

Informatik-affine Themen in der Didaktik der Mathematik

Jochen Ziegenbalg

Ähnlich wie es W. Dörfler in seinen „Impressionen aus (fast) vier Jahrzehnten Mathematikdidaktik“ in [Dörfler, 2013] beschreibt, ist auch dies ein durch persönliche Erfahrungen und Erinnerungen (an meine knapp 50-jährige Tätigkeit in Wirtschaft und Hochschule) gefärbter Essay – und alle daraus resultierenden Dörflerschen „caveats“ treffen sinngemäß auch auf diesen Beitrag¹ zu.

1 Einige historische Skizzen

1.1 Das Entstehen einschlägiger Organisationsstrukturen

Im Kontext dieses Beitrags stehen grundsätzlich die jeweiligen fachdidaktischen Organisationen (für Didaktik der Mathematik bzw. Didaktik der Informatik) im Vordergrund. Diese sind aber ohne die entsprechenden „Muttersgesellschaften“ (DMV – Deutsche Mathematiker-Vereinigung, GI – Gesellschaft für Informatik) kaum denkbar. Zunächst sei ein kurzer, kompakter Abriss der Entstehung und Entwicklung dieser Gesellschaften und ihrer fachdidaktischen Unterorganisationen gegeben:

Mathematik und ihre Didaktik

- 1890: Gründung der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV) auf der Versammlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte in Bremen
- 1966: Erster Pädagogischer Hochschultag zur Didaktik der Mathematik in Berlin
- 1967: Erste Jahrestagung zur Didaktik der Mathematik in Osnabrück
- 1975: Gründung der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM) in Saarbrücken
- 1978: Gründung des GDM-Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ (AKMUI) auf der GDM-Jahrestagung in Münster

Informatik und ihre Didaktik

- 1969: Gründung der Gesellschaft für Informatik (GI) in Bonn
- 1978/80: Gründung von GI-Fachausschüssen (FA); FA 9/10: „Ausbildung“

- 1983: Umstrukturierung in Fachbereiche (FB); FB 7: „Ausbildung und Beruf“
- 2002: Umfirmierungen: „FB Informatik und Ausbildung/Didaktik der Informatik“ (IAD)
- 2011: Gründung des GI-Fachausschusses „Informatische Bildung in Schulen“ (FA IBS)

1.2 Skizze zur Entwicklung von Hard- und Software (einschließlich der Vorgeschichte)

Im Fokus dieses Beitrags stehen die jüngsten Entwicklungen in der Didaktik der Mathematik und Informatik in Deutschland (wobei hier aus Gründen der umfangsmäßigen Beschränkung auf die Entwicklung in der DDR nicht eingegangen werden kann). Dies ist aber ohne einen (zumindest kurzen) Rückblick auf die jeweilige Vorgeschichte kaum sinnvoll. Die folgende kurze Skizze stellt nur den Versuch dar, die Dinge aus der richtigen Perspektive zu betrachten; sie ist kein Ersatz für entsprechende historische Studien.

Im Folgenden wird (sehr grob) zwischen den folgenden beiden Epochen unterschieden:

- Die Ära vor dem Personal Computer (PC): Von den Anfängen bis etwa in die Mitte der 1970er Jahre

- Die Ära mit dem PC

Die historisch dokumentierte Entwicklung von Mathematik und Informatik nimmt ihren Lauf mit der Entdeckung und Beschreibung erster Rechenverfahren etwa in der Zeit ab 3000 v. Chr. Am Anfang standen naturgemäß die Basis-Algorithmen für die Grundrechenarten und erste Elemente des anwendungsbezogenen Rechnens. Im Zeitraum 1800–1600 v. Chr. wird als einer der ersten sich nicht nur auf die Grundrechenarten beziehenden Algorithmen das babylonisch-sumerische Verfahren zum Wurzelziehen auf einer Tontafel dargestellt (Yale Babylonian Collection YBC 7289).

In den folgenden vier Jahrtausenden entwickelten sich Mathematik und Informatik kontinuierlich weiter – in Abhängigkeit von den jeweiligen Kulturkreisen aber mit enorm unterschiedlicher Intensität, Geschwindigkeit und inhaltlicher Tiefe. Den entscheidenden Impuls zu dieser Entwick-

¹ Ausarbeitung des gleichnamigen Hauptvortrags auf der Tagung des Arbeitskreises „Mathematikunterricht und Informatik“ der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik (GDM), Soest, September 2012

lung gaben die herausragenden Mathematiker der griechischen Antike im Zeitraum von etwa 600 v. Chr. bis 400 n. Chr. Auf die mathematisch eher weniger ergiebige Epoche des Mittelalters folgte mit der Renaissance eine zuweilen stürmische Entwicklung der Mathematik, die bis zum Auftreten Georg Cantors (1845–1918), der Mengenlehre und insbesondere des Auswahlaxioms durchweg algorithmischer Natur war (denn alle Objekte, mit denen sie sich beschäftigte, waren explizit konstruiert). Nicht-konstruktive (und damit auch nicht-algorithmische) Entwicklungen setzten in der Mathematik erst mit der Verwendung des Auswahlaxioms ein. Der Mathematikhistoriker H. M. Edwards formulierte prägnant in einem Artikel über Leopold Kronecker (1823–1891): "For him, the algorithm was needed to give meaning to his mathematics, and he was following in the footsteps of many other – one might say all other – great mathematical thinkers who preceded him".

Die Mathematik jener Zeitepochen war zwar algorithmischer Natur; es schien aber intuitiv klar zu sein, was mit dem Begriff „Algorithmus“ gemeint sei und es bestand kein Bedürfnis, diesen Begriff näher zu definieren. Erst ab etwa den 1930er Jahren setzte im Zusammenhang mit der Reflexion der Grundlagen der Mathematik eine erhebliche Vertiefung der Frage ein: „Was ist ein Algorithmus?“ bzw. „Was soll es heißen, dass eine Funktion berechenbar ist?“ Die Frage wurde von verschiedenen Mathematikern höchst unterschiedlich beantwortet.

Alan Turing formulierte das gedankliche Konstrukt einer abstrakten, extrem primitiven Maschine, die ihm zu Ehren heute als „Turing Maschine“ bezeichnet wird. Kurt Gödel, Andrej A. Markoff jr. (und andere) begründeten den Begriff der Berechenbarkeit (d. h. des Algorithmus) auf dem Konzept der rekursiven Funktionen. Alonzo Church (und andere) entwarfen den „Lambda-Kalkül“, auf dem sie den Begriff des Algorithmus aufbauten. Der Lambda-Kalkül ist heute zugleich ein wesentlicher Bestandteil der Programmiersprachen der Lisp-Familie.

In der zweiten Hälfte der 1930er Jahre konnte die Gleichwertigkeit dieser Konzepte nachgewiesen werden. Dies gab Anlass zur Formulierung der Churchsch'schen These: Jedes der drei oben beschriebenen Konzepte stellt eine angemessene Beschreibung des Begriffs des Algorithmus (bzw. der Berechenbarkeit) dar. Da „angemessen“ kein mathematischer Begriff ist, entzieht sich die These von Church einem formalen mathematischen Beweis. Aufgrund der Gleichwertigkeit der unterschiedlichen Konzepte für die Berechenbarkeit ist sie aber als hochgradig plausibel und vernünftig anzusehen.



Nachbau des Z1 im deutschen Technik Museum in Berlin (Stahlkocher (CC BY-SA 3.0))

Schon immer seit es mathematische Algorithmen gab, war man bestrebt, Maschinen zur Ausführung dieser Algorithmen zu konstruieren. Wohlbekannte Beispiele sind: der Abakus, der Suan Pan, die Rechenmaschinen von Schickard, Pascal, Leibniz, Braun, Hahn, astronomische Uhren, Jacquards Lochkarten-gesteuerter Webstuhl, Babbages Difference Engine, Holleriths Registriermaschine. Dies waren alles *dedizierte* Maschinen, also Maschinen, die geeignet waren, relativ eng umrissene Probleme aus einer bestimmten Problemklasse zu lösen. In der zweiten Hälfte der 1930er Jahre entstanden die ersten Universalcomputer: Konrad Zuse konstruierte mit der Z1 (1938) den ersten (noch rein mechanisch funktionierenden) Universalcomputer überhaupt. In den 1940er/50er/60er/70er Jahren folgte die stürmische Entwicklung hin zu den Geräten, die man heute als „Computer“ bezeichnet. Entscheidend für die bis dahin ungeahnten Möglichkeiten der Miniaturisierung war die Erfindung des Transistors (Shockley 1947, Nobelpreis 1956) und in der Folge die Entwicklung integrierter Schaltkreise (Kilby 1958, Nobelpreis 2000). Einsatzbereiche für diese bis in die 70er Jahre trotz Miniaturisierung immer noch recht klobigen Computer waren vorrangig das Militärwesen, der Hochschulbereich, später die Wirtschaft, jedoch kaum der Bildungsbereich – abgesehen von ersten Versuchen zum sogenannten „Programmieren Unterricht“, worunter man den Einsatz des Computers als „Tutor“ verstand. Die Bildung stand damals nicht im Zentrum der Computernutzung. Mit den ersten programmierbaren elektronischen Taschenrechnern zeichnete sich zu Beginn der 1970er Jahre die Ära des Personal Computers (PC) am Horizont ab. Der Durchbruch kam 1976/77 mit marktfähigen Mikrocomputern wie Apple I (1976), Commodore PET (1977), TRS-80 (1977), Apple II, Sinclair ZX80, C64, Atari, Commodore Amiga und anderen. Dies war ein Quantensprung weg von der bis dahin vorherrschenden Stapelverarbeitung und hin zur interaktiven, personalisierten Compu-

ternutzung. Natürlich hatten diese Computer jede Menge Kinderkrankheiten, aber es war das erste Mal, dass sich Privatleute einen eigenen, praktisch voll funktionsfähigen Computer leisten konnten. Einige typische Eigenheiten dieser Computer waren:

- Jedes dieser Computerfabrikate hatte sein eigenes, isoliertes Betriebssystem. Die Betriebssysteme waren meist mit einem BASIC-Dialekt „verschmolzen“.
- Als externe Datenträger verwendete man Audio-Kassetten, später Disketten. Die Aufzeichnungsformate der verschiedenen Hersteller waren untereinander total inkompatibel.
- Anwendersoftware gab es keine; nicht einmal Textverarbeitung. Was auch immer man mit Hilfe eines solchen PC tun wollte, musste auf der Basis von (meist selbstgeschriebenen) BASIC-Programmen (gelegentlich auch Assembler-Programmen) getan werden.
- Elektronische Kommunikation, Email, Internet gab es nicht; bzw. nur in rudimentärer Form an einigen, wenigen Hochschulen und im Militärbereich.

Sehr bald wurden erste „portable“ Betriebssysteme für Personal Computer entwickelt: ab 1974 das „Control Program for Microcomputers“ (CP/M), ab etwa 1981 MS-DOS. Apple's Lisa Computer (1983) initiierte die Ära der Fenster- bzw. GUI-basierten Systeme (GUI: Graphics User Interface – in der Regel in Verbindung mit einer „Maus“). In der Folgezeit kam es zu deutlichen Konvergenz-Effekten bei den Betriebssystemen, von denen im PC-Bereich bis heute im wesentlichen drei Varianten „überlebt“ haben: MS-DOS/Windows, das Betriebssystem für die Apple Computer und verschiedene Varianten von Unix/Linux (neuerdings mit dem Ableger „Android“ für Smartphones und Tablet Computer).

Parallel dazu entstanden erste Anwendersysteme zur Textverarbeitung: WordStar (1978), WordPerfect (1979/80), Word (1983) u. v. m. Im Jahre 1979 tauchte ein Programm auf, das die PC-Welt schlagartig veränderte. Sein Name war *VisiCalc*; es war der Urvater dessen, was man heute unter der Bezeichnung Tabellenkalkulation (electronic spreadsheet) kennt. Da ab sofort kein PC mehr verkäuflich war, für den es kein Tabellenkalkulationsprogramm gab, wurden sehr schnell eine Reihe von Clones entwickelt: Multiplan (1982), Lotus 1-2-3 (1983). Die Entwicklung ging rasch weiter in Richtung integrierter „Office“ Software, die aus den Hauptkomponenten Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, (kleines) Datenbanksystem bestand. Heute kommen in der Regel noch ein Präsentationssystem und Kommunikationskomponenten hinzu.



VisiCalc auf dem Apple IIe (© Computer History Museum)

Nach dem Aufkommen der ersten Modems für Personal Computer (ab etwa Anfang der 1980er Jahre) öffnete sich auch für diese Geräte zunächst langsam, dann aber immer schneller und ganz weit die Welt der Email und des Internet bzw. des World Wide Web. Programme, mit denen man das Internet durchstöbern konnte, nannten sich „browser“. Erste Browser für den „gemeinen Nutzer“ gab es etwa ab den 1990er Jahren: Lynx (noch textbasiert) 1992, Mosaic 1993, Netscape 1994.

2 Entwicklungen inhaltlicher und methodologischer Natur

Schon sehr bald nach dem Auftauchen der ersten Personal Computer erkannten „wache“ Mathematiklehrer und Mathematikdidaktiker das Potential dieser Geräte für den Mathematikunterricht. Eine im Bereich der Didaktik der Mathematik schon immer intensiv diskutierte Anwendungsform war das algorithmische Problemlösen. Mit dem Computer war nun das ideale Werkzeug vorhanden, um Algorithmen nicht nur theoretisch mit Bleistift und Papier zu behandeln, sondern sie auch mit echten, konkreten Daten laufen zu lassen. Dies führte sehr bald zu der höchst kontrovers diskutierten Fragestellung: Soll das Programmieren von Algorithmen auch im Unterricht behandelt werden?

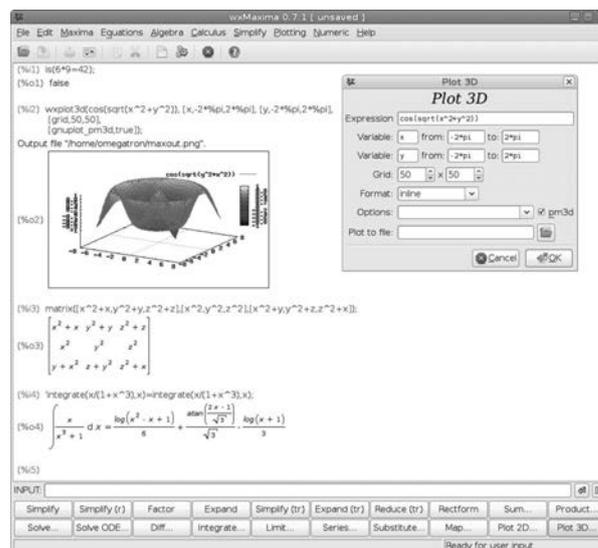
Viele Kollegen vertraten die Auffassung: Selbstverständlich! Denn wenn Algorithmen von fundamentaler Bedeutung für Mathematik und Mathematikunterricht sind (und das sind sie) und wenn man interaktiv nutzbare Computer hat, dann sollte man die Algorithmen auch laufen lassen können, und dazu muss man sie programmieren können (will man sich nicht als unmündiger black-box-Nutzer völlig in die Abhängigkeit einiger unbekannter Software-Schreiber begeben). Zu-

mindest exemplarisch sollte ein mathematisch gebildeter Mensch erlebt haben, wie sich fundamentale mathematische Algorithmen in ein Computerprogramm umsetzen lassen.

Frühe auf PCs laufende Programmiersprachen, die (in nennenswerter Anzahl) besonders im Bildungsbereich verwendet wurden, waren BASIC (Beginners All Purpose Symbolic Instruction Code) und Pascal. Neben den „eigentlichen“ Programmiersprachen tauchten unter der Bezeichnung Skript- oder Makro-Programmierung verschiedene alternative Möglichkeiten der Programmierung in Anwendersystemen (insbesondere in Tabellenkalkulationssystemen und Datenbanksystemen) auf. Auch das Erstellen von Kalkulationsblättern kann als eine Form der Programmierung angesehen werden.

Eine bis in die 1960er Jahre zurückgehende, also „uralte“ und trotzdem wenig bekannte Programmiersprache war die auf dem Lambda-Kalkül basierende Sprache Lisp. Lisp unterstützte frühzeitig wichtige fundamentale Konzepte der Informatik – insbesondere, das für die Modularisierung außerordentlich bedeutsame Funktionskonzept. Ein erster Einsatzbereich für Lisp war die „symbolische“ Mathematik, also Termumformungen, formales (nicht-numerisches) Lösen von Gleichungen, symbolisches Differenzieren und Integrieren und vieles mehr. Programmiersysteme mit derartigen Fähigkeiten bezeichnet man heute als Computeralgebra Systeme. Damit wurde ein Aufgabenspektrum für den Computereinsatz erschlossen, das sich anderen Programmiersprachen völlig entzog. Lisp hatte aber eine sperrige, gewöhnungsbedürftige Syntax, so dass es nie richtig populär wurde. Schon bald nach dem Aufkommen der ersten Personal Computer wurde unter dem Namen Logo eine Version von Lisp entwickelt, die speziell für den Bildungsbereich konzipiert war. Andere für den Bildungsbereich entwickelte Programmiersprachen aus dem Umfeld der künstlichen Intelligenz waren Smalltalk und Prolog. Die Programmiersprachen aus dem Bereich der künstlichen Intelligenz waren aber für ihren großen Ressourcenverbrauch und die damit verbundene geringe Laufzeit- und Speicherplatzeffizienz berüchtigt. Ausserdem wurden viele dieser Systeme, nachdem sie einmal mit einem großen Kraftakt auf die Beine gestellt worden waren, über längere Zeiträume nicht mehr intensiv gepflegt, gewartet und weiterentwickelt. Ihr Erfolg im Bildungsbereich war deshalb recht bescheiden.

Viele der besten Ideen bei der Entwicklung von Programmiersprachen sind in die aufkommenden Computeralgebra Systeme eingeflossen, von denen manche (so z.B. Maxima, eine direkte Weiterentwicklung von Macsyma) ganz direkt auf



Computeralgebrasystem wxMaxima

der Programmiersprache Lisp basieren. Neben den Programmiersprachen, die im Bildungsbereich eine Rolle spielten, gab es natürlich auch stark „System“-orientierte Sprachen wie C und Python. Mit dem Aufkommen des Internet fanden internet-affine Sprachen wie Java und Javascript eine große Verbreitung.

Insgesamt gesehen, stellen heute die Computeralgebra Systeme sehr gute Werkzeuge für die Umsetzung mathematischer Algorithmen dar. Sie bieten (einige sogar als Open Source Produkte) in der Regel: Symbolverarbeitung, eine exakte Numerik (so weit dies sinnvollerweise erwartet werden kann), sehr gute Techniken der Modularisierung, funktionales Programmieren, Rekursion, Listenverarbeitung, gute Graphik- und Sound-Unterstützung eine enorme Fülle „eingebauter“ mathematischer Grundfunktionen und vieles mehr.

Inhaltlich entstammten die Beispiele, für die sich der Computereinsatz besonders lohnte, der algorithmischen und diskreten Mathematik und insbesondere dem Themenkomplex „Mathematische Modellbildung und Simulation“. Die Befreiung des Problemlösers von der Rechenarbeit ermöglichte die Behandlung sehr viel realitätsnäherer Anwendungsfälle als es ohne das Werkzeug „Computer“ möglich war. Dies wird in der Vollversion dieses Beitrags (in den Mitteilungen des Arbeitskreises Mathematikunterricht und Informatik der Gesellschaft für Didaktik) anhand einiger exemplarischer Fallstudien (Tilgung von Darlehen, das Ziegenproblem, effektiver Zinssatz von Ratenkrediten, ...) ausführlich dargestellt.

3 Bildungspolitische Entwicklungen

Bis weit in die 1980er Jahre hinein wurden die computer-affinen Mathematiklehrer und

-didaktiker wegen ihrer Computer-Aktivitäten belächelt, aber dann schlug die Stimmung um und plötzlich wollten alle dabei sein, plötzlich wollten alle mitmischen, die irgend etwas mit Unterricht oder irgendetwas mit Computern zu tun hatten.

Die Heterogenität dieses Personenkreises führte zu extrem divergierende Vorstellungen darüber, wozu Computer im Unterricht verwendet werden sollten. Auf Tagungen zum Thema „Computer und Unterricht“ redeten die Teilnehmer vielfach lange Zeit aneinander vorbei. Während der eine vielleicht algorithmisches Problemlösen und Programmierung im Sinn hatte, dachten andere an Multi-Media und Computer-Spiele, wieder andere an den Computer-Führerschein oder an programmierten Unterricht, was, um die Verwirrung komplett zu machen, etwas völlig anderes war als programmieren im Unterricht.

Diese Entwicklung führte in der Folge zur Einführung einer Reihe von „weichen“ Themen im Umfeld des Computereinsatzes im Unterricht. Hier ist eine kleine Auswahl der gängigen Schlagworte:

- Informationstechnische Grundbildung (ITG)/ Informationstechnische Bildung (ITB)
- Bildungs-Informatik
- Medienbildung, Medienpädagogik, Medien-didaktik, neue Medien, Medien-Informatik, Multi-Media, . . . , bis hin zum Thema „Computerspiele im Unterricht“
- Bürger-Informatik
- Mensch und Computer, Computer und Gesellschaft
- Computer-Führerschein
- vor allem in den USA: Computer Literacy, Computer Awareness, Computer-Aided Instruction (CAI); das war mehr oder weniger dasselbe wie der altbekannte „Programmierte Unterricht“
- Information und Kommunikation (IuK-Bildung)
- E-Learning, E-Business, E-Government, E-Gameing, . . . , E-everything

Die mit diesen Schlagworten verbundenen Zielsetzungen waren oft kurzatmig, unreflektiert und fragwürdig. So blieb man nicht selten in Gewöhnungs- und Bedienungs-Szenarien (z. B. Gewöhnung an Office-Software) als Zielsetzung stecken. Oft war nicht klar, ob die entsprechenden Ziele für den Unterricht selbst formuliert waren oder als Hintergrundwissen z. B. für die Lehrerbildung.

Von plump-hemdsärmeligen Argumentationen „Die Computer sind da; deshalb müssen sie jetzt auch in den Unterricht“ über extrem inhaltsarme Zielsetzungen wie z. B. im Zusammenhang mit der

Computer Awareness „Wissen, dass es Computer gibt“ bis zu sonstigen dubiosen Zielsetzungen z. B. für Computer Spiele: „Sie dienen der für Piloten wichtigen ‘hand-and-eye’-Koordinierung“ war alles mögliche zu hören. Man hatte manchmal den Eindruck: Je dubioser die Ziele, mit umso mehr Verve wurden sie vorgetragen.

Viele der Zielsetzungen, wie z. B. „der Computer als Trainer“ (für beliebige Fachinhalte) hatten nichts mit der zentralen Rolle des Computers als Unterrichtsgegenstand zu tun, die nun im folgenden diskutiert werden soll.

Typische *computerspezifische Kenntnisse als Unterrichtsgegenstand* waren (und sind nach wie vor):

- Die Nutzung des Computers als Werkzeug zum (algorithmischen) Problemlösen – mit starker Betonung der Computer-Software
- Die physische Architektur des Computers – mit starker Betonung der Computer-Hardware, etwa nach dem Programm „vom Transistor zum voll ausgebauten PC“ im Physik- und Technikunterricht
- Computer und Gesellschaft
- Der Computer als Medium

Für die Nutzung des Computers als Werkzeug zum Problemlösen wurde (und wird nach wie vor) eine Fülle von Unterrichtsmaterialien besonders aus den Bereichen „Modellbildung und Simulation“, „diskrete Mathematik“ und „dynamische Geometrie“ entwickelt.

Die Zielsetzungen bei den letzten beiden Punkten (Computer und Gesellschaft, Computer als Medium) waren meist sehr schwammig formuliert. Besonders diffus waren die Vorschläge zum Thema „Medien“. H. Hischer hat das Thema dankenswerterweise in dem Artikel „Medienbildung versus Computereinsatz?“ (*GDM-Mitteilungen* 93, Juli 2012, 23–28) aufgearbeitet. Er referiert über die Rolle der Medien (wörtliches Zitat):

Medien im pädagogisch-didaktischen Kontext; Medien begegnen uns: als Vermittler von Kultur, als dargestellte Kultur, als Werkzeuge oder Hilfsmittel zur Weltaneignung, als künstliche Sinnesorgane, als Umgebungen bei Handlungen. . . . Auch die Lehrerinnen und Lehrer sind dann Medien . . .

Persönlich ziehe ich hieraus die Konsequenz: Ein solch diffuser Begriff, der alles und nichts bedeuten kann, erscheint mir als Basis für eine wissenschaftliche Diskussion wie auch als Basis für konkrete Unterrichtsvorschläge zum Thema „Computernutzung“ ungeeignet. Im Vordergrund eines computerorientierten Unterrichts steht für mich die Rolle des Computers als Werkzeug zum (algorithmischen) Problemlösen.

4 Die Rolle der Berufsverbände, insbesondere GDM und GI

Während das Aufkommen von Personal Computern und ihre Einsatzmöglichkeiten für den Mathematikunterricht in der Didaktik der Mathematik von Anfang an aufmerksam beobachtet und diskutiert wurde, hatte man in der Gesellschaft für Informatik in den Jahren nach ihrer Gründung (in den 1970er und 1980er Jahren) offenbar erst mal andere Probleme als sich um Unterrichtsfragen zu kümmern.

Auf Phasen der inhaltlichen Basisarbeit folgten im zeitlichen Abstand eine Reihe von Stellungnahmen, Resolutionen, Memoranden und Empfehlungen, von denen im folgenden einige der wichtigsten aufgeführt sind. Man sollte sich bei der folgenden zeitlichen Skizze bewusst machen, dass es bis weit in die 1980er Jahre hinein kein Unterrichtsfach „Informatik“ gab. Informatische Inhalte wurden (und werden z. T. auch nach wie vor) fächerübergreifend in anderen Unterrichtsfächern vermittelt; vorrangig in den Fächern Mathematik, Technik und Physik. Bei der komplexen und hochgradig unübersichtlichen Situation der Bildungspolitik in Deutschland (11 bzw. 16 Bundesländer mit eigenständiger Kultus- und Bildungspolitik – leider kann an dieser Stelle nicht auf die Entwicklung in der DDR eingegangen werden) mag es immer irgendwelche Ausnahmesituationen und Sonderentwicklungen gegeben haben, aber insgesamt war die Diskussion durch die folgenden Stellungnahmen geprägt.

Es versteht sich von selbst, dass im Folgenden nur die Haupt-Entwicklungslinien skizziert werden können.²

GDM 1981: Stellungnahme zur Einbeziehung von Inhalten und Methoden der Informatik in den Mathematikunterricht der Sekundarstufe I und in die Hochschulausbildung von Mathematiklehrern³, Juli 1981

Dies war die erste Stellungnahme einer wissenschaftlichen Gesellschaft zum Thema „Computer im Unterricht“ überhaupt. In ihr ging es um die Einbeziehung von Inhalten und Methoden der Informatik in den Mathematikunterricht der Sekundarstufe I und in die Hochschulausbildung von Mathematiklehrern.

GDM 1986: Überlegungen und Vorschläge zur Problematik Computer und Unterricht⁴, März 1986

In dieser Stellungnahme erfolgte eine Aktualisierung der Überlegungen und Vorschläge zur Problematik „Computer und Unterricht“.

GI 1993: Empfehlungen (des Fakultätentags) der GI zur Einführung eines Faches Informatik an allgemeinbildenden Schulen in der Sekundarstufe II⁵

GDM 1994: Stellungnahme zur Forderung des „Fakultätentages Informatik“, Informatik als obligatorisches Fach in der Sekundarstufe II einzurichten (Quelle s. o.).

GI 2004: Aufruf / Memorandum „Digitale Spaltung verhindern!“⁶ mit den Forderungen:

- Einführung eines durchgängigen Pflichtfaches Informatik in der Sekundarstufe I an allen allgemein bildenden Schulen aller Bundesländer
- Verankerung der Informatik in der gymnasialen Oberstufe
- Zulassung von Informatik als vollwertiges Prüfungsfach in allen Abschlussprüfungen an Schulen
- Erteilung von Unterricht im Fach Informatik nur durch voll ausgebildete oder entsprechend weitergebildete Lehrkräfte

GI 2008: Grundsätze und Standards: Formulierung des umfangreichen Papiers „Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule/ Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I“⁷ nach dem Vorbild der „Principles and Standards for School Mathematics“ des National Council of Teachers of Mathematics (NCTM, Standards 2000 Project) in den USA.

GDM 2009: Stellungnahme zu der Empfehlung der KMK zur Stärkung der MNT-Bildung vom 7. 5. 2009), PDF-Datei

Aktualisierung früherer Stellungnahmen zum Thema „Computer im Unterricht“ unter Berücksichtigung der MINT-Perspektive (MINT: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik).

² Die Stellungnahmen der GDM sind chronologisch gut geordnet (und relativ kompakt) unter http://madipedia.de/wiki/Stellungnahmen#1981_-_1990; die der GI nicht ganz so kompakt auf den Internetseiten der GI, siehe <http://www.gi.de>, <http://fa-ibs.gi.de/fachausschuss-informatische-bildung-in-schulen/empfehlungen.html> und weitere unten genannte Quellen

³ <http://madipedia.de/images/6/62/1981.pdf>

⁴ http://madipedia.de/images/a/ao/1986_02.pdf

⁵ <http://fa-ibs.gi.de/fachausschuss-informatische-bildung-in-schulen/empfehlungen.html>

⁶ http://www.gi.de/fileadmin/redaktion/Download/memorandum_schulinformatiko40921.pdf

⁷ <http://fa-ibs.gi.de/fachausschuss-informatische-bildung-in-schulen/empfehlungen.html>

GI 2011: Informatik in die Schule!⁸ – ein erneutes Plädoyer gemäß der Devise: „Computer sind überall. Dieser Allgegenwart muss sich Schule stellen“.

Versuch eines Resümees: Während sich die Stellungnahmen der GDM in der Regel auf konkrete Inhalte und die Methodologie eines computerorientierten Mathematikunterrichts bezogen, waren die entsprechenden Stellungnahmen und Forderungen der GI oft eher alarmistischer Natur: Warnung vor der digitalen Spaltung („digital divide“) der Gesellschaft, Warnung vor der Gefährdung unseres Wirtschaftsstandorts als Industrienation, usw.

In den Stellungnahmen der GI wurde zunehmend die Forderung nach einem eigenständigen Schulfach Informatik auf praktisch allen Ebenen artikuliert, verbunden mit der Aussage, dass Informatik in kompetenter Weise nur von speziell dafür ausgebildeten Informatik-Lehrern unterrichtet werden kann.

Dabei kam es gelegentlich zu Gegensätzen in der Argumentation von Seiten der Mathematiker bzw. der Informatiker. Einige Informatikdidaktiker wandten sich besonders aggressiv gegen das Fach Mathematik, da dies das „Haupt-Hindernis“ bei der Forderung nach einem eigenen Unterrichtsfach Informatik (besonders in der Sekundarstufe I) war – neigten doch einige Bildungspolitiker zu der Auffassung „Das bisschen Informatik, was man in diesen Klassenstufen machen kann, kann man doch auch im Mathematik-, Physik- und Technikunterricht mit erledigen. Dafür brauchen wir kein neues Fach einzuführen“.

5 Fundamentale Ideen und Prinzipien von Mathematik und Informatik

Die Reflexion seiner Fundamentalen Ideen und Prinzipien ist eine der wichtigsten Aufgaben eines jeden Unterrichtsfaches. In der Mathematik gibt es diesbezüglich eine lange Tradition (A.N. Whitehead, J. Bruner, E. Wittmann und viele andere).

Die fundamentalen Ideen der Informatik wurden von A. Schwill (1993, 1994) ausführlich diskutiert. Er spricht auch von Master-Ideen und nennt insbesondere: Algorithmisierung, strukturelle Zerlegung, Sprache. Schwill begründet seine Auswahl in überzeugender Weise; es gibt allerdings ein Problem: Die von ihm genannten fundamentalen Ideen sind (auch) fundamentale Ideen der Mathematik:

- Algorithmen ziehen sich von Anfang an durch die gesamte Geschichte der Mathematik

- Mathematik ist geradezu die Wissenschaft von den Strukturen und vom Strukturieren
 - Sprachen, insbesondere formale Sprachen spielen eine wichtige Rolle in der Mathematik (besonders der Metamathematik) und in der Logik
- Im Hinblick auf *diese* fundamentalen Ideen ist die vielfach zu hörende Einschätzung „... das kann man doch in der Mathematik behandeln ...“ nicht verwunderlich.

Dieses Dilemma führte dazu, dass sich die Protagonisten eines eigenständigen Schulfachs Informatik neue Ziele, neue Prinzipien und neue fundamentale Ideen suchen mussten, die das Fach deutlich von bestehenden Schulfächern, insbesondere vom Fach Mathematik abgrenzten.

Mathematikfernere Ziele wie: Informatik-Systeme, Implementierungsfragen, insbesondere die Implementierung großer (Informatik-) Systeme, Informatik-Mensch-Gesellschaft, Schnittstelle Mensch-Computer, Sprachen und Automaten, objektorientiertes Modellieren u.ä. wurden in den Vordergrund gestellt. Insgesamt wurde der Charakter der Informatik als Ingenieurwissenschaft in Bereichen mit hoher Komplexität besonders betont. Mathematiknahe Ziele wie: Algorithmen, algorithmisches Problemlösen wurden eher heruntergespielt (da zu mathematiknah).

Besonders das In-den-Vordergrund-Stellen von allem, was mit „großen Systemen“ und der „objektorientierten Modellierung“ zu tun hat, brachte aber auch Fragen mit sich, ob hierbei das vernünftige Augenmaß für das schulisch Mögliche und Machbare gewahrt sei.

In dem Standards-Papier (GI 2008) wurde das Thema aus der Perspektive von „Prinzipien, Standards und Kompetenzen“ komplett neu aufgerollt. Auch dieses Papier greift die früheren Abgrenzungstendenzen zur Mathematik auf (Zitat: „... Neben den reinen mathematisch-formalen Methoden gewinnen insbesondere ganzheitliche, systembezogene Lösungsansätze an Bedeutung ...“).

6 Ausblick: Was von den Informatik-Themen ist nun wirklich bildungsrelevant?

Ich betone an dieser Stelle nochmals, dass es sich durchweg um die Rolle informatik-affiner Themen als *Unterrichtsgegenstand* im Pflichtunterricht handelt und schließe mit einigen persönlichen Empfehlungen.

Zunächst einmal gilt es, die größten Fehler zu vermeiden. Dies sind:

- Behandlung von Themen mit kurzer Halbwertszeit (z. B. Bedienungs-Szenarien, Hard-

⁸ <http://www.informatikperspektiven.de/fileadmin/redaktion/Vorstandsglossen/GI-Vorstandsmitglied-Fothe110523.pdf>

ware-Details, ...). Klagen über die kurze Halbwertszeit des Wissens zeigen nur, dass das Falsche unterrichtet wird.

- Behandlung von Modeentwicklungen (Multi-Media, ...)
- Ausfechten unfruchtbarer Konflikte, insbesondere mit der Informatik

Ich empfehle vor allem die Besinnung auf

- die *Wurzeln* von Mathematik und Informatik, also
 - die genetische Sicht der Dinge
 - die historische Entwicklung von Mathematik und Algorithmik
- die *fundamentalen Ideen*; im Bereich der informatik-affinen Mathematik sind dies
 - Algorithmen (sie stehen historisch im Zentrum der Entwicklung der Mathematik)
 - Strukturierung (Datenstrukturen; Mathematik ist die Wissenschaft von den Strukturen)
 - Modularisierung (als universelle Problemlösetechnik auch in der Mathematik)
- die *fachdidaktischen* Prinzipien
 - algorithmisches Problemlösen: exploratives Arbeiten, Experimentieren, Elementarisieren, konstruktives Arbeiten
 - operatives Prinzip, d.h. Arbeiten im Sinne der Grundfrage „... was passiert, wenn ...“

Dabei sollte die Kooperation zwischen Mathematik und Informatik gefördert und nicht verhindert werden.

Im Pflichtunterricht kann es im Hinblick auf die Behandlung von Computerwerkzeugen insgesamt nur um die exemplarische Vermittlung von Grundkenntnissen, Grundfertigkeiten, kurz: eines „Basiswissens“ gehen. Aus meiner Sicht gehören dazu Grundkenntnisse im Gebrauch der folgenden Werkzeug-Kategorien: ein typisches Programmierwerkzeug (z. B. Computeralgebrasystem), ein Tabellenkalkulationssystem, ein Dynamische-Geometrie-System. Für diese Softwaretypen gibt es übrigens z. T. ganz ausgezeichnete Produkte im open source bzw. public domain Bereich.

Übergeordnete Ziele eines solchen Unterrichts sind:

- Solides Beherrschen von einigen (nicht zu vielen und nicht zu abstrakten) fachlichen Grundtechniken
- Sicherheit im Werkzeuggebrauch (insbesondere auch des Computers und seiner Software)
- Entwicklung zum mündigen Bürger mit Selbstbewusstsein und Zivilcourage

Als hervorragende Illustration des letzten Punkts verweise ich (im Sinne von Abschnitt 2.1 in der Vollversion dieses Beitrags) auf die Bankkunden, welche sich gegen die Banken und ihre Rechtsanwälte mit Hilfe eines kleinen mathematischen Modells und seiner Programmierung durchgesetzt ha-

ben. Gerade dieses Beispiel zeigt: Sicheres Beherrschen einiger weniger, gut ausgewählter Grundtechniken bringt mehr als ein Halbwissen in eindrucksvoll vielen hochgestochenen Themenbereichen.

Ausgewählte Literaturhinweise

- Dörfler W.: Impressionen aus (fast) vier Jahrzehnten Mathematikdidaktik, *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 95, 2013, 8–14
- Engel A.: *Elementarmathematik vom algorithmischen Standpunkt*, Stuttgart 1977
- Gesellschaft für Informatik (GI): *Bildungsstandards der Informatik (GI 2008, 72 Seiten)* vgl. *GI-Empfehlungen: Grundsätze und Standards für die Informatik in der Schule* (Quelle: siehe Abschnitt 4).
- Hischer H.: *Medienbildung versus Computereinsatz?*; *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 93, Juli 2012, 23–28
- Hischer H.: *Zum Einfluss der Informatik auf die Mathematikdidaktik*, *Mitteilungen der Gesellschaft für Didaktik der Mathematik*, 95, 2013, 15–24
- Schwill A.: *Fundamentale Ideen der Informatik*, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik*, 25, 1993, Heft 1, 20–31
- Wittmann E.: *Grundfragen des Mathematikunterrichts*; Vieweg Verlag, Braunschweig 1976
- Ziegenbalg J. O. B.: *Algorithmen – von Hammurapi bis Gödel*, 3. Auflage, Frankfurt am Main 2010

Jochen Ziegenbalg, Pädagogische Hochschule Karlsruhe, 76133 Karlsruhe, Email: ziegenbalg@ph-karlsruhe.de