

Im Rahmen unserer Diskussion *Mathematische Schulbildung 2001* wird sich Dr. Horst Hischer (Braunschweig) in zwei Beiträgen zu einem der in diesem Zusammenhang wohl bedeutsamsten Problemkreise äußern – zu notwendigen oder zumindest möglichen Auswirkungen der Computerentwicklung auf mathematische Allgemeinbildung und damit auch auf den Mathematikunterricht. Im ersten Beitrag gibt unser Autor einen Überblick über die Problemsituation, in einem zweiten wird er mögliche Perspektiven kennzeichnen.

Beide Beiträge gehen auf einen Vortrag Dr. Hischers beim Festkolloquium zum 65. Geburtstag von Prof. Dr. Gerhard Holland am 13. 11. 1993 an der Justus-Liebig-Universität Gießen zurück.

Mathematikunterricht und Computer – Ein Überblick

HORST HISCHER

1 Der Computer als „Trivialisierer“

Die Mathematiker haben nicht nur das Bestreben, Einsichten zu gewinnen und tiefliegende Sätze herzuleiten. Daneben bemühen sie sich ernsthaft darum, allgemeine Methoden zu finden, mit deren Hilfe gewisse Klassen von Problemen systematisch behandelt und sozusagen automatisch gelöst werden können. Jede neu gefundene Methode ist ein Fortschritt der Mathematik. Damit wird allerdings der durch diese Methode beherrschte Aufgabenkreis trivialisiert und hört auf, ein interessantes Gebiet der schöpferischen Mathematik zu sein. Das schrieben Hermes und Markwald vor rund dreißig Jahren in den *Grundzügen der Mathematik* von Behnke /1, S. 33/, und sie trafen damit die Situation, vor der wir m. E. heute stehen, vorausschauend und treffend.

So galt z. B. die Beherrschung arithmetischer Techniken einst als anspruchsvolle geistige Leistung – ja gar als ein Merkmal von Bildung. Der Computer – und mit ihm der Taschenrechner – hat solche menschlichen Fertigkeiten längst entzaubert und sie zur stupiden Rechenarbeit degradiert, die man lieber einer Maschine anvertraut. Buchberger nennt das – ganz im Sinne von Hermes und Markwald – *Trivialisierung der Arithmetik durch den Computer*. /2/ Als Werkzeug nimmt der Computer dabei die klassische numerische Rolle als *Rechner*, *Graphiker* und *Textverarbeiter* wahr.

Winkelmann verwendet auch den Begriff *Rechennecht*, indem er anführt: *Der Rechner rechnet so, wie wir auch schon immer rechnet, er nimmt uns die übliche Arbeit ab. In diesem Sinne sind Computer leicht zu verstehen, und auch ihre Einsatzmöglichkeiten sind zunächst überschaubar.* /3, S. 3/. Als Beispiele nennt er: Taschenrechner, Tabellenkalkulationsprogramme, Statistik-Pakete,

Multiplikation von Matrizen, Ausmultiplizieren symbolischer Ausdrücke, symbolisches Differenzieren.

Das eigentlich Brisante sind die Möglichkeiten symbolischen Rechnens: Denn mittlerweile ist die technische Entwicklung bei Hard- und Software so weit gegangen, daß nun außerordentlich leistungsfähige Programme vorliegen, mit denen man komplexere Strukturen wie *Terme* und *Formeln* bearbeiten kann.

Damit tritt der Computer für den Anwender in neuen, formalen Rollen auf, die zum „symbolischen Rechnen“ gehören, nämlich als

- Termumformer
- Gleichungslöser (algebraisch!)
- Differenzierer (algebraisch!)
- Integrierer (bestimmt/unbestimmt).

Programme, die Derartiges leisten können, heißen *Formelmanipulationssysteme* [5] oder *Computeralgebrasysteme (CAS)* und sind heute bereits für den PC und sogar schon für neuartige „Taschencomputer“ verfügbar, so etwa die Programme DERIVE oder MATHEMATICA. Das bedeutet also, daß damit auch das Gebiet der Formelmanipulation oder des *symbolischen Rechnens* im Sinne von Buchberger „trivialisert“ worden ist und somit der „Bronstein“ entbehrlich werden könnte! Fig. 1 zeigt als einfaches Beispiel die Polynomdivision mittels DERIVE und die anschließende Faktorisierung des Nenners.

1: **"Polynomdivision"**

$$\begin{array}{r} 5 \quad 3 \quad 2 \\ x^2 - 2x + 2x + x - 3 \\ \hline 2 \\ x + 5x - 2 \\ \hline 716x \quad \quad \quad 269 \quad \quad \quad + x^3 - 5x^2 + 25x - 133 \\ \hline 2 \quad \quad \quad 2 \\ x^2 + 5x - 2 \quad x^2 + 5x - 2 \\ \hline 5 \quad 3 \quad 2 \\ 4(x^2 - 2x + 2x + x - 3) \\ \hline (2x + \sqrt{33} + 5)(2x - \sqrt{33} + 5) \end{array}$$

COMMAND: **Author** Build Calculus Declare Expand Factor Help Jump solve Manage
Options Plot Quit Remove Simplify Transfer noVe Window approx

Enter option
User

Free:99% Insert Derive Algebra

Fig. 1

Bedenken wir, daß ein wesentlicher Teil des bisherigen, *realen* Mathematikunterrichts dem *Erarbeiten und Festigen von Kalkülen* dient – nämlich Termumformen, Gleichungslösen, Differenzieren, Integrieren – und diese Kalküle nunmehr von solchen neuartigen Maschinen ausgeführt werden, so gelangen wir unweigerlich zur neuen Sinnfrage:

- An welchen Zielen sollte sich ein künftiger Mathematikunterricht (eigentlich noch) orientieren?

Betrachtet man insbesondere Abituraufgaben, die vielfach kalkülarartig konzipiert sind /s. 6, 7, 8/, so stellt sich sogar die grundsätzliche Frage, ob wir mit dem Mathematikunterricht bisher auf dem richtigen Weg sind, und es schließt sich die Frage an:

- Führt der Computer als „Trivialisierer“ zu einer Sinnkrise des Mathematikunterrichts?

2 Weitere instrumentelle Aspekte

In diesem Zusammenhang muß ich noch zwei weitere wichtige Aspekte des Computers erwähnen, die seine Bedeutung als neuartiges Werkzeug in der Mathematik hervorheben:

- *Der Computer als „Entdecker“*

Mit dem Computer liegt nämlich für die mathematische Forschung ein neuartiges Werkzeug vor, und zwar für eine experimentelle, heuristisch vorgehende Mathematik, die es – zumindest in dieser Ausprägung – in der „Vor-Computer-Ära“ nicht gab. /10/

- *Der Computer als „Beweiser“*

Das automatische Beweisen von mathematischen Sätzen, von dem schon Leibniz träumte, ist heute Realität geworden. Es wird von sog. Deduktionssystemen geleistet, die zum Gebiet der sog. „Künstlichen Intelligenz“ gehören. /11/

3 Ein anthropologischer Aspekt: Auslagerung von Denkfähigkeit

Und noch ein weiterer Aspekt der Maschine „Computer“ sollte uns nachdenklich stimmen:

Während frühere Maschinen als Produkte des *homo faber* mechanische Fähigkeiten des Menschen im anthropologischen Sinn „auslagerten“, wie es Fischer und Malle bezeichnen /12, S. 257f./, stellt der Computer einen Maschinentypus gänzlich neuer Qualität dar, indem er Fähigkeiten „übernimmt“, die bisher den menschlichen Geistesleistungen zugerechnet wurden. /13/ Die im Computer repräsentierten neuen Informations- und Kommunikationstechniken stellen damit – als Produkt der Informatik – das bisherige Menschenbild in Frage.

4 Computer und Informatik als Herausforderung für den Mathematikunterricht

Zusammenfassend führen mich diese Aspekte des Computers zugleich zu folgender These:

Der Computer zwingt uns in der Mathematikdidaktik Fragen auf, denen wir nicht (länger) ausweichen können.

In einem stark vereinfachten Zugang sind das zunächst folgende drei Rahmenfragen:

- „warum?“ (die Frage nach dem Sinn),
- „was?“ (die Frage nach den Inhalten) und
- „wie?“ (die Frage nach den Methoden).

Nun sind das keine neuen Fragen, sondern sie sind geradezu konstitutiv für didaktische Untersuchungen. Ihre Brisanz, ihre Neuartigkeit liegt nach meiner Einschätzung darin, daß sie im Zusammenhang mit dem Auftreten des Computers – und allgemeiner: mit dem Entstehen der jungen Wissenschaft Informatik – erneut gestellt werden müssen. Wir sollten diese drei Fragen deshalb im folgenden stets vor diesem Hintergrund formuliert denken, etwa so:

- Es gibt Computer und Informatik – Wie sollte ein künftiger Mathematikunterricht *gestaltet* werden?
- Es gibt Computer und Informatik – Was sollte *Inhalt* eines künftigen Mathematikunterrichts sein?
- Es gibt Computer und Informatik – Warum sollte (künftig eigentlich noch) Mathematikunterricht in der allgemeinbildenden Schule erteilt werden?

Nun ist zwar die Frage nach dem „wie?“ im Rahmen von *Unterrichtsplanung* erst als letzte zu stellen, jedoch tritt sie interessanterweise im Zusammenhang mit dem Phänomen *Mathematikunterricht und Computer* ebenfalls primär auf, indem – methodisch orientiert – gefragt wird:

- Ist der Computer ein willkommenes Hilfsmittel als Werkzeug, Medium und Tutor) zur interessanteren und effektiveren Gestaltung von Unterricht? /14/

Eine Fülle einschlägiger Publikationen der letzten Jahre zeugt von entsprechenden Intentionen, Erwartungen und Erfahrungen.

Andererseits könnte man folgende Frage als einen *Beitrag zur Sinnfrage* stellen:

- Sollte der Computer vielleicht auch ein Unterrichtsgegenstand sein, weil bereits seine Existenz in unserer Gesellschaft und die damit verbundenen Implikationen hinreichend *Anlaß zu einem Reflektieren von Allgemeinbildung* geben?

Bei dieser Frage zeigt sich übrigens, daß man bei ihrer Bearbeitung erheblich tiefer schürfen muß, als es der Gegenstand *Computer* zunächst vermuten läßt. Und schließlich stelle ich zum wiederholten Male folgende Inhaltsfrage:

- Ist es sinnvoll und zu verantworten, neben dem Fach Mathematik ein weiteres Fach Informatik fest als Pflichtfach zu etablieren, oder sind Alternativen denkbar und wünschenswert? Wäre es nicht wichtiger, z. B. den Umfang von Musikunterricht und Kunstunterricht verpflichtend zu erhöhen?

Mit dieser Frage provoziere ich ganz bewußt, weil auch wir Mathematikdidaktiker zur Kenntnis nehmen müssen, daß Mathematikunterricht nur ein Teil des Ganzen sein kann und darf und daß auch wir uns über den „Rest“ Gedanken machen sollten! Diese Frage enthält zugleich ein eindringliches Plädoyer für eine fächerübergreifende, transdisziplinäre und ganzheitliche Sicht von Schule.

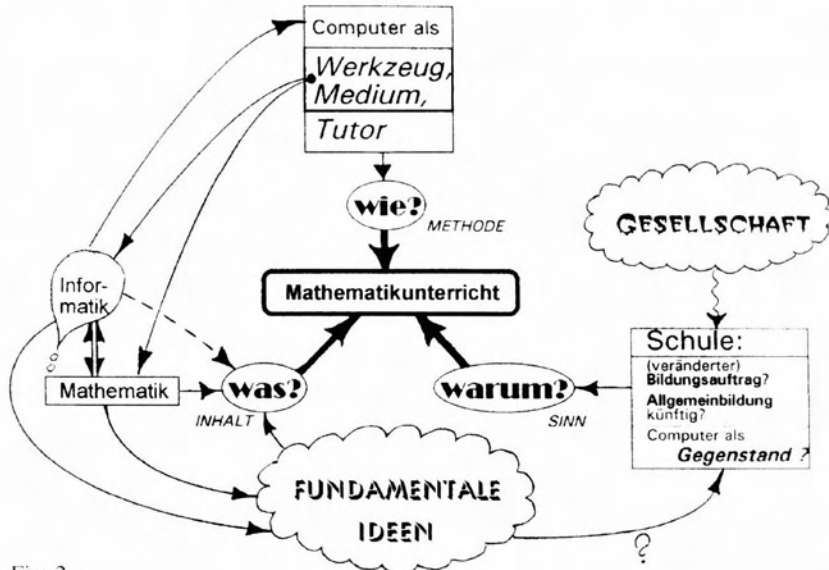


Fig. 2

Bei der Bearbeitung der letzten beiden Fragen (Sinn und Inhalt) ist zu berücksichtigen (s. Fig. 2), daß

- der Computer als Werkzeug und Medium Einzug in die Wissenschaft Mathematik gehalten hat,
- die heutige Computertechnik ein Produkt der Informatik ist,
- die Informatik aus der Mathematik hervorgegangen ist und nunmehr
- sich Informatik und Mathematik verkoppelt weiterentwickeln. /15/

Das Vorhandensein von Informatik und die Verfügbarkeit informatischer Methoden führen damit unter Berücksichtigung dieser drei Rahmenfragen zu einer Herausforderung der Mathematikdidaktik, indem zu fragen ist, ob nicht neben Mathematik auch Informatik als weitere inhaltliche Bezugswissenschaft eines künftigen Mathematikunterrichts auftritt und „fundamentale Ideen“ (s. 16, 17/ beider Disziplinen didaktisch relevant sind. /18/

5 Ein breiterer Ansatz: Informatik, Allgemeinbildung und „Schlüsselprobleme“

Halten wir also fest, daß spätestens seit dem Auftreten derartiger Computeralgebrasysteme ernsthaft über eine Sinnbestimmung von Mathematikunterricht erneut nachgedacht – besser vorgedacht – werden muß.

Es sind jedoch nicht nur solche Systeme, die nachdenklich stimmen sollten, sondern man muß bei einer gründlichen Reflexion den Bogen schon weiter fassen:

- So ist verallgemeinernd die Bedeutung der Informatik und die Rolle des Informatikunterrichts mit zu berücksichtigen,
- aktuelle bildungsdidaktische Überlegungen zur Allgemeinbildung gehören dazu, und
- das Selbstverständnis von Mathematik als Wissenschaft einerseits und als Technologie im Sinne kritisch reflektierter, anwendungsorientierter Technik andererseits ist mit einzubeziehen.

In diesem Zusammenhang zeigt sich dann sehr schnell, daß auch ein anderer, rund zehn Jahre alter fächerübergreifender, bereichsdidaktischer Ansatz zu berücksichtigen ist:

- die Bedeutung der Informations- und Kommunikationstechniken für die Schule im Sinne eines Schlüsselproblems gemäß Wolfgang Klafki.

Vorschläge hierzu mit unterschiedlichem Anspruch kursieren ja unter den Bezeichnungen *Informationstechnische Grundbildung*, *Informations- und kommunikationstechnologische Bildung* usw., und gemeinsam ist ihnen, daß an die einzelnen Unterrichtsfächer von außen her Anforderungen herangetragen werden im Sinne einer Neuorientierung von Allgemeinbildung, während doch – zumindest im Gymnasium – die Unterrichtsfächer ihr Selbstverständnis eher in ihrer kulturellen Tradition hinreichend begründet sehen!

Von daher ist zu beobachten, daß man in den Schulen solchem bildungspolitisch vorgetragenen Ansinnen mit großer Skepsis begegnet, wenn es um die Modifizierung inhaltlicher Zielsetzungen geht, deren Begründung nicht primär aus den Unterrichtsfächern heraus erfolgt.

6 Computereinsatz: die naheliegende Lösung?

Allenfalls ist man in einzelnen Fächern bereit, sich darauf einzulassen, wenn es den Einsatz des Computers im Unterricht betrifft, namentlich im Mathematikunterricht. Hier dann aber etwa unter der Prämisse:

Beim Thema *Mathematikunterricht und Computer* geht es um die (angeblich) zu „bewahrende Kontinuität des Curriculums“, d. h.: Die Frage nach neuen Zielen bzw. Inhalten ist untergeordnet gegenüber der Frage, welche alten Ziele mit Hilfe neuer Medien besser erreichbar sind als auf herkömmliche Weise. /19/

Kurz gesagt bedeutet das:

Computer nimmt man wohl bereitwillig in den Mathematikunterricht auf, und zwar als Hilfsmittel, das jedoch nur dann, wenn damit der eigene bisherige Mathematikunterricht besser gestaltet werden kann.

Weiterhin kann man bei Diskussionen in Fachkreisen zum Thema *Mathematikunterricht, Computer und Informatik* vielfach als oft unausgesprochenes Paradigma der Mathematikdidaktik feststellen:

Der Mathematikunterricht soll ein gültiges Bild der Mathematik (...was immer das sein mag!) vermitteln, und hierdurch wird der Bildungsauftrag des Mathematikunterrichts auch hinreichend legitimiert.

Die Frage nach dem Sinn des Mathematikunterrichts ist also von dieser Position aus gar nicht zu stellen. Allenfalls ist man bereit zu akzeptieren, daß das „gültige Bild von Mathematik“ sich möglicherweise dadurch ändert, daß Computer und informatische Methoden auch in der Wissenschaft Mathematik eine zunehmende Rolle spielen und sich „mathematisches Arbeiten“ wissenschaftsmethodisch ändert.

7 Mathematikunterricht und Informatik(unterricht)

Schließlich ist nochmals das Verhältnis zwischen Mathematikunterricht und Informatik bzw. dem Informatikunterricht zu erwähnen. Es sieht so aus, als würde in der Mathematikdidaktik hier mehrheitlich bis heute kein Problem gesehen, obwohl seit 15 Jahren ein eigener Arbeitskreis der *Gesellschaft für Didaktik der Mathematik* hierzu existiert.

Dabei fand bereits im Jahre 1977 im *Institut für Didaktik der Mathematik* in Bielefeld eine richtungweisende Tagung über *Informatik im Unterricht der Sekundarstufe II* statt, bei der Walter Oberschelp eine tief sinnige Untersuchung *Zum Verhältnis von Mathematik, Informatik und Philosophie* vortrug. [5]

Ferner untersuchte Beck 1980 dieses Verhältnis und stellte mit dem Titel seiner Arbeit zugleich fest: *Ziele des zukünftigen Informatikunterrichts sind Ziele des Mathematikunterrichts.* /21/

Der Informatikunterricht hat seitdem eine stürmische Entwicklung genommen, was durch Veränderung von Richtlinien und Lehrplänen in rascher Folge zum Ausdruck kommt, ferner in Informatik als Abiturprüfungsfach und in der Konsolidierung einer „informationstechnischen Bildung“ bzw. (in der vom Ansatz her anspruchsvolleren) „informations- und kommunikationstechnologischen Bildung“.

Um die damalige Aussage von Beck auf ihren heutigen Gültigkeitsgehalt zu prüfen, müßten sowohl die *Ziele des heutigen Informatikunterrichts* als auch die *Ziele des heutigen Mathematikunterrichts* sorgfältig miteinander verglichen werden. Aber gibt es denn diese Ziele überhaupt in dem Sinn, daß sie einen Konsens zum Ausdruck bringen? Woher soll man diese Ziele denn überhaupt nehmen? Von staatlichen Vorgaben aus Lehrplänen und Rahmenrichtlinien, aus Stellungnahmen von Fachverbänden? Oder gibt es wissenschaftlich abgesicherte Aussagen über Bildungsziele – ja, kann es diese überhaupt geben?

Gerade letzteres ist wohl kaum möglich, wie wir mittlerweile aus den Erfahrungen mit der Curriculumentwicklung der 60er und 70er Jahre wissen, an die ja hohe Erwartungen geknüpft waren. So bleiben als Bezugsgrößen nur staatliche Setzungen, Stellungnahmen von Fachverbänden oder gewichtige Aussagen von anerkannten Autoritäten, die aber jeweils eine breite Konsensbasis finden müssen.

Derartiges ist für mich derzeit jedoch nur schwer erkennbar – eine solch aktuelle Zielbestimmung scheint kein generelles Anliegen zu sein! Sicher gibt es Stellungnahmen, die dem *Informatikunterricht* ein stärkeres Gewicht zukommen lassen wollen /22/, und kürzlich hat der *Fakultätentag Informatik* sehr deutlich die Einführung von Informatik als Pflichtfach an allgemeinbildenden Schulen gefordert. /23/ Die Mathematikdidaktik verhält sich aber zu dieser Frage scheinbar reserviert, indem hierin wohl keine Gefahr für den Mathematikunterricht gesehen wird. /24/

8 Fachdidaktische und bereichsdidaktische Ansätze

Trotzdem ist so etwas wie Aufbruchstimmung zu beobachten, d. h., inselartig keimt wohl das Bewußtsein, daß wir uns in der Mathematikdidaktik dem Computer und der Informatik nicht nur instrumentell, sondern auch inhaltlich stellen müssen, indem wir über eine künftige Sinnbestimmung von Mathematikunterricht nachdenken – der Mathematikunterricht scheint im Umbruch zu sein /26/, wenn auch unter Beachtung des „didaktischen Trägheitsprinzips“, wie Günter Hanisch es nennt. /27/

Die Ansätze hierzu sind durchaus sehr unterschiedlich, und zwar sind sie in zwei Gruppen einzuteilen:

- *fachdidaktische* Ansätze und
- *bereichsdidaktische* Ansätze.

Mit der ersten Gruppe meine ich Ansätze der Mathematikdidaktik, die aus der Sicht dieses Unterrichtsfaches entstehen, bei denen etwa folgende Leitaspekte zielführend sind, die man dem Katalog eines Aufrufs aus dem *Journal für Mathematikdidaktik* von 1987 entnehmen kann:

- *Veränderungen in der Unterrichtsmethodik durch Computer, in Schule und Hochschule*
- *Computer als Werkzeug beim numerischen oder symbolischen Rechnen (Kalkül), beim Zeichnen, bei der Begriffsbildung oder beim Üben*
- *Einsatz und Auswirkung von Softwarepaketen (numerische und symbolische Algorithmen; spreadsheets; Grafik)*
- ...
- *Begriffsveränderungen durch Computer, in der Mathematik und bei Lernenden*
- *Auswirkungen von Computern auf Anwendungen im Mathematikunterricht*
- ...
- *Rolle des Programmierens und der Programmiersprache ...*

Zu der zweiten Gruppe, den bereichsdidaktischen Ansätzen, gehören zunächst *mediendidaktische* Konzeptionen, zu denen auch grundsätzliche Aspekte intelligenter tutorieller Systeme zählen, die dann wegen der konkreten fachspezifischen Auslegung zugleich auch fachdidaktische Aspekte berühren.

Zu dieser Gruppe gehört aber vor allem auch der Bereich *Medienerziehung*, der begrifflich von der Mediendidaktik zu trennen ist, und dessen Hauptziel darin besteht, die Menschen, insbesondere Heranwachsende, *zu einem bewußten, reflektierten, kritischen, d. h. sozial erwünschten Umgang mit Medien* anzuleiten und auf diesem Weg zu begleiten. /33, S. 25/

Daher gehören zu diesem bereichsdidaktischen Ansatz auch sämtliche bildungspolitischen Anstrengungen um Berücksichtigung der *Informationstechniken im Bildungswesen* – und zwar sowohl in Deutschland als auch innerhalb der gesamten Europäischen Gemeinschaft. /34/ Kennzeichnend für solche bereichsdidaktischen Konzepte ist dabei, daß primär nicht eine Orientierung an *Unterrichtsfächern* erfolgt, sondern *fachübergreifende Aspekte* im Vordergrund stehen. /z. B. 35, S. 35/

Für die *fachdidaktische* Bearbeitung des Themas *Mathematikunterricht und Computer* bedeutet das nun, daß zugleich *bereichsdidaktische* Aspekte zu berücksichtigen sind, d. h.: Fachdidaktische und bereichsdidaktische Ansätze

müssen miteinander versöhnt und dürfen nicht gegeneinander ausgespielt werden.

- /1/ Behnke, H. / Bachmann, F. / Fladt, K. / Süß, W. (Hrsg.): *Grundzüge der Mathematik – für Lehrer an Gymnasien sowie für Mathematiker in Industrie und Wirtschaft*. (Auf Veranlassung des Deutschen Unterausschusses der Internationalen Mathematischen Unterrichtskommission). – Bd. 1: Grundlagen der Mathematik – Arithmetik und Algebra. – Vandenhoeck & Ruprecht. – Göttingen, 1962.
- /2/ Buchberger, B.: *Should Students Learn Integration Rules?* – Technical Report. – RISC-LINZ Series no. 89–07.0. – Johannes Kepler University. – A-4040 Linz, Austria, 1989.
- /3/ Winkelmann, B.: *Zur Rolle des Rechnens in anwendungsorientierter Mathematik: Algebraische, numerische und geometrische (qualitative) Methoden und ihre jeweiligen Möglichkeiten und Grenzen*. – In: /4, S. 32–42/
- /4/ Hischer, H. (Hrsg.): *Mathematikunterricht im Umbruch? Erörterungen zur möglichen „Trivialisierung“ von mathematischen Gebieten durch Hardware und Software*. – Bericht über die 9. Arbeitstagung des Arbeitskreises *Mathematikunterricht und Informatik* in der GDM vom 27. bis 29. 9. 1991 in Wolfenbüttel. – Franzbecker. – Hildesheim, 1992
- /5/ Oberschelp, W.: *Zum Verhältnis von Mathematik, Informatik und Philosophie*. – In: Bauersfeld, H. / Otte, M. / Steiner, H.-G. (Hrsg.): *Informatik im Unterricht der Sekundarstufe II*, Band II. – Schriftenreihe des IDM. – Bielefeld. – Band 16/ 1977. – S. 35–61
- /6/ Weigand, H.-G. / Weth, Th.: *Das Lösen von Abituraufgaben mit Hilfe von DERIVE*. – In: *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*. – Dümmler. – Bonn 44 (1991) 3. – S. 177–182
- /7/ Herget, W.: *Mathematikunterricht – Wie geht es weiter?* – In: /4, S. 139–148/
- /8/ Herget, W.: *Ziele und Inhalte des Informatikunterrichts – zum Vergleich*. – In: /20/
- /9/ Hischer, H. (Hrsg.): *Wieviel Termumformung braucht der Mensch? Fragen zu Zielen und Inhalten eines künftigen Mathematikunterrichts angesichts der Verfügbarkeit informatischer Methoden*. – Bericht über die 10. Arbeitstagung des Arbeitskreises *Mathematikunterricht und Informatik* in der GDM vom 25. bis 27. 9. 1992 in Wolfenbüttel. – Franzbecker. – Hildesheim, 1993
- /10/ So gibt es z. B. bereits an der Humboldt-Universität in Berlin ein *Institut für experimentelle Mathematik*.
- /11/ Eine entsprechende Forschergruppe an der Universität Karlsruhe zählt hier mit der von ihr entwickelten *Markgraf Karl Refutation Procedure* zur internationalen Spitze.
- /12/ Fischer, R. / Malle, G.: *Mensch und Mathematik*. – B. I. – Wissenschaftsverlag. – Mannheim, 1985
- /13/ So weist Winkelmann /3/ darauf hin, daß Computer schrittweise bisher menschliche Tätigkeiten übernehmen, nämlich zielgerichtetes, ergebnisorientiertes und algorithmisches Umgehen mit Zahlen und Symbolen.
- /14/ Es ist zunächst nicht erforderlich, einen Versuch der begrifflichen Abgrenzung dieser drei Termini vorzunehmen. In der Tat sind die Übergänge fließend.

- /15/ So sind die Springer Newsletter 4/1992 auf jeder Seite mit ansprechenden dreidimensionalen Computergraphiken angereichert, auch wenn auf diesen Seiten nur Werke zur „klassischen Mathematik“ aufgeführt sind! Und auf der „Schlendertasche“ für die Teilnehmer der DMV-Tagung 1992 in Berlin prangte ebenfalls eine dreidimensionale Computergraphik. Mathematiker sind damit wohl bereits den von ihnen verursachten und von den Informatikern durch entsprechende Softwareprodukte zur Vollendung gebrachten Darstellungsmöglichkeiten voll erlegen!
- /16/ Knöb, P.: *Fundamentale Ideen der Informatik im Mathematikunterricht – Grundsätzliche Überlegungen und Beispiele für die Primarstufe*. – Deutscher Universitätsverlag. – Wiesbaden, 1989
- /17/ Schweiger, F.: *Fundamentale Ideen – eine geisteswissenschaftliche Studie zur Mathematikdidaktik*. – In: Journal für Mathematikdidaktik. – Ferdinand Schöningh. – Paderborn 13 (1992) 2/3. – S. 199–214
- /18/ Dabei lasse ich offen, ob es bildungsrelevante fundamentale Ideen der Informatik gibt, die nicht bereits fundamentale Ideen der Mathematik sind.
- /19/ Appel, H.: *Ergebnisse einer vergleichenden Untersuchung zu den Auswirkungen des Einsatzes von interaktiven Graphiksystemen bei der Begriffsbildung und Satzaneignung im Geometrieunterricht*. – In: /20/
- /20/ Hischer, H. (Hrsg.): *Mathematikunterricht und Computer – neue Ziele oder neue Wege zu alten Zielen?* – Bericht über die 11. Arbeitstagung des Arbeitskreises *Mathematikunterricht und Informatik* in der GDM vom 8. bis 10. 10. 1993 in Wolfenbüttel. – Franzbecker. – Hildesheim, 1994
- /21/ Beck, U.: *Ziele des zukünftigen Informatikunterrichts sind Ziele des Mathematikunterrichts*. – In: Journal für Mathematikdidaktik. – Ferdinand Schöningh. – Paderborn 1 (1980) 3. – S. 189–197
- /22/ Förderverein MNU: *Perspektiven des Informatikunterrichts im allgemeinbildenden Schulwesen*. – Beilage zu: Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht. – Dümmler. – Bonn 44 (1991) 2 (3 Seiten)
- /23/ *Empfehlungen zum Schulfach Informatik (Sek. II) und zur Ausbildung von Informatik-Lehrkräften*, beschlossen vom Fakultätentag Informatik am 14. Mai 1993. Aus der Zusammenfassung: „... Daher sollte das Schulfach Informatik in Zukunft stärker gefördert und in der Sekundarstufe II zu einem obligatorischen Pflichtfach für alle Jugendlichen ausgeweitet werden ...“
- /24/ Löthe spricht in /25/ gar überspitzt von der „vergreisenden Mathematikdidaktik“.
- /25/ Löthe, Herbert: *Was „trivialisieren“, was „komplizieren“ informatische Methoden in der Schulmathematik?* – In: /4, S. 21–24/
- /26/ Vergleiche hierzu die Tagungsbände des Arbeitskreises *Mathematikunterricht und Informatik* in der GDM /4, 9, 20, ferner 12, 27, 28, 29, 30, 31/
- /27/ Hanisch, G.: *Die Auswirkungen der Computeralgebra auf den Mathematikunterricht*. – In /4, S. 14–20. – (Unter dem Titel *Der Mathematikunterricht zu Beginn des nächsten Jahrtausends* auch in: Math. Schule. – Päd. Zeitschriftenverlag. – Berlin 30 (1992) 10. – S. 513–521)
- /28/ Hischer, H.: *Neue Technologien als Anlaß einer erneuten Standortbestimmung für den Mathematikunterricht*. – In: mathematica didactica. – Franzbecker. – Hildesheim 14 (1991) 2/3. – S. 3–24

- /29/ Körner, H.: *Neue Bildungsziele durch den Computer?* – In: /9, S. 18–23/
/30/ Körner, H.: *Wider den Methodenzwang ohne ‚anything goes‘.* – In: /20/
/31/ Ossimitz: *Modellierung dynamischer Systeme – wozu?* – In: /20/
/32/ JMD (Hrsg.): *Themenaufruf für das JMD: Computer im Mathematikunterricht.* –
In: *Journal für Mathematikdidaktik.* – Ferdinand Schöningh. – Paderborn 8 (1987)
4. – S. 331–333
/33/ Issing, L. J. (Hrsg.): *Medienpädagogik im Informationszeitalter.* – Deutscher Stu-
dienverlag. – Weinheim, 1988
/34/ Bund-Länder-Kommission für Bildungsplanung und Forschungsförderung: *Ma-
terialien zur Bildungsplanung.* – Heft 16. – Gesamtkonzept für die informationstech-
nische Bildung. – Bonn, 1987
/35/ Kron, F., W.: *Grundwissen Didaktik.* – UTB für Wissenschaft. – München, 1993