

Nachdem unser Autor Dr. Horst Hischer in einem früheren Beitrag zum Thema *Mathematikunterricht und Computer* die Problemlage umriß /s. 1/, werden nachfolgend nun Denkansätze im Hinblick auf zukünftige Entwicklungswege dargestellt.

Mathematikunterricht und Computer: Perspektiven

HORST HISCHER

1 Mathematikunterricht zwischen Technologie und Spiel, Mathematik und Informatik

Für den künftigen Mathematikunterricht als einem Teil dieser Welt betrachte ich sowohl Mathematik als auch Informatik als fachliche Bezugswissenschaften (s. Fig. 1) /2/. Im einzelnen wird das noch zu erläutern sein. Dann bleibt aber noch zu klären, nach welchen Kriterien man eine Auswahl von entsprechenden Bildungsinhalten aus diesen Bezugsdisziplinen für ein solches Unterrichtsfach vornehmen soll. Hierfür erscheinen mir die Begriffe *homo faber* und *homo ludens* als gegensätzliche Dimensionen von Allgemeinbildung bedeutsam, was ebenfalls zu erläutern ist.

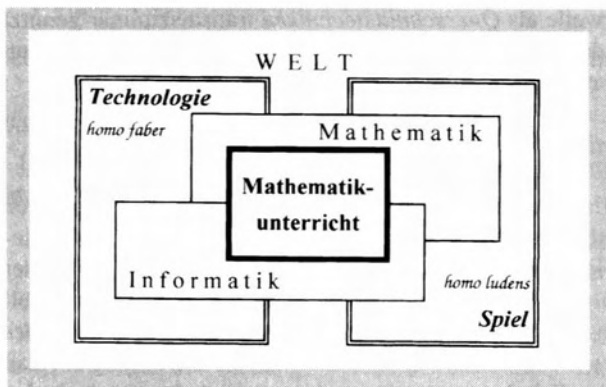


Fig. 1

- *homo faber*: Technologie als Technikgestaltung

Es erweist sich aus philosophisch-sozialwissenschaftlicher Sicht als sinnvoll, die Begriffe *Technik* und *Technologie* zu unterscheiden. /4, 5, 6/ Aufgrund der Komplexität heute möglicher technischer Projekte muß der Mensch als *homo*

faber die globalen Folgen technischen Planens und Handelns im Sinne verantworteter *Technikgestaltung* berücksichtigen, was zur *Technologie* führt.

Ein solches Verständnis von Technologie führt zu einer Synthese von Wissenschaft und Technik und darüber hinaus zu einer Integration mit den Sozial- und Geisteswissenschaften, was von den Beteiligten *Kommunikationskompetenz*, *Kooperationsbereitschaft* und das Bewußtsein der *Mitverantwortlichkeit* erfordert.

- *Mathematik und Informatik als Technologie*

Mit steigender Tendenz entwickelt sich die Mathematik zu einem unentbehrlichen Werkzeug in Wissenschaft und Gesellschaft. Diesen extrem anwendungsorientierten Zweigen wie „Technomathematik“, „Industriemathematik“ und „Wissenschaftliches Rechnen“ ist gemeinsam, daß sie als neue mathematische Disziplinen *gegen elementare Regeln und Normen der scientific community* verstoßen, und zwar durch die *Verwendung heuristischer oder experimenteller Methoden* /9, S. 191, vgl. auch 10/.

Ernst Kotzmann mahnt an, daß die Mathematik damit die Rolle einer Technologie im philosophischsozialwissenschaftlichen Sinn übernehme und somit Fragen der Technikgestaltung im Sinne von Verantwortlichkeit in ihre Aktivitäten mit einbeziehen müsse. /9, S. 194/.

Ganz entsprechendes gilt für die Informatik, denn da informatische Methoden und Werkzeuge mittlerweile als *Querschnittstechniken* transdisziplinär genutzt werden und damit in den Rang einer neuen *Kulturtechnik* geraten /5/, muß auch die Informatik als eine Technologie in diesem Sinn begriffen werden.

- *homo ludens: „Spielräume“ im Unterricht*

Die sog. „Wissenschaftsorientierung“ hat zu einer unerfreulichen kognitiven Überbetonung des Unterrichts insgesamt geführt. Hieran knüpft der Erziehungswissenschaftler Horst Ruprecht an, indem er Beziehungen zwischen der biologischen Evolution und der Pädagogik betrachtet. In seinem Denkmodell erscheint dann der Mensch *als das am längsten spielende und am meisten des Spielens bedürftige Wesen* /11, S. 32/. Er leitet hieraus die Forderung ab, daß das Bildungsangebot der Schulen von seinen *sklerotisierenden Rückständen* befreit werden müsse, um sich in allen Fächern wieder für die Spiel-Räume des Denkens zu öffnen.

Ruprecht benutzt den Begriff *Spielraum* im Sinne von *spielerischer Freiraum* als freie Übersetzung des griechischen *scholé* für *Muße* (worin ja unser heutige *Schule* sprachlich weiterlebt). Er ruft damit eindringlich zu mehr *Muße* in der Schule auf – eine Forderung, die auch Steinberg erhoben hat /8/.

• *Mathematik und Informatik als Spiel*

Auch für den Mathematikunterricht entstünden demgemäß besondere Aufgaben: *Mathematik ist ein grandioses Spiel des Geistes, und als solches müßte sie in den Schulen erscheinen.* [11, S. 38f.]

Es sei schon jetzt darauf hingewiesen, daß auch der Computer diesem Spielaspekt (von Mathematik) in hervorragender Weise zu dienen vermag! Und auch in der Informatik gibt es neben auf Nutzen gerichteten technologischen Aspekten eine gewichtige, zweckfreie, spielerische Komponente.

Somit erweist sich zwar „Technologie“ als eine bedeutsame allgemeinbildende Dimension für die Auswahl von Bildungsgegenständen und die Vermittlung von Haltungen und Einstellungen, jedoch darf dadurch keine eindimensionale kognitive Ausrichtung entstehen, sondern vielmehr muß das *Spiel* als eine unverzichtbare Dimension von Allgemeinbildung berücksichtigt werden.

Technologie und *Spiel* dürfen damit im Sinne ganzen Menschseins als allgemeinbildende Dimensionen des *homo faber* und des *homo ludens* nicht getrennt werden: Dazwischen stehen Mathematik und Informatik als fachliche Bindeglieder. Hieraus ergibt sich eine neue Standortbestimmung für den Mathematikunterricht, und daraus folgen Aufgaben für die Mathematikdidaktik.

2 Aufgaben der Mathematikdidaktik

Neben der Weiterarbeit an Konzeptionen zur Berücksichtigung des Computers als Werkzeug, Medium und Tutor sehe ich insbesondere folgende bearbeitenswerte Aufgaben:

* Inhaltliche Entschlackung und ggf. neue Sinnbestimmung des Mathematikunterrichts aufgrund

- der Verfügbarkeit informatischer Methoden, auch in der Mathematik,
- der Berücksichtigung fundamentaler Ideen von Mathematik und Informatik,
- der Berücksichtigung der pädagogischen Diskussion um Allgemeinbildung,
- der Berücksichtigung technologischer Aspekte im Sinne der Realisierung einer technologischen Bildung, welche die Beachtung und Betonung der Grenzen der Anwendbarkeit der entsprechenden Methoden aus Mathematik und Informatik und ggf. ethische Aspekte mit einschließt, dabei insbesondere
- des Vorhandenseins von „Trivialisierern“ (und damit des Verfalls klassischer Bereiche des realen Mathematikunterrichts bis hin zur Bedeutungslosigkeit im Sinne von *Wieviel Termumformung braucht der Mensch?*), verbunden mit der möglichen *Entstehung von „Freiräumen“*.

* Inhaltliche und methodische Ausgestaltung von Freiräumen zu Spielräumen (Möglichkeiten zur Entstehung von *Muße* im Sinne des griechischen *scholé*) ggf. durch

- *neue Ziele*,
- *neue Akzentuierung alter Ziele* bzw.
- *neue Wege zu alten Zielen*.

Hierbei kann auch der konkrete Computereinsatz eine wichtige Rolle spielen.

Wenn es denn eine solche „Trivialisierung“ mathematischer Gebiete durch Hardware und Software – gibt, so ergeben sich mit Sicherheit zumindest die folgenden drei Fragen, die von der Mathematikdidaktik zu bearbeiten sind:

(1) Was ist bei der Verwendung von „Trivialisierern“ im Mathematikunterricht zur Erreichung bisheriger Bildungsziele zu beachten?

Das ist eine naheliegende Frage, die vom bestehenden Curriculum ausgeht und von der Suche nach methodischen Verbesserungsmöglichkeiten mit Hilfe des Computers als einem Werkzeug geleitet wird. /12/

Eine ganz besondere Rolle spielen hierbei wohl künftig Formelmanipulationssysteme und interaktive Geometrie-Konstruktionsprogramme, aber auch bereits jetzt schon „einfachere“ Programme wie Rechenblätter und Funktionsplotter, insbesondere auch graphische Taschenrechner, die man besser *Taschencomputer* nennt. Hierzu gehört dann auch die Frage, welche Rolle solche Systeme künftig bzw. schon jetzt beim Abitur spielen sollen, etwa: Abitur mit DERIVE?

Neben dieser Frage nach Berücksichtigung der Möglichkeiten, Bedingungen und Folgen des Computereinsatzes im Rahmen des bisherigen Curriculums müssen aber im Zusammenhang mit Trivialisieren auch folgende, inhaltlich zukunftsweisende Fragen gestellt werden:

(2) Gibt es neue Bildungsziele für den Mathematikunterricht durch die Verwendung bzw. Verwendungsmöglichkeit von „Trivialisierern“ im Unterricht?

(3) Gibt es neue Bildungsziele für den Mathematikunterricht aufgrund der Existenz von „Trivialisierern“ – und zwar ohne daß diese im Unterricht eingesetzt werden (müssen)?

Während die zweite Frage eigentlich eine sachlogische Vertiefung der ersten darstellt, ist die dritte von völlig neuer Qualität: Denn hier wird unterstellt, durch „Trivialisierung“ bestimmte kanonisierte Bereiche des Mathematikunterrichts an Bedeutung verlieren oder gar entbehrlich werden können, was dann die Entstehung von Freiräumen für neue Zielsetzungen zur Folge haben könnte.

Zusammenfassend mit dem vorhergehenden läßt sich folgende Frage anschließen:

- Ergeben sich aufgrund der Existenz von Trivialisierern vielleicht neue Chancen für den Mathematikunterricht – Chancen, die wir uns eigentlich schon immer gewünscht haben?

Plakativ ließe sich das etwa folgendermaßen ausdrücken:

- meditieren statt differenzieren?

Dieser Punkt ist insofern besonders bedeutsam, weil er eine spielerisch-philosophische Qualität des Mathematikunterrichts betont.

Dabei muß aber berücksichtigt werden, daß ein künftiger Mathematikunterricht bei Wegfall „trivialisierter Gebiete“, die als kalkülhafte Bereiche bisher einen quantitativ großen Teil des Unterrichts einnehmen, nicht leichter und schon gar nicht „trivial“ wird.

Zugleich wage ich die Prophezeiung, daß ein enormer Druck auf den Mathematikunterricht durch die Gesellschaft entstehen wird, wenn erst hinreichend bekannt geworden ist, womit ein wesentlicher Teil der Unterrichtszeit verbracht wird. Und stellen wir uns bitte vor, es würde dann gar behauptet, diese „Kalkülakrobatik“ habe angesichts der Verfügbarkeit neuartiger Werkzeuge keinen Bildungswert mehr!

Haben wir denn dazu eine Meinung, die Bestand haben kann? Ich denke, wir sollten uns bereits jetzt auf diese Situation einstellen und sorgfältig untersuchen, in welchem Umfang beispielsweise künftig Termumformungstechniken noch beherrscht werden müssen und vor allem: an welchen alten oder neuen Zielsetzungen des Mathematikunterrichts und allgemein der Schule das gemessen werden soll!

Falls dann noch der Druck auf die Bildungspolitik seitens der Informatik über mächtige Interessenverbände immer stärker wird und ferner das Bewußtsein wachsen sollte, daß mittels informatischer Methoden Anwendungsprobleme angeblich besser lösbar seien, als es im herkömmlichen Mathematikunterricht vermittelt wird – was bleibt dann?

Meine Vermutung bzw. Befürchtung ist: Wenn die Mathematikdidaktik nicht rechtzeitig die Kraft zur Reflexion und Weiterentwicklung der Zielsetzungen eines künftigen Mathematikunterrichts entwickelt, dann wird dieser wohl eine Qualität erhalten, die ihn in die Nähe des Philosophieunterrichts rückt. Philosophieunterricht ist aber erstens kein Pflichtfach (wie jetzt i.d.R. der Informatikunterricht) und wird außerdem etwa nur zweistündig erteilt (wie ebenfalls der derzeitige Informatikunterricht)! Noch einmal: Was bleibt also?

3 Zur Rolle der Informatik

Ich sehe den Weg aufgezeigt durch die zehnjährigen bundesweiten Anstrengungen bezüglich der Berücksichtigung der Informations- und Kommunika-

tionstechniken im Bildungswesen. Diese bereichsdidaktischen Bemühungen wurden allerdings von den Fachdidaktikern bisher nur zögerlich aufgenommen. Dabei liegt gerade hierin eine Chance zu einer Neuorientierung, auch für den Mathematikunterricht. Denn betrachten wir die Möglichkeiten und Gefahren, die mit den modernen Informations- und Kommunikationstechniken verbunden sind, als ein Schlüsselproblem im Sinne von Klafki, so entsteht unter Berücksichtigung des transdisziplinären Aspekts von „Technologie“ hieraus eine Bildungsaufgabe für die Schule insgesamt, für die ein einziges Fach völlig überfordert wäre – auch Informatik.

Für die Mathematikdidaktik folgt hieraus, daß einerseits ein bereichsdidaktischer Zugang zu diesem Schlüsselproblem erforderlich ist, indem untersucht wird, welchen Beitrag auch der Mathematikunterricht hierzu leisten kann. Erste Ansätze aus vielen Bundesländern liegen vor und harren der kritischen Bewertung, Veränderung und Weiterentwicklung durch die Mathematikdidaktik. Zugleich müßte über die Zielsetzungen einer solchen „technologischen Bildung“ hinaus gefragt werden, welche damit noch nicht abgedeckten „fundamentalen Ideen“ der Informatik Allgemeinbildungsanspruch erheben können. Man organisiere also ein „joint venture“ und vereinige wesentliche, „fundamentale“ Ideen aus den beiden Disziplinen Informatik und Mathematik, um daraus ein neues, gewichtiges, zukunftsorientiertes Unterrichtsfach zu konzipieren!

Der Name dieses Fachs? Was spricht gegen *Mathematikunterricht* ?

Ich sehe daher künftig neben Mathematik auch Informatik als fachliche Bezugswissenschaft eines neuartigen „Mathematik“-Unterrichts. Wir brauchen also keine Konfrontation zwischen den Interessengruppen der Fächer Mathematik und Informatik, sondern wir sollten auf eine Integration drängen, denn – auch eine Kooperation wird letztlich nicht gelingen, – und es gibt noch andere gewichtige Aspekte von Schule außer Mathematik und Informatik!

4 Beispiele zum Computereinsatz

Ein Mangel des bisherigen Mathematikunterrichts war, daß im wesentlichen statische Sichtweisen überwogen haben, dynamische Betrachtungen jedoch selten auftraten, ja auch kaum möglich waren. Dynamische Betrachtungsweisen sind jedoch typisch für die Informatik, und schließlich haben auch viele reale Anwendungssituationen dynamischen Charakter.

Ich skizziere nun dynamisch orientierte Beispiele, die den Aspekt „Entdecker“ hervorheben, bei denen also der Computer zu einer Quelle spielerischer Erkenntnis wird, ferner ein Animationsbeispiel, bei denen der Computer als Veranschaulichungsmedium genutzt wird.

4.1 Entdecker: Variation von Funktionsparametern

Funktionenplotter haben für den Unterricht eine große praktische Bedeutung. Sie sind leistungsfähige Werkzeuge zur vielfältigen Visualisierung und Untersuchung von Funktionsgraphen, und zwar mehrerer Graphen in einem gemeinsamen Koordinatensystem. Dennoch liegt hier ja zunächst lediglich eine schnellere Ausführung von Tätigkeiten vor, die man auch von Hand machen könnte.

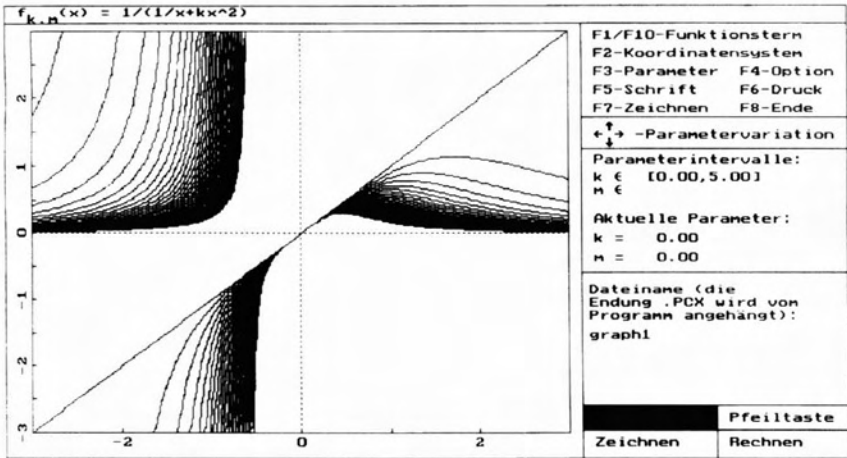


Fig. 2

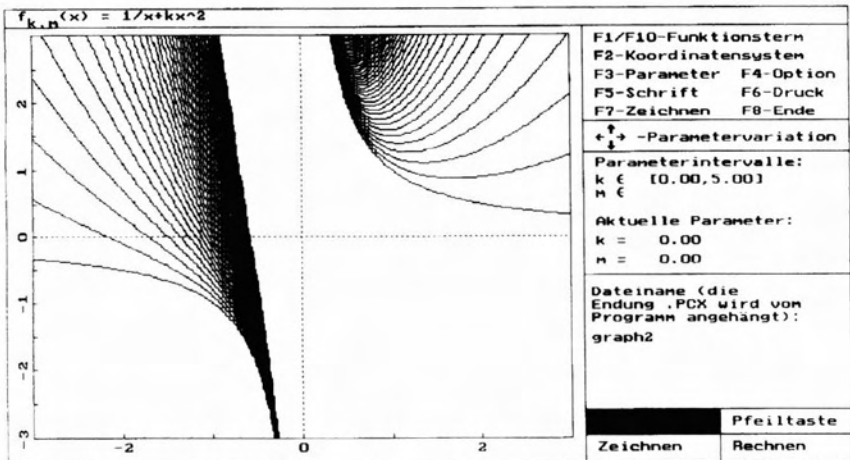


Fig. 3

Meine Meinung war jedoch stets, daß der Durchbruch erst dann gelungen ist, wenn Funktionsplotter etwas „können“, was Menschen nicht können: nämlich die *Parametervariation bei Scharkurven*, um damit den Schülerinnen und Schülern den Begriff *Formvariable* erstmals handgreiflich und interaktiv vor Augen führen zu können.

Daher bin ich sehr erfreut, daß Michael Weiß meiner Anregung gefolgt ist und mit seinem Programm PARAPLOT einen leistungsfähigen dynamischen Funktionsplotter vorgelegt hat /16/ – der erste, den ich kenne.

So kann man also leicht etwa die Form- und Lageveränderungen von Funktionsgraphen durch Variation der Parameter experimentell entdecken, z. B. bei $\frac{1}{x} + kx^2$ und von $\frac{1}{x} + kx^2$ usw. (s. Fig. 2 und 3).

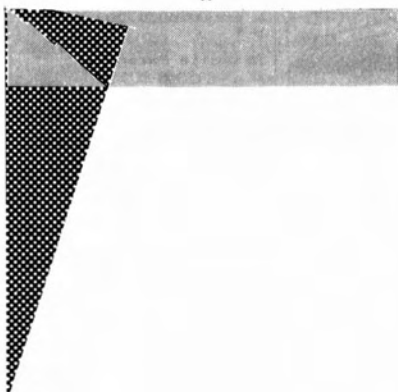


Fig. 4

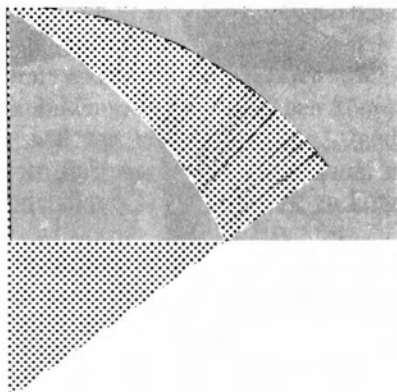


Fig. 5

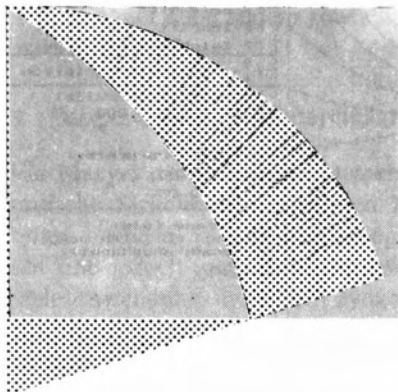


Fig. 6

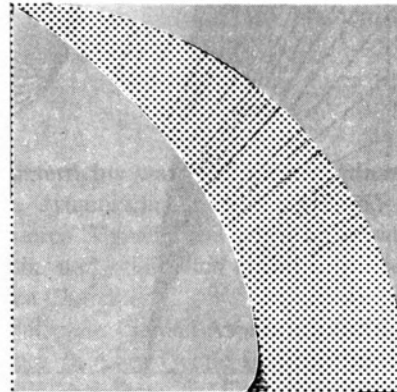


Fig. 7

4.2 Animation: Simulation des Quadratrixzirkels

Die Quadratrix diente im Altertum der Quadratur des Kreises bzw. der Winkelreiteilung und hieß dann *Trisectrix* /siehe z. B. 17/. Sie wurde damals kinematisch als Ortskurve zweier sich schneidender, bewegender Strecken definiert, was sich nunmehr sehr schön dynamisch mit einem Werkzeug durch Animation demonstrieren läßt. Der Funktionenplotter von Eberhard Lehmann /18/ ist hierfür sehr gut geeignet. Die vier „Momentaufnahmen“ aus Fig. 4 bis 7 veranschaulichen den Sachverhalt.

4.3 Entdecker: Das Seitenmittenviereck

Das Geometrie-Konstruktionsprogramm GEOLOG von Gerhard Holland /19, S. 10/ eignet sich auch hervorragend als Entdecker, denn es ermöglicht, heuristisch und experimentell interaktiv Vermutungen zu bilden.

Beispielsweise kann man die Aufgabe stellen, ein Viereck zu zeichnen und in dieses das Seitenmittenviereck einzutragen. Durch Variation der Eckpunkte (F5) entdecken die Schüler spielerisch, daß alle Seitenmittenvierecke Parallelogramme sind, und zwar auch bei überschlagenden Ausgangsvielecken (s. Fig. 8 und 9, S. 394)

Die Evidenzbasis ist hier derart groß, daß es schon schwierig sein dürfte, bei den Schülern noch Einsicht in die Beweisbedürftigkeit zu vermitteln. Hier stehen wir offenbar aufgrund der riesigen Datenbasis vor neuartigen Problemen des Mathematikunterrichts.

Interessante Entdeckungsmöglichkeiten ergeben sich auch in Verbindung mit der eingebauten numerischen Berechnungsmöglichkeit. So kann man etwa Streckenverhältnisse einblenden lassen und deren Invarianz bzw. Nichtinvarianz bei Variation entsprechender Bezugspunkte demonstrieren, was wiederum in Beweisuntersuchungen münden kann.

5 Schlußbemerkungen

Die Beispielliste ließe sich noch weiter fortsetzen und kann nie erschöpfend sein. Aber einige Andeutungen seien noch gemacht:

Gehen wir also von Informatik und Mathematik als fachlichen Bezugswissenschaften eines künftigen Mathematikunterrichts aus, so hatte ich folgende Dimensionen von Allgemeinbildung vorgestellt, die mir für die Formulierung von Zielen und die Auswahlentscheidung für Inhalte und Methoden bedeutsam erscheinen:

Selektiere bei gedruckter linker Maustaste einen variierbaren Punkt

lösche Alles
zahl
zahlern
punkt
gerade
halbgerade
kreis
s(U,U,d)
g(U,U)
par(U,g)
ortho(U,g)
h(U,U)
hg(h,alpha)
k(U,U)
kr(M,r)
f & g
punkt(h,r)
s(U,U)
poly(A..Z)
l(U,U)
w(u,u)
w(U,U,H)
punktauf(figur)
krnp(k)
anfp(h)

Selektiere bei gedruckter linker Maustaste einen variierbaren Punkt

lösche Alles
zahl
zahlern
punkt
gerade
halbgerade
kreis
s(U,U,d)
g(U,U)
par(U,g)
ortho(U,g)
h(U,U)
hg(h,alpha)
k(U,U)
kr(M,r)
f & g
punkt(h,r)
s(U,U)
poly(A..Z)
l(U,U)
w(u,u)
w(U,U,H)
punktauf(figur)
krnp(k)
anfp(h)

Fig. 8. 9

- Technologie als *verantwortungsethisch orientierter Anwendungsbezug* (im Sinne einer „technologischen Bildung“) – homo faber
- Spiel als *nicht auf Nutzen gerichteter Gegenpol zum Anwendungsbezug* (im Sinne einer vielseitigen, individuell ausgerichteten Bildung) – homo ludens

(1) Im Rahmen der Dimension *Technologie* geht es u. a. um anwendungsbezogene Beispiele, bei denen auch Werkzeuge und Methoden der Informatik eine große Rolle spielen werden. Hierzu gehört dann auch der Bereich *Modellbildung und Simulation*.

Ob dann der *Computereinsatz* konkret immer die geeignete Methode ist, sei angesichts der derzeit noch besseren Verfügbarkeit leistungsfähiger Taschencomputer mit Graphikdisplay dahingestellt. Auf dem Wege der Miniaturisierung werden solche Geräte jedenfalls an Leistungsfähigkeit dramatisch zunehmen und dem bisherigen Tischcomputer Konkurrenz machen.

Im Bereich der Geometrie werden wir jedoch wohl weiterhin auf Geräte mit großem, hochauflösendem Display und Maus angewiesen sein, weil sonst ästhetisch kein Genuß entsteht. Interaktive Konstruktions- und Beweisprogramme werden hier sicherlich eine große Bedeutung erlangen.

(2) Möglichkeiten zur Ausgestaltung des Aspekts *Spiel* werden sich künftig möglicherweise gerade durch Ausnutzung der Freiräume ergeben, die aufgrund der Verfügbarkeit informatischer Methoden (u. a. also der „Trivialisierer“) entstehen, indem klassische, kalkülorientierte Unterrichtsphasen an Bedeutung verlieren werden.

Dieses kann man bewußt als Chance begreifen, um „schöne“ Themen spielerisch in den Unterricht aufzunehmen, wie vielleicht aus Zahlentheorie, Kombinatorik und Stochastik, die normalerweise meist zu kurz kommen oder gar nicht behandelt werden. Auch mehr Geometrie gehört hierher, und warum nicht auch mal anschauliche Topologie? Es gibt so vieles, was Spaß macht – wir müssen uns nur dazu als einem bewußten Bildungsziel bekennen! Anregungen dazu hält die Literatur in Fülle bereit.

Dies alles erfordert keinen Computereinsatz, gleichwohl ergeben sich auch über den Computereinsatz viele spielerische Aspekte, die es zu nutzen gilt! Insbesondere wird das geometrische und generell visualisierende Methoden und Programme betreffen.

Schließlich werden wir aufgrund der Freiräume auch einen keineswegs neuen Aspekt des Mathematikunterrichts wieder beleben können (oder müssen?) – den mathematischen Aufsatz!

Interessante Perspektiven liegen vor uns – packen wir's an!

- /1/ Hischer, H.: *Mathematikunterricht und Computer – ein Überblick.* – In: Math. Schule. – Päd. Zeitschriftenverlag. – Berlin 32 (1994) 6. – S. 321–332
- /2/ Ausführlichere Darstellung in /3/.
- /3/ Hischer, H.: *Neue Technologien als Anlaß einer erneuten Standortbestimmung für den Mathematikunterricht.* – In: mathematica didactica. – Franzbecker. – Hildesheim 14 (1991) 2/3. – S. 3–24
- /4/ Bammé, A. et al.: *Technologische Zivilisation und die Transformation des Wissens.* – Profil Verlag. – München (1988).
- /5/ Zimmerli, W. Ch.: *Der Mensch als Schöpfer seiner selbst – Realität und Utopie der Neuen Technologien.* – In: Kwiran, M.; Wiater, W.: *Schule im Bannkreis der Computertechnologie.* – R. Brockhaus Verlag. – Wuppertal, 1989
- /6/ Hülsmann, H.: *Mathematik in der Technologischen Formation.* – In: /7, S. 110–128/
- /7/ Maas, J.; Schlöglmann, W. (Hrsg.): *Mathematik als Technologie? Wechselwirkungen zwischen Mathematik, Neuen Technologien, Aus- und Weiterbildung.* – Deutscher Studienverlag. – Weinheim (1989), Tagungsband
- /8/ Steinberg, G.: *Analysis im Mathematikunterricht des Gymnasiums: Kommt Bewegung in festgefahrene Spuren?* – Hauptvortrag auf der 25. Bundestagung für Didaktik der Mathematik vom 4. bis 8. 3. 1991 in Osnabrück. [In der Kurzfassung im Tagungsband (Beiträge zum Mathematikunterricht 1991. – Franzbecker. – Hildesheim, 1991. – S. 69–76) fehlt dieser Hinweis leider.]
- /9/ Kotzmann, E.: *Alte Theorie – Neue Praxis. Informationstechnologische Auswirkungen auf die Mathematik.* – In: /7/
- /10/ Janssen, R.: *Wissenschaftliches Rechnen: eine neue Wissenschaft und ihre Auswirkungen auf die Mathematik.* – In: /7, S. 47–56/
- /11/ Ruprecht, H.: *Spiel-Räume fürs Leben – Musikerziehung in einer gefährdeten Welt.* (Festvortrag auf der 7. Bundesmusikschulwoche Karlsruhe 1988). – In: Ehrenforth, Karl-Heinrich (Hrsg.): *Kongreßbericht 7. Bundesmusikschulwoche Karlsruhe 1988, S. 32–39.* Mainz (1989).
- /12/ Insbesondere sind hier auch die Wirkungen auf die Schülerinnen und Schüler zu beachten, vgl. z. B. die Betrachtungen und Untersuchungen von Bauersfeld /13, 14/ und Krummheuer /15/.
- /13/ Bauersfeld, H.: *Computer und Schule – Fragen zur humanen Dimension.* – Arbeiten aus dem IDM, Universität Bielefeld. – Occasional paper 56, November 1984.
- /14/ Bauersfeld, H.: *Die Besonderheiten der Computererfahrungen.* – Arbeiten aus dem IDM, Universität Bielefeld. – Occasional paper 60, Januar 1985.
- /15/ Krummheuer, Götz: *Orientierungen für eine mathematikdidaktische Forschung zum Computereinsatz im Unterricht.* – In: Journal für Mathematikdidaktik. – Schöningh. – Paderborn 14 (1993) 1. – S. 59–92.
- /16/ PARAPLOT, Version 3.0, PD-Software von M. Weiß, Gifhorn, Fax (05371) 98 75 55
- /17/ Hischer, H.: *Geschichte der Mathematik als didaktischer Aspekt (2). Lösung klassischer Probleme mit Hilfe von Trisectrix und Quadratrix – ein Beispiel für die S II.* – In: Math. Schule. – Päd. Zeitschriftenverlag. – Berlin 32 (1994) 5. – S. 279–291

- /18/ Lehmann, E.; Ruprecht, G.: *Zum Einsatz eines Funktionenplotters im Mathematikunterricht – Folge 1: Mit Beispielen aus der Sekundarstufe I. / Folge 2: Mit Beispielen aus der Sekundarstufe II.* In: Math. Schule. – Päd. Zeitschriftenverlag. – Berlin 32 (1993) 3, S. 180–188 bzw. 4, S. 244–250
- /19/ Holland, G.: *GEOLOG – Geometrische Konstruktionen mit dem Computer* (Mit Systemdiskette für MS-DOS-Rechner mit CGA-, Hercules-, EGA- oder VGA-Graphikkarte). Dümmlers Verlag. – 1993
-