomenologischer Beschreibung von Anwendungen der Mathematik als Basis für Lektüre, Referate und Diskussionen. Das Sprechen über Mathematik im weitesten Sinne durch Lehrer und Schüler müßte gefördert werden.
- verstärkte Berücksichtigung beruflicher Anforderungen,

mit denen der Schüler später in seinem Berufsleben voraussichtlich konfrontiert ist.

Zur Vermittlung des Technologieaspektes von Mathematik sind die beiden erstgenannten Punkte "Anwendungsorientierung" und "Computereinsatz" in besonderer Weise geeignet. Sie werden deshalb im folgenden genauer diskutiert.

#### **Anwendungsorientierung**

Da sich Mathematik als Technologie wesentlich über ihre Anwendungen realisiert, ist die Behandlung von "außer-mathematischen Anwendungen" sicher eine wesentliche Voraussetzung für die schulische Vermittlung des Technologiecharakters von Mathematik. Nun werden natürlich auch jetzt schon Anwendungen im Unterricht behandelt. Aber sehr oft dienen sie nur als methodischer Zugang zum "eigentlichen" Thema, nämlich dem mathematischen Begriff oder dem mathematischen Verfahren. Der Schüler kann sogar getrost die Anwendungen vergessen, weil sie für den weiteren Verlauf des Unterrichts nicht wichtig sind. Statt also nur die mathematische Struktur von Anwendungen zu behandeln und diese somit nur zu lernpsychologischen Zwecken auszunützen, müßte das gesamte Spektrum von Zielen (s.o.) ernstgenommen und im Hinblick auf Anwendungen umgesetzt werden. Dies bedeutet u.a., daß in der Schule ausgewählte Real-situationen (aus Umwelt, aus anderen Fächern etc.) mit dem primären Ziel ihres Durchschauens und Bewältigens unter systemischen Aspekten behandelt werden sollten, oder daß exemplarisch der gesamte komplexe Prozeß des Bildens eines mathematischen Modells mit seinen subjektiven Konstruktionen bis hin zu den Rückwirkungen auf die modellierte Situation behandelt und reflektiert wird. Ein Ziel sollte dabei auch sein, die Einstellung von Schülern zur Mathematik und deren Bild von Mathematik zu beeinflussen. Zu all dem liegen ja didaktische Vorschläge vor, deren schulische Implementierung jedoch wegen der aufgezeigten institutionellen Zwänge für den Lehrer große Schwierigkeiten bereitet.

Im Zusammenhang mit Anwendungsorientierung als Mittel zur Darstellung des Technologieaspektes von Mathematik stellen sich einige Fragen:

- Wie erzeugt man beim Schüler Betroffenheit?
- Welche Problemstellungen haben für die Schüler der verschiedenen Schulstufen bzw. -formen persönliche Relevanz?
- Was bedeuten soziale Relevanz und gesellschaftliche Auswirkungen für den Schüler?
- In welchem Ausmaß soll die Frage der Differenz Modell/modelliertes Phänomen behandelt werden? Verunsicherung der Schüler durch Diskussion derartiger methodologischer bis erkenntnistheoretischer Fragen?
- Welche (inner-)mathematischen Inhalte streicht/kürzt man zugunsten der Anwendungen und deren kritischer Reflexion?
- Können Anwendungen alleine genügen, oder bedarf es der Herausarbeitung der abstrakten mathematischen Struktur, und wenn ja, bis zu welchem Allgemeinniveausniveau?
- Welche Anwendungsfelder sind besonders gut zur Verdeutlichung des Technologieaspektes geeignet?
- Ergibt Anwendungsorientierung durch die damit verbundene Komplexitätserhöhung eine Überforderung der ("schwachen") Schüler?
- Welche Unterrichtsmethodik ist für Anwendungsorientierung angemessen?

Jedenfalls wurde klar, daß die Berücksichtigung des Technologieaspektes deutlich mehr erfordert als den üblichen Einbau von Anwendungen als Zugang und Übungsmaterial zu mathematischen Inhalten. Eine Kombination mit den diskutierten allgemeinen Veränderungen für die Schule erscheint dabei sinnvoll. Übrigens deuten Ergebnisse empirischer Untersuchungen darauf hin, daß es auch im "herkömmlichen" Mathematikunterricht möglich ist, die mit Anwendungsbezügen verfolgten Ziele recht weitgehend zu erreichen.

### Die Rolle des Computers

Es bestand Konsens, daß der Mathematikunterricht in spezifischer Weise gefordert ist, sich der schulischen Bearbeitung des Phänomens "Computer" in möglichst vielen seiner Dimensionen zu stellen, den Computer als Technik eben unter technologischen Aspekten im hier vereinbarten Sinne zu beschreiben. Allerdings sind für diese Aufgaben auch andere Fächer heranzuziehen, wobei der Computer gegebenenfalls als integrierendes Phänomen auch Interdisziplinarität erfordern wie auch unterstützen kann.

Als mathematisches Werkzeug ermöglicht der Computer zunächst eine Entlastung von der Ausführung kalkülmäßiger Berechnungen oder routinemäßiger Zeichnungen, was insbesondere auch für eine Anwendungsorientierung ein großer Vorteil sein kann. Mit der Tatsache, daß am Computer (ja am "Taschenrechner") heute alle in der Schule üblichen mathematischen Verfahren mit großer Bequemlichkeit ausführbar sind, stellt sich jedoch an den Mathematikunterricht und damit an die Fachdidaktik eine Reihe schwierigster Fragen:

- Was rückt an die Stelle der Verfahrensorientierung ins Zentrum des Unterrichts?
- Ergibt Computereinsatz eine intellektuelle Unterforderung der Schüler ("Knöpfchen statt Köpfchen") oder
- Ergibt die Verlagerung der Routinetätigkeiten auf die Maschine eine Überforderung vieler Schüler (Fehlen der "Erholungsphasen" beim mechanischen Arbeiten) bzw. auch mancher Lehrer?
- Könnte der Computer sogar die Verfahrensorientierung des Mathematikunterrichts erhöhen ("Weil es so einfach und schnell geht")?
- Wie verändert der Computereinsatz die Kommunikationsstruktur in der Klasse?
- Welchen Einfluß hat der Computer auf die Rolle und das Selbstverständnis des Lehrers?
- Wie groß ist die Gefahr einer rein instrumentellen Verwendung des Computers bzw. einer unkritischen Gewöhnung an einen "technokratischen" Umgang damit, ohne

Reflexion auf Bedingungen und Konsequenzen seines Einsatzes?

Über Antworten auf all diese und weitere wichtige Fragen kann man derzeit nur spekulieren, weil es im deutschen Sprachraum noch kaum Erfahrungen mit Computereinsatz im Mathematikunterricht gibt. Das betrifft auch andere Verwendungsformen des Computers, insbesondere als Lehr- und Lernmedium. Eine mehr lernpsychologische Frage besteht darin, wieweit die individuelle Begriffsbildung durch Ausführung elementarer mathematischer Tätigkeiten (wie Rechnen und Zeichnen) am und mit dem Computer beeinflusst und verändert wird (Rolle der enaktiven Phase für Begriffsentwicklung). Dies ist insbesondere im Hinblick auf leistungsfähige Graphikprogramme zu untersuchen (Funktionsbegriff, geometrische Begriffe). Deren Bedeutung und Vorzüge bei der Erhöhung der Anschaulichkeit der mathematischen Begriffe sind dagegen unbestritten.

Wichtig erscheint auch hier, daß all solche Probleme, Grenzen und Gefahren, Lehrern und Schülern bewußt sind und im Unterricht explizit zum Thema gemacht werden. D.h. hier wird erneut die Bedeutung von "Metawissen" deutlich.

#### Das Problem der "Black box"

Computereinsatz im Mathematikunterricht bedeutet sehr oft die Verwendung von Softwarepaketen, weil die selbständige Programmierung der Verfahren (numerische Algorithmen, Graphik, Symbolik, Simulation) zu aufwendig und wohl im allgemeinen auch nicht sinnvoll ist. Damit stellt sich sofort die Frage, ob es für die Schule zulässig ist, derartige Pakete als "Black box", also ohne Kenntnis der implementierten Verfahren, zu verwenden. In diesem Zusammenhang ist auch zu klären, was "Verstehen" einer Black box überhaupt bedeuten kann. In der Gruppe ergaben sich dazu unterschiedliche Positionen, die hier allerdings nicht als Alternative, sondern als einander ergänzende und flexibel einzusetzende Variationen gesehen werden:

- Bis zu einem gewissen "level" muß in das Softwarepaket eingedrungen werden, um Fehler und Störungen aufspüren (und eventuell beheben) zu können. In diesem Sinne ist auch die Möglichkeit der Adaptierung des Paketes anzustreben. Daß dies sinnvoll ist, wurde detailliert am Beispiel von Programmen zur Berechnung elektrischer Leitungsnetze erläutert.
- Ein "analoges Verstehen" des Paketes ist dadurch zu entwickeln, daß das Verfahren dem Prinzip nach erörtert und seine Funktion an "kleindimensionalen" Beispielen erfahren wird; Beispiel: Simplex-Algorithmus für Lineare Programme.
- Das Programmpaket braucht nur hinsichtlich seiner Funktionalität und Einsatzbedingungen behandelt zu werden. Beispiel: Welche Potenzreihe den Sinus am Taschenrechner berechnet, ist irrelevant; der Begriff des Sinus ist primär, insbesondere seine referentielle Bedeutung in Anwendungen.
- Die Konfrontation mit Black boxes soll konstruktiv aufgenommen werden, indem ihr Einsatz im Mathematikunterricht als Anlaß zur Diskussion von Punkten führt wie: Ausgeliefertsein an technische Produkte, Abhängigkeiten, Manipulationsmöglichkeiten, Vertrauen auf Technik, Verweigerung der Verwendung, transparente Software. Kurz, ausgehend von der Faktizität der Black box (in vielen Lebensbereichen) sollen Wege des Umgangs damit erörtert werden.

Als besondere Gefahr wurde gesehen, daß Softwarepakete zur unreflektierten Modellbildung und Mathematisierung unter Beschränkung auf die jeweils vorgegebenen Methoden verleiten. Auch eine erhöhte Standardisierung und Uniformierung kann die Konsequenz breiten unkritischen Einsatzes sein. Dies gilt natürlich auch und vor allem in der Praxis, auf die aber die Schule vorzubereiten hat. Andererseits wurde positiv gesehen, daß Softwarepakete die Bearbeitung realistischer Problemstellungen ermöglichen und damit besseren Einblick in den technologischen Verwertungszusammenhang gestatten.

### **Mädchen-Mathematik-Computer**

Der Computer war auch Anlaß, über geschlechtsbedingte Unterschiede in den Einstellungen und (z.T. auch daraus resultierenden) Leistungen im Mathematikunterricht zu diskutieren. Gilt schon Mathematik traditionell als "männliches" Fach, so könnte der Computer aufgrund der Technikdistanz vieler Frauen diese Tendenz noch verstärken. Empirische Daten zeigen auf, daß Mädchen keineswegs prinzipiell leistungsschwächer sind, ja daß sie oft durch ausgeprägteres planendes Verhalten (gegenüber trial and error) durchaus den Jungen überlegen sein können, die sich häufig auf Versuch und Irrtum verlassen. Jedenfalls gilt es, durch geeignete kompensatorische Maßnahmen vorliegende Rollenfixierungen abzubauen. In Österreich ist eine Projektgruppe des Bundesministeriums für Unterricht, Kunst und Sport mit der Konzipierung derartiger Maßnahmen befaßt, und in der Bundesrepublik Deutschland (Niedersachsen) läuft der Modellversuch "Mädchen und Neue Technologie". Andernfalls besteht die Gefahr, daß Mädchen lebenslang benachteiligt bleiben, u.zw. sowohl hinsichtlich beruflicher Laufbahn wie auch in einem allgemeinen Verständnis ihrer Lebenswelt.

### **Lehrerbildung**

Mehrfach wurde dringend darauf hingewiesen, daß jede Veränderung in der Schule vorwiegend von Einstellungen und Kompetenzen der Lehrer abhängt. Dies gilt verschärft für alle hier angesprochenen Maßnahmen zur Vermittlung der Rolle von Mathematik als Technologie. Soll daher ein entsprechender Unterricht realisiert werden, so muß als erstes die Lehrerausbildung und Lehrerweiterbildung inhaltlich und organisatorisch angepaßt werden. Dabei ist natürlich zu berücksichtigen, daß die Art und Weise der Lehrerbildung unmittelbar Inhalt und Stil der Lehrertätigkeit beeinflussen. Kurz: Die meisten aufgestellten Forderungen und Vorschläge sind in entsprechender Weise auf die Lehrerbildung anzuwenden. D.h.: Auch die Universitäten müssen Mathematik in ihrer technologischen Funktion

vermitteln (natürlich nicht nur an zukünftige Lehrer)! Vorteilhaft könnte sich dabei die Teilnahme an industrie- und wirtschaftsorientierten Seminaren erweisen.

#### **Eine andere Sicht von Technologie**

Zum Abschluß wurde als Ausblick aufgezeigt, daß Mathematik mit ihren Begriffen und Verfahren für den Menschen eine Denktechnologie darstellen kann, deren Wirkungsweise durch den Computer noch verstärkt wird. Der Mensch kann Mathematik und Computer als Denkwerkzeuge einsetzen, um mit gewissen komplexen Anforderungen des Lebens zu Rande zu kommen. Diese Denkwerkzeuge können so wichtige Denkweisen wie systemisches Denken oder antizipatives Denken, simulatives Denken, Denken in Modellen unterstützen und verstärken.