

FRIEDRICH-SCHILLER- UNIVERSITÄT JENA

Fakultät für Mathematik und Informatik



seit 1558

JENAER SCHRIFTEN ZUR MATHEMATIK UND INFORMATIK

Eingang: 25. November 2004 Math / Inf / 11 / 04
Als Manuskript gedruckt

Mathematikunterricht und Computer – Bestandsaufnahme und Ausblick

Bericht von der Tagung am 24./25. September 2004

Michael Fothe (Hrsg.)
Casio-Stiftungsprofessur
für Didaktik der Informatik/Mathematik
Friedrich-Schiller-Universität Jena
Fakultät für Mathematik und Informatik
07740 Jena

Inhalt	Seite	
1	Grußwort	3
2	Einführung	4
3	Erfahrungsberichte von Mathematiklehrern	6
3.1	Das CASSIS-Projekt „Taschencomputer in der Klassenstufe 7 (G8)“	6
3.2	Der Einsatz eines TC im Mathematikunterricht ab Kl. 10	7
3.3	Ein Jahr mit einem CAS in Kl. 11	8
3.4	Einige Bemerkungen zum CAS-Einsatz im Stoffgebiet „Stochastik“	10
4	Berichte aus den Ländern	11
4.1	Baden-Württemberg	11
4.2	Bayern	16
4.3	Berlin	18
4.4	Brandenburg	21
4.5	Bremen	23
4.6	Hessen	26
4.7	Niedersachsen	29
4.8	Rheinland-Pfalz	32
4.9	Saarland	38
4.10	Sachsen	41
4.11	Schleswig-Holstein	44
4.12	Thüringen	47
5	Berichte aus den Arbeitsgruppen	52
5.1	Fragen zum praktischen Einsatz von Computern	52
5.2	Zentrale Abschlussprüfungen mit Computereinsatz	53
5.3	Konsequenzen für die Lehrerbildung	55
6	Berichte aus der Forschung	56
6.1	Prozessorientierte Leistungsmessung mit Computerunterstützung	56
6.2	Weiterentwicklung der Professionalität von Mathematiklehrern	57
7	Teilnehmerliste	58

Abkürzungen

CAS	Computeralgebrasystem
DGS	Dynamische Geometriesoftware
EPA	Einheitliche Prüfungsanforderungen der KMK in der Abiturprüfung
G8	Gymnasium mit einer Dauer von 8 Jahren
G9	Gymnasium mit einer Dauer von 9 Jahren
GK	Grundkurs
GTR	Grafikfähiger Taschenrechner
IKG	Informations- und kommunikationstechnische Grundbildung
ITG	Informationstechnische Grundbildung
LK	Leistungskurs
TC	Taschencomputer
TK	Tabellenkalkulation
TR	Taschenrechner

1 Grußwort

Die Thematik der Tagung „Mathematikunterricht und Computer – Bestandsaufnahme und Ausblick“ hat mich angeregt, wieder einmal über die Brückenfunktion der Fachdidaktik Mathematik nachzudenken. Weiterhin wurde die Neugier in mir wach, welche Entwicklung Mathematikausbildung an den Schulen genommen hat und wie sich das Lehrstudium an den neuen Erfordernissen ausrichtet. Die Vertrautheit der Schüler mit dem Medium Computer zu nutzen, um die fundamentalen Ideen und Denkwerkzeuge der Mathematik zu vermitteln, ist naheliegend, deshalb jedoch nicht weniger schwierig. Ich denke nur an die Flexibilität der Konzepte für verschiedene Altersstufen und Schularten und die Anforderungen an die interdisziplinäre Arbeit, da unter anderem Erkenntnisse der Erziehungswissenschaften, der Psychologie und der Soziologie einbezogen werden müssen. Die Begründung und Entwicklung von Lernzielen und Lehrkonzeptionen sind untrennbar miteinander verbunden und ein Mathematiklehrer muss in diesem sensiblen Prozess als Gestalter und Vermittler wirksam werden.

Die Einführung von Computeralgebrasystemen (CAS) und Dynamischer Geometrie-Software (DGS) in den Mathematikunterricht hat zu einer Reihe von positiven Ergebnissen und Erfahrungen geführt, die in den Tagungsberichten aus den Bundesländern dargestellt werden. Wenn lästige Berechnungen entfallen, dann können die Schüler der Problemlösung mehr Aufmerksamkeit schenken. Mathematik wird so zum Hilfsmittel für Problemlösungen (B. Hummel). Es kann gezeigt werden, dass Schüler den Mathematikunterricht mit den neuen Hilfsmitteln als interessanter und anschaulicher empfinden (Ch. Scheungrab). So bieten die neuen Möglichkeiten vor allem schwächeren Lernern einen neuen Zugang und werden von diesen auch als Chance begriffen (Ch. Bänsch, B. Hummel). Die Herausbildung der angestrebten Schlüsselqualifikationen der Schüler wird entscheidend unterstützt, so dass eine Verbesserung der Abiturnoten im Fach Mathematik statistisch nachgewiesen werden kann (W. Moldenhauer). Dieser Prozess muss wissenschaftlich begleitet werden, da unterschiedliche Modelle in Schulversuchen getestet, ausgewertet und modifiziert werden müssen. Hier beginnt die Zusammenarbeit mit den und die Verantwortung der Universitäten. Es wurde herausgearbeitet, dass die Konsequenzen für die Lehrerbildung vielfältig sind. Dazu sind sieben Thesen als Ergebnis der Tagung formuliert worden (B. Zimmermann). Weiterhin lassen sich Aufgabenstellungen für die Forschung ableiten, wie z. B. der Prozess des Computereinsatzes im Mathematikunterricht optimal unterstützt werden kann (H. Rehlich).

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass im Tagungsbericht eine Vielzahl interessanter Ergebnisse festgehalten und weit reichende Anregungen gegeben werden, die für die Weiterentwicklung des Anliegens, effektive und interessante Formen des Mathematikunterrichts zu etablieren, eine wichtige Weichenstellung bedeuten. Ich möchte deshalb Herrn Prof. M. Fothe herzlich danken, dass er die Tagung „Mathematikunterricht und Computer – Bestandsaufnahme und Ausblick“ organisiert und an der Friedrich-Schiller-Universität durchgeführt hat. Mein Dank gilt der Abteilung Didaktik der Fakultät für Mathematik und Informatik (Prof. Zimmermann) und allen Teilnehmern, die mit ihren Beiträgen zum Gelingen der Tagung und zu dem vorliegenden Tagungsband beigetragen haben.

Prof. Dr. Herbert Witte
Prorektor

2 Einführung

Im September 2004 fand an der Friedrich-Schiller-Universität Jena eine zweitägige Tagung statt, an der

- Vertreter aus den Ländern Baden-Württemberg, Bayern, Berlin, Brandenburg, Bremen, Hessen, Niedersachsen, Rheinland-Pfalz, Saarland, Sachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen, die von den Kultusministerien benannt waren,
- Mathematiklehrer,
- Repräsentanten der Casio Europe GmbH sowie
- Hochschullehrer, wissenschaftliche Mitarbeiter und Studenten der Friedrich-Schiller-Universität Jena

teilnahmen. Die 28 Teilnehmerinnen und Teilnehmer berieten zum Thema „Mathematikunterricht und Computer – Bestandsaufnahme und Ausblick“, einem Thema, das schulpolitische Relevanz besitzt. Zu Beginn der Tagung wurden Fragen zur Bestandsaufnahme (Was ist derzeit Realität in den Ländern? Was ist für die nächste Zeit geplant? Welche Schwierigkeiten gilt es zu überwinden?) und zum Ausblick (Welche Vernetzungen zwischen den Teilnehmern sind sinnvoll und machbar? Welche Forschungsvorhaben zur Didaktik der Mathematik gibt es in Jena?) formuliert.

Die Tagung konnte u. a. auf folgenden Veröffentlichungen aufbauen:

- Bildungsstandards im Fach Mathematik der KMK für den Mittleren Schulabschluss (2003),
- EPA Mathematik (2002),
- MNU-Empfehlungen „Zum Computer-Einsatz im mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht an Gymnasien in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland“ (2002) und
- Monographie von Hans-Georg Weigand und Thomas Weth „Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen“ (Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin 2002).

Was war das Besondere an der Jenaer Tagung? Drei Punkte sollen hervorgehoben werden:

- die produktive Heterogenität der Tagungsteilnehmerinnen und -teilnehmer,
- die Bereitschaft, Probleme und Schwierigkeiten offen zu benennen, und
- die hohen Erwartungen an das Ergebnis der Tagung gerade bei den Ländervertretern, die derzeit in ihren Ländern komplizierte Prozesse zu gestalten haben.

Der vorliegende Tagungsbericht soll wesentliche Arbeitsergebnisse der Tagung wiedergeben. In ihm finden sich Kurzberichte von Mathematiklehrern zu Zielsetzung, Durchführung und Ergebnissen von Unterricht, Berichte aus den beteiligten zwölf Ländern und aus den drei Arbeitsgruppen (Fragen zum praktischen Einsatz von Computern, Zentrale Abschlussprüfungen mit Computereinsatz, Konsequenzen für die Lehrerbildung) sowie Berichte über Forschungsprojekte. In der ersten Arbeitsgruppe wurde formuliert, dass der Einsatz von Computern im Mathematikunterricht sehr wünschenswert ist. Einvernehmen bestand darin, Computer im Mathematikunterricht nicht zum Selbstzweck zu nutzen, sondern in ihnen Werkzeuge zu sehen, mit deren Hilfe Mathematikunterricht verbessert werden kann. Die Notwendigkeit

inhaltlicher Verbesserung ist u. a. durch das eher mittelmäßige Abschneiden deutscher Schülerinnen und Schüler bei internationalen Vergleichsuntersuchungen deutlich geworden.

Die Länder gehen unterschiedlich vor. Verschiedene Entwicklungswege bei einem komplexen Sachverhalt sind unter der Voraussetzung, dass Konsens in den zu erreichenden Hauptzielen besteht, durchaus vertretbar. Notwendige Voraussetzung für den Einsatz eines Mediums oder Werkzeugs in der Schule ist eine didaktisch-methodische Konzeption. Man muss sich genau überlegen, was mithilfe des Mediums/Werkzeugs getan wird und was ohne Hilfsmittel zu erledigen ist.

Sehr herzlich danken möchte ich

- allen Tagungsteilnehmern für ihre engagierte Mitarbeit und das Bereitstellen von Beiträgen für diesen Tagungsbericht,
- meinen Kollegen aus der Abteilung für Didaktik der Mathematik und Informatik für die Unterstützung in Vor- und Nachbereitung sowie Durchführung der Tagung und
- der Casio Europe GmbH für die finanzielle Unterstützung der Tagung.

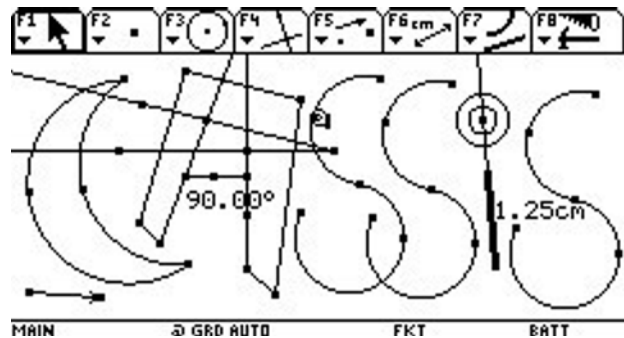
Abschließend ein Goethe-Zitat, das wohl auch zu unserem Thema passt: „Wenn wir bewahren wollen, was wir haben, werden wir vieles ändern müssen.“

Michael Fothe

3 Erfahrungsberichte von Mathematiklehrern

3.1 Das CASSIS-Projekt „Taschencomputer in der Klassenstufe 7 (G8)“

Computer sind in unserem heutigen Leben unverzichtbar geworden. Sie helfen uns, unsere Arbeit effizienter zu gestalten und verleihen uns darüber hinaus auch Fähigkeiten, die wir ohne Computer nicht hätten. Im Mathematikunterricht können wir uns mit ihrer Hilfe schnell vielfältige Darstellungen mathematischer Objekte schaffen und – sogar dynamisch – erkunden und dadurch reichhaltigere Erfahrung sammeln. So lassen sich z. B. Funktionen schnell als Zuordnungsvorschrift und Tabelle und Schaubild darstellen. Dies fördert den Erwerb der unverzichtbaren Fähigkeiten zur Übersetzung zwischen Darstellungen und zur dadurch möglichen Wahl einer jeweils geeigneten Darstellung. Auch können wir nun algebraische Kalkulationen durchführen, die für eine händische Bearbeitung zu umfangreich wären, oder solche, die vom zu untersuchenden Problem ablenken, einfach auf den Computer auslagern. Der Einsatz von Computern hilft uns im Unterricht realitätsnähere Situationen zu diskutieren.



Der saarländische Lehrplan Mathematik (G8) sieht bereits in der Klassenstufe 7 in allen Themenbereichen den Einsatz neuer Medien und Werkzeuge vor, so in der Prozent- und Zinsrechnung (TK), beim Thema Funktionen (Funktionenplotter), in der Geometrie (DGS) und in der Stochastik (Simulationen, Visualisierungen).

Zehn Kolleginnen und Kollegen an sechs Gymnasien und einer erweiterten Realschule beteiligten sich im Schuljahr 2003/04 an dem in Absprache mit dem saarländischen Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft durchgeführten CASSIS-Projekte (Computeralgebrasysteme an Schulen im Saarland) in der Klassenstufe 7. Das Projekt wird unterstützt durch die Firmen Casio und TI.

Zu Beginn des Schuljahres 2004/05 ist eine Aufgabensammlung, die aus dem Unterricht der Projektklassen entstanden ist, im Sofffrutti-Verlag erschienen.

Die Aufgabenblätter wurden mittlerweile von Frau Pia Selzer (studentische Hilfskraft am Lehrstuhl für Mathematik und ihre Didaktik von Prof. Hischer, Saarbrücken) für die Taschencomputer CASIO ClassPad 300 und TI Voyage 200 erstellt. Sie werden in Kürze unter <http://vum21.de> zum Download zur Verfügung stehen. Einführungskurse in die beiden TC sind ebenfalls unter dieser Internetadresse zu finden. Die PowerPoint-Datei meines Vortrags vom 24. September 2004 steht unter <http://www.lpm.uni-sb.de/mathematik> zur Verfügung.

Uwe Peters

3.2 Der Einsatz eines TC im Mathematikunterricht ab Kl. 10

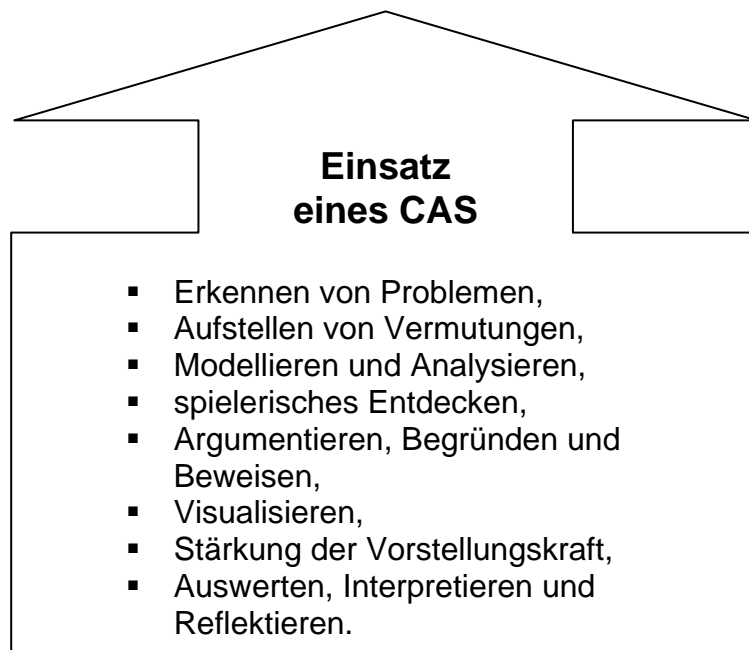
Das Friedrichgymnasium Altenburg arbeitet seit dem Schuljahr 1999/2000 im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht mit dem Taschencomputer TI-89.

Finanziert und unterstützt wurde dieses Projekt, an dem sich weitere sieben Thüringer Gymnasien beteiligten, durch das Thüringer Kultusministerium und durch das ThILLM Bad Berka. Am ThILLM arbeitet ein Arbeitskreis CAS unter Leitung von Herrn Dr. Moldenhauer.

Im Schuljahr 1999/2000 wurde der neue Lehrplan eingeführt. Unsere Fachschaft hatte die Chance erkannt, den Mathematikunterricht in seiner bis dahin bekannten Form zu ändern, zukunftsorientierter sowie attraktiver und interessanter zu machen, um vor allen Dingen den veränderten Anforderungen gerecht zu werden.

Thüringer Lehrplan für Mathematik am Gymnasium:

„Ziel ist es, alle Schüler zur Mitwirkung an den gemeinsamen Aufgaben in Schule, Beruf und Gesellschaft zu befähigen. Um diese Grundbildung zu sichern, werden in der Schule **Kompetenzen** ausgebildet, wobei die Entwicklung von Lernkompetenz im Mittelpunkt steht.“ Und weiter heißt es: „Kompetenzen werden in der tätigen Auseinandersetzung mit fachlichen und fächerübergreifenden Inhalten des Unterrichts – im Sinne von Kompetenzen für lebenslanges Lernen – erworben.“



Im Vortrag wurden einige Unterrichtsbeispiele aus dem Mathematikunterricht Klasse 10 dargestellt (siehe dazu auch: Der Einsatz des TI-89 in der Jahrgangsstufe 10 an Thüringer Gymnasien. Texas Instruments und ThILLM Bad Berka 2003).

Udo Eckert

3.3 Ein Jahr mit einem CAS in Kl. 11

Meine Erfahrungen als Lehrer möchte ich aus unterschiedlichen Sichten schildern. Ich werde vom Stoff ausgehen, also darstellen, an welchen Stellen des Lehrplans die Nutzung eines CAS hilfreich ist oder sein kann. Ich werde versuchen, die Position der Schülerinnen und Schüler einzunehmen und ich werde meine eigenen Eindrücke wiedergeben. Die Schülerinnen und Schüler hatten einen CASIO ClassPad 300 während der gesamten 11. Klasse zu ihrer Verfügung.

Stoff

Die Lehrpläne für Mathematik und Physik sehen in der 11. Klasse Folgendes vor:

- Analysis (bis zur Ableitung),
- lineare Algebra und analytische Geometrie (Gleichungssysteme, Geraden- und Ebenengleichungen),
- Wahrscheinlichkeitsrechnung (bedingte Wahrscheinlichkeit, Simulation) und
- Newtonsche Mechanik, optische Wellen und Gravitation.

Mit einem TC lässt sich der Ableitungsbegriff vorbereiten. Für mehrere Argumente werden Näherungswerte für Tangentensteigungen experimentell ermittelt. (Das lässt man dazu immer kleiner werden und ein Grenzwert wird erkennbar.) Die ermittelten Näherungswerte werden graphisch dargestellt und die Schülerinnen und Schüler sollen die Funktionsgleichung der 1. Ableitung herausfinden. Der CASIO ClassPad 300 bietet auch die Möglichkeit, Tangenten an den Graphen einer Funktion zu legen. In einer Animation können Tangentensteigungen erfasst und in eine Tabelle eingetragen werden. Die Werte dieser Tabelle können durch „drag and drop“ auf einfache Art graphisch dargestellt werden.

Realitätsbezogene Beispiele sind Steuergesetze, die in eine TK umgesetzt werden (Begriffe: Spitzen- und Eingangssteuersatz, Grenzsteuer, Vergleich mit der Durchschnittssteuer) und einfache Trassierungsprobleme, bei denen zwei Straßen durch Parabeln verbunden werden sollen. Der Einsatz eines TC ist dabei eine große Hilfe, da ansonsten zu viel Zeit für das Lösen von Gleichungssystemen benötigt und das Wesentliche in den Hintergrund geraten würde. (Später wird das Trassierungsproblem wieder aufgegriffen und durch ein Polynom 5. Grades gelöst.) Ein weiteres Beispiel ist die Bestimmung eines minimalen Preises bei einer vorgegebenen Kostenfunktion, so dass keine Verluste gemacht werden. Dabei ist eine Tangente, die durch den Koordinatenursprung geht, an eine gegebene Kurve zu legen.

Durch den Einsatz eines TC lassen sich Rechenfehler beim Lösen linearer Gleichungssysteme vermeiden. Die Zeit, die dadurch im Unterricht gewonnen wird, kann für Diskussionen und Experimente zur Existenz, Eindeutigkeit und Stabilität von Lösungen genutzt werden. Für die dreidimensionale Darstellung von Geraden und Ebenen habe ich spezielle Software eingesetzt, da der TC diese Leistungen nicht bereitstellt. Für die Unterstützung der Wahrscheinlichkeitsrechnung ist vor allem die TK hilfreich. Mit TK lassen sich z. B. Simulationen als auch Untersuchungen zur Unabhängigkeit von Ereignissen durchführen. Im Physikunterricht können Messdaten mithilfe der TK und spezieller Statistikmodule ausgewertet werden. Ein Beispiel ist die näherungsweise Bestimmung von Momentangeschwindigkeiten.

Schülerinnen und Schülern

Für die Schülerinnen und Schüler wird die Mathematik durch den Einsatz von TC nicht einfacher, da die Rechenarbeit vom Computer übernommen wird und der Unterricht sich mehr auf das Argumentieren, Begründen, Modellieren usw. konzen-

triert. Vor allem die Schülerinnen und Schüler bekommen Probleme, die ihre Mathematiknoten bisher durch das Abarbeiten von Handlungsfolgen gesichert haben. Ein Beispiel dafür sind herkömmliche Kurvendiskussionen. Auf der anderen Seite haben die Schülerinnen und Schüler die Möglichkeit, ihre Eigenständigkeit zu erhöhen und selber Dinge zu entdecken. So hat zum Beispiel ein Schüler einen „Sessel“ bei Potenzfunktionen der Art $f(x, y) = x^m y^n$ mithilfe eines 3D-Koordinatensystems entdeckt. Im Unterricht konnte dann diskutiert werden, warum die Fläche dieses Aussehen hat.

Der Einsatz von TC hat gegenüber der Verwendung von PC-Technik in Computerräumen große Vorteile. In den Computerräumen, die ich kenne, sind die Computer aus technischen Gründen so angeordnet, dass die Schülerinnen und Schüler der Lehrkraft den Rücken zukehren. Guter Unterricht ist in solchen Räumen nicht möglich. Auch lassen sich Schülerinnen und Schüler vom PC gern ablenken (z. B. befassen sie sich mit der Veränderung des Hintergrundes auf dem Monitor). Die Benutzung von TC motiviert die Schülerinnen und Schüler eher dazu, sowohl im Heft als auch mit dem Rechner zu arbeiten. Insgesamt habe ich die Erfahrung gemacht, dass sich die Schülerinnen und Schüler am TC intensiver als bisher mit dem Stoff auseinandersetzen. Während des normalen Unterrichts (vor allem, wenn komplexere Sachverhalte hergeleitet werden) entziehen sich doch mehrere Schülerinnen und Schüler. Ich habe auch festgestellt, dass einige Schülerinnen und Schüler die Möglichkeiten der TC – auch in den Klausuren – eher wenig nutzen.

Lehrer

Die TC stellen erst einmal eine Autorität dar. Im Laufe der Zeit wurde den Schülerinnen und Schülern jedoch klar, dass die Ausgaben der Computer stets kritisch zu hinterfragen sind. So bereitet mitunter das Lösen der Gleichung $e^x = x^4$ Schwierigkeiten. Für den Lehrer entstehen Probleme im Erreichen des Stundenzieles, wenn die Technik versagt. Aber auch in „computerlosen Unterrichtsstunden“ kann einem das passieren.

Ich habe die Erfahrung gemacht, dass Unterrichtsstunden mit Computereinsatz für den Lehrer nicht einfach sind. Die Schülerinnen und Schüler stellen viele Fragen, die individuell zu beantworten sind. Eigentlich müsste man sich teilen und bei mehreren Schülern gleichzeitig sein. Auf der anderen Seite braucht man sich jedoch nicht mehr mit dem mitunter zeitaufwändigen Suchen von Rechenfehlern beim Lösen von Gleichungen oder Gleichungssystemen zu befassen. Wo fehlt denn nun ein Minus? Eine gewisse Gefahr besteht darin, dass man sich Unterrichtsinhalte überlegt, die sich besonders gut mit einem TC bearbeiten lassen. Dies habe ich dadurch vermieden, dass ich mich konsequent an den Lehrplan gehalten habe.

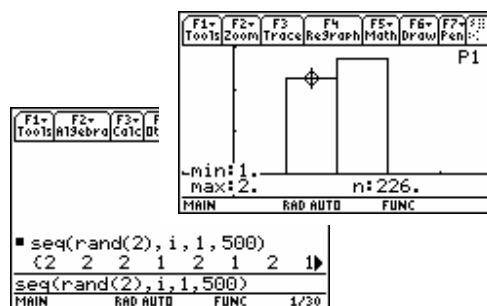
Werden neue Medien von der Schule gestellt, so wird von Eltern in der Regel nicht hinterfragt, ob deren Einsatz wirklich sinnvoll ist. Nach meiner Erfahrung ändert sich das, wenn Eltern z. B. einen TC für ihr Kind kaufen sollen. Die Schule muss daher die Eltern bei der beabsichtigten Einführung eines TC rechtzeitig informieren und in Entscheidungsprozesse einbeziehen. In dem Zusammenhang wäre es hilfreich, wenn es in den 16 Ländern einen einheitlichen Rahmen für die Nutzung von Computern im Mathematikunterricht geben würde.

Jens Weitendorf

3.4 Einige Bemerkungen zum CAS-Einsatz im Stoffgebiet „Stochastik“

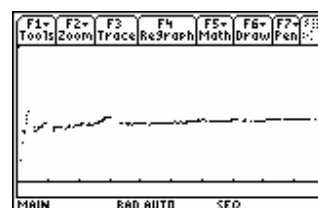
Ausgehend von der quantitativen Beschreibung von Zufallsexperimenten werden im Stochastikunterricht der Kl. 10 grundlegende Begriffe wie Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit von Ereignissen behandelt. Dabei nimmt die Arbeit mit Zufallsgrößen und ihren Wahrscheinlichkeitsverteilungen, hier am Beispiel der Binomialverteilung dargelegt, eine große Rolle ein.

Mittels CAS lassen sich verschiedenste Zufallsversuche wie z. B. Werfen einer Münze bzw. eines idealen Würfels oder auch das „Ziegenproblem“ recht gut simulieren und auswerten. Dabei muss den Schülerinnen und Schülern allerdings bewusst gemacht werden, dass CAS (und nicht nur diese) Pseudozufallszahlen erzeugen. In diesem Kontext müssen deshalb Bemerkungen zu Zufallszahlen und deren Erzeugung sowie zur Güte von Pseudozufallszahlen gemacht werden. Anschließend lässt sich der Begriff Wahrscheinlichkeit definieren.



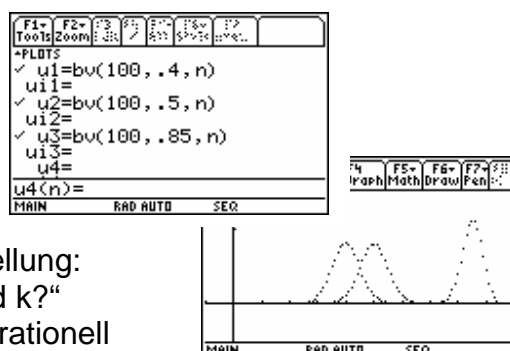
Simulation und Auswertung lassen sich oft schon mit vordefinierten CAS-Funktionen durchführen. Ich bin jedoch der Auffassung, dass die Schülerinnen und Schüler in dieser Phase des Unterrichts mit kleinen Programmen sowohl zur Simulation von Zufallsversuchen als auch der graphischen Veranschaulichung z. B. des Quotienten aus absoluter Häufigkeit des Ereignisses und Anzahl der Versuche (empirisches Gesetz der großen Zahlen) bekannt gemacht werden sollten.

Aus eigenen Erfahrungen weiß ich, dass Schülerinnen und Schüler bei einer derartigen Unterrichtskonzeption Kreativität entwickeln und eigene Programme zur Beschreibung von Zufallsversuchen (verschiedene Urnenversuche, Multiple-Choice-Tests u. a.) schreiben, die dann auch im weiteren Unterricht verwendet werden können und auch sollten.



Wahrscheinlichkeitsverteilungen können durch den Einsatz von CAS wesentlich effektiver untersucht werden. Das Verwenden von Tabellen ist nicht mehr notwendig, komplizierte Rechnungen entfallen. Die aus den Aufgabenstellungen bzw. nach Erarbeitung eines geeigneten Modells gewonnenen Daten können sofort als Eingaben in entsprechende Terme, Gleichungen oder auch Programme übernommen und ausgewertet werden.

Es steht daher mehr Zeit für das Modellieren und das Interpretieren der Ergebnisse zur Verfügung. Die Auswahl „geeigneter Werte“ für die Aufgabenstellung entfällt, d. h. die Aufgaben können praxisnah gestellt werden. Bei der theoretischen Behandlung der Binomialverteilungen $B(n, p, k)$ z. B. mittels der Fragestellung: „Welchen Einfluss haben die Parameter n , p und k ?“ lassen sich CAS zum Finden von Vermutungen rationell einsetzen.



Diese wenigen ausgewählten Beispiele zeigen, dass durch Einsatz von CAS die Entwicklung mathematischer Kompetenz im Unterricht gefördert werden kann.

Ralph Huste

4 Berichte aus den Ländern

4.1 Baden-Württemberg

	G8	G9
Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	verpflichtend	verpflichtend
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	verpflichtend	verpflichtend
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	möglich in der Oberstufe	möglich in der Oberstufe
Taschenrechnererlass?	ja	ja
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	5	7
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	7	11
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	Einsatz in der Oberstufe nach Genehmigung möglich	
Zulassung GTR in Prüfungen?	ja	ja
Zulassung TC in Prüfungen?	ja	ja
G8 ?	ab Schuljahr 2004/05 in Klasse 5	
G9 ?		auslaufend
Zentralabitur?	ja	ja
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	ja	ja
Weitere Informationen im Internet unter: http://www.Lehrer.uni-Karlsruhe.de/~za242/casimu/index.html http://www.Lehrer.uni-Karlsruhe.de/~za242/CAS/index.html , http://www.schule-bw.de/unterricht/faecher/mathematik/sek2/CAS		

Seit 1995 gibt es in Baden-Württemberg Versuche mit CAS im Unterricht. An vier Gymnasien wurden vom Kultusministerium Laptop-Projekte finanziert. Diese Versuche gingen ab Ende der neunziger Jahre in Mathematikprojekte über, bei denen auf den schuleigenen PC mit mathematischer Software – zumeist Maple – der reguläre Mathematikunterricht abgedeckt wurde. Auf Initiative einzelner Lehrer weiteten sich diese Versuche auch auf Taschencomputer mit CAS aus. Die häufigste Rechnervariante in Baden-Württemberg ist mittlerweile der TI-92+ bzw. das Nachfolgemodell TI Voyage 200, aber es gibt inzwischen auch Versuche mit anderen TC-Modellen. Beide Modellversuche haben sich in freiwilligen Arbeitskreisen organisiert und tauschen regelmäßig Erfahrungen aus.

Aktueller Stand

Die aktuellen Schülerzahlen sowie Kursgrößen zeigt die folgende Aufstellung:

Die Schüler sind im Schuljahr 2004/05 in der	Klasse 11	Klasse 12	Klasse 13	Schule verlassen
und legen das Abitur ab im Jahr	2007	2006	2005	2004
mit Taschencomputer CASIO ClassPad 300				
Schülerzahlen	40	60	115	58
Kurse	2	3	6	3
Kursgröße (Durchschnitt)	20,0	20,0	19,2	19,3
mit Taschencomputer TI Voyage 200				
Schülerzahlen	1311	1272	1180	843
Kurse	51	52	57	46
Kursgröße (Durchschnitt)	25,7	24,5	20,7	18,3
mit PC-Software (Maple, Mathematica)				
Schülerzahlen	-	141	126	110
Kurse	-	8	10	7
Kursgröße (Durchschnitt)	-	17,6	12,6	15,7

Insgesamt wird an 41 Gymnasien in Baden-Württemberg mit CAS unterrichtet. In der Praxis haben sich zwei Modelle herausgebildet:

1. Mathematikunterricht mit CAS auf den schuleigenen PCs, beginnend ab Klassenstufe 12. Hier haben die Schüler an der jeweiligen Schule die Wahl: entweder Mathematik mit CAS (meist Maple) oder ohne CAS. Bei dieser PC-Lösung musste bisher jeder unterrichtende Kollege seine Abituraufgaben selbst erstellen.
2. Die TC-Schulen haben im Gegensatz dazu in der Regel die komplette Oberstufe mit CAS ausgestattet. Für die Schülerinnen und Schüler gibt es keine Wahlmöglichkeit mehr. Die Schüler legen ein von der Arbeitsgruppe gemeinsam erstelltes, damit „zentrales“ Abitur ab und dies bereits seit Beginn dieses Unterrichtsmodells.

Zur Zusammenführung beider Modelle gibt es seit zwei Jahren einen regulären Lehrplan für Mathematik mit CAS. Ab 2005 wird ein für alle CAS-Schulen zentral gestelltes Abitur erarbeitet, und zwar unabhängig von der verwendeten Hard- und Software.

Erfahrungen der TI-Arbeitsgruppe

Verfügbarkeit

Die Geräte sind eigentlich nicht kaputt zu kriegen. Die Ausfallrate liegt bei ca. 1 %, obwohl die Geräte nahezu immer von den Schülern zum Unterricht mitgebracht wurden. Am Gymnasium Neuenbürg sind nur 4 von 300 Geräten (die zum Teil seit 1998 im Unterricht verwendet werden) ausgefallen. Die Aktualisierung der Software funktioniert über entsprechende kostenlose Internet-Updates reibungslos.

Akzeptanz der Geräte

Wenn die Schüler erst einmal ein CAS-Gerät besitzen, wollen sie es nicht mehr hergeben, so die übereinstimmende Erkenntnis aller Schulen. Wie bei jeder Technik gibt es Unterschiede in der Lerngeschwindigkeit und der Sicherheit des Umgangs mit dem Gerät. Die schülereigene Mentalität des Versuchens und Erprobens ohne Scheu führt aber in kurzer Zeit zu einer im Allgemeinen guten Werkzeugkompetenz. Erstaunlicherweise machen aber alle Schulen dieselbe Erfahrung, dass insbesondere bessere Schülerinnen zunächst das Gerät ablehnen. Nachfragen ergaben, dass hier Sorgen wegen vermeintlich nicht ausreichender Übungsaufgaben und -möglichkeiten im Vordergrund standen. Diese Reserviertheit wird sich wohl mit der weiteren Verbreitung der CAS-Unterrichtsversuche und daraus resultierender frei verfügbarer Aufgabensammlungen legen. Im Gegensatz dazu stehen Schüler, die aus der Mittelstufe mit inhaltlichen Lücken belastet in die Oberstufe wechselten: Hier ist ein Motivationsschub zu beobachten. Sie erhalten neuen Schwung für den Oberstufenstoff.

Notenentwicklung

Die bisher abgelegten Abiturprüfungen zeigen eine klare Verbesserung der Noten um durchschnittlich rund einen Notenpunkt. Genauere Statistiken belegen, dass Schüler mit mittelmäßigen Noten am meisten profitieren: Sie hätten ansonsten wegen der algebraischen Lücken aus der Mittelstufe in die Oberstufe kaum die Chance, gute Noten zu erwerben. Auch schwache Schüler verbessern sich etwas. Es zeigt sich aber, dass das CAS gravierende Lücken nicht auffüllen kann. Wenige sehr gute Schüler fallen ins Mittelfeld zurück, weil sie mit der Andersartigkeit der Fragestellungen Schwierigkeiten bekommen. Dafür dringen andere bis zur Leistungsspitze vor.

CAS im Zentralabitur

Das Zentralabitur in Baden-Württemberg ist seit 2004 in zwei Teile aufgesplittet: Ein so genannter Pflichtteil, der für alle Schüler gleich ist und ohne jegliches Hilfsmittel gelöst werden muss. Nach Abgabe dieses Teiles erhält der Schüler Formelsammlung und Taschenrechner – entweder den inzwischen verpflichtenden GTR oder den TC mit dem CAS. Dann wird der zweite Teil, der sowohl zeitlich als auch von der Bepunktung etwa zwei Drittel umfasst, bearbeitet. Eine Vorgabe, wann der Schüler zum zweiten Teil wechseln soll, gibt es nicht. Der Pflichtteil soll jedoch in etwa 80 Minuten gelöst werden können. Die Erfahrungen der letzten Abiturprüfung zeigten keine schlechteren Leistungen der CAS-Schüler bei dem hilfsmittelfreien Teil, der die elementaren Rechenfertigkeiten und -kenntnisse testen soll. Auch die CAS-Schüler können noch rechnen! Im mündlichen Abitur zeigte sich dann aber deutlich, dass diese Schüler gewohnt sind, Ergebnisse zu präsentieren.

Konsequenzen für den Unterricht

Übereinstimmend berichten alle Kollegen über Veränderungen in der eigenen Arbeitsweise: Das explorative Lernen der Schüler steht im Vordergrund. Der Lehrer übernimmt zunehmend eine Moderatorenfunktion, wenn die einzelnen Schülergruppen ihre zumeist unterschiedlichen Lösungsansätze oder -zugänge vorstellen. Frontalunterricht findet zur Faktenweitergabe oder Informationsmitteilung statt. Erarbeiten des neuen Stoffs kann dagegen verstärkt in Gruppenarbeit stattfinden.

Damit einher geht eine geänderte Fehlerkultur: Es ist gar nicht immer sofort entscheidbar, ob der von den Schülern gefundene Weg letztendlich zum gewünschten Ziel führt oder ob der vermeintlich richtige Lösungsansatz scheitern wird. Das „richtig oder falsch“ verändert sich in „brauchbarer oder weniger hilfreicher Ansatz“. Auch das Finden des Irrwegs ist lehrreich!

Völlig ungewohnt ist es für Schüler, über ihr Ergebnis zu diskutieren, war doch bisher die Mathematik der Inbegriff des eindeutig Entscheidbaren. Jetzt müssen verschiedenartige Ansätze und Ergebnisse bewertet werden. Sie stehen zur Diskussion. Die Gruppe muss ihr Ergebnis präsentieren, dieses den Mitschülern begreiflich machen und es gegen Kritik verteidigen.

Auch didaktisch ergeben sich deutliche Veränderungen des Unterrichts: Anhand realistischerer Fragestellungen können neue Begriffe geprägt und deren Notwendigkeit erkannt werden. Die Mathematik wird zum Hilfsmittel, mit dem ein Problem gelöst wird. So ist zum Beispiel die Lösung der Frage, wie viel Wasser ein Stausee enthält von deutlich höherer Praxisrelevanz als die Klärung, wie groß denn die Fläche unter einer vorgegebenen Kurve sei. Beides führt aber letztlich zur Integration. Es liegt in der Natur der Sache, dass realistische Fragestellungen in aller Regel komplexe Zusammenhänge haben. Diese Komplexität einerseits zu erkennen, andererseits so zu reduzieren, dass das Problem mit den eigenen Mitteln gelöst werden kann, ist für Schüler schwierig, benötigt Zeit und muss zu einem veränderten Herangehen im Unterricht führen.

Die methodisch-didaktischen Änderungen verlangen eine Verschiebung der Lehrinhalte: Ausgehend vom konkreten Experiment mit selbst gemessenen Daten wird mathematisch modelliert, eine geeignete Regressionskurve gesucht, interpretiert und bewertet. Interpolationen oder Regressionen müssen bestimmt, berechnet und beurteilt werden. Viele analytische Fragestellungen führen früher oder später zu einem Extremwertproblem. Im konkreten Kontext macht dann die Suche nach dem Extremum – global oder lokal – Sinn. Die schemamäßige Kurvendiskussion als Mittel zur Analyse des Kurvenverlaufs wird sinnlos: man kennt das Schaubild ja schon. Erst unter globalen Gesichtspunkten wird die Suche zum Beispiel mittels der Ableitung sinnbehaftet: Vielleicht gibt es ja noch weitere Extremwerte, die der kleine Ausschnitt des Displays nicht zeigt. Oder eine vermeintliche Berührstelle erweist sich bei genauer Untersuchung als zwei Nullstellen, die wegen der mangelhaften Auflösung der Grafik als ein Punkt dargestellt werden. Teile der Kurvendiskussion erleben eine sinnbehaftete Rückkehr in den Unterricht. Das Abarbeiten des Schemas wird bedeutungslos.

Verstärkte Bedeutung gewinnt die systematische Untersuchung von Kurvenscharen. Hier bietet das CAS, durch Veränderung der Parameter, neue Einblicke in die Dynamik der Scharkurven. Spätestens hier ist dann ein Kriterium zur Bestimmung der Art des Extremums unumgänglich. Zugleich eröffnet sich eine kreative Spielwiese für Modellierungen aller Art, für affine Abbildungen der Kurven und weiteren Fragestellungen.

Schwierigkeiten

Finanzierung

Bei allen beteiligten Schulen zeigt sich die Beschaffung der Geräte als das zentrale Hemmnis. Die Taschencomputer sind eben doch deutlich teurer als ein einfacher Taschenrechner. Manche Gemeinden haben die finanziellen Mittel nicht, alle Schüler mit den TC auszustatten. Es gibt unterschiedliche Lösungsansätze: Eltern erwerben das Gerät freiwillig. Die Schüler kaufen das Gerät mit späterer Rückkaufsgarantie der Schule zu einem verminderten Preis. Die Schule erwirbt die Geräte und verlangt eine Leihgebühr von den Schülern. Trotz großzügiger Unterstützung durch die beteiligten Firmen, bei uns überwiegend TI, bleibt diese Schwierigkeit bestehen.

Zusammenarbeit mit Universitäten

Als Hemmschuh erweist sich auch die wenig kooperative Haltung der Universitäten, bei denen von Ablehnung jeglicher Hilfsmittel bis zur Verwendung eines Laptops das ganze Spektrum vorhanden ist. Zudem verwenden manche Universitäten Campuslösungen für Softwareprogramme, die einer gemeinsamen Lösung von Schule und Universität im Wege stehen.

Kolleginnen und Kollegen

Auch die Kollegen sind nicht einfach zu überzeugen. Natürlich verlangt die oben dargestellte Veränderung neue Konzepte der Kollegen. Die alten Manuskripte taugen dafür nicht. Gravierende Veränderungen methodischer und didaktischer Art erzwingen einen schülerzentrierten Unterricht. Auch das Argument „In Mathematik reicht eigentlich ein Bleistift!“ wird gegen den Einsatz der neuen Technologie verwendet. Zu Recht hingegen bemängelten die Kollegen fehlende Literatur, Unterrichtskonzepte und Aufgabensammlungen. Dieser Markt entwickelte sich positiv, so dass dieser Mangel inzwischen beseitigt ist. Erhebliche Unsicherheit gab es bei den Kollegen über den Einsatz der Technologie in Prüfungssituationen. Das Modell der Klassenarbeiten mit einem Teil mit und einem Teil ohne Hilfsmittel (analog zur Struktur der Abiturprüfung) hat sich hier durchgesetzt.

Wo ist die Zeit für das Gerät?

Das Argument, das sich auf eine sicher vorhandene Stofffülle in den Lehrplänen bezieht und darauf hinaus läuft, dass die zusätzliche Zeit für das Erlernen der Bedienung und die Kenntnis der entsprechenden Befehle nicht vorhanden sei, hat sich als falsch erwiesen. Die Zeit, die für das Erwerben der Werkzeugkompetenz aufgewendet werden muss, wird an anderen Stellen des mechanischen Abarbeitens eines Kalküls wieder eingespart, so zum Beispiel beim Gauß-Verfahren. Sicher benötigt die neue Schlüsselqualifikation der Schüler Unterrichtszeit, die aber an anderen Unterrichtseinheiten eingespart wird.

Ausblick: Wie geht's weiter?

Die Modellversuche werden auch in Zukunft fortgesetzt und, soweit finanziell möglich, ausgebaut. Es gibt erste Versuchsschulen, die TC in Mittelstufenklassen einsetzen. Der Einsatz in anderen Fächern wäre wünschenswert. Für das Fach Physik gibt es bereits Erfolg versprechende Beispiele. Organisatorisch werden die unterschiedlichen Ansätze für einen Mathematikunterricht mit CAS im Jahr 2005 durch ein zentral gestelltes Abitur, unabhängig von der verwendeten CAS-Lösung, enger verknüpft.

Bernhard Hummel

4.2 Bayern

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	8 (nicht programmierbarer TR)
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	nicht in Prüfungen; Verwendung als Unterrichtsmittel ist je nach didaktisch-methodischem Ermessen der Lehrkraft freigestellt
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	
Taschenrechnererlass?	ja
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	keine Verpflichtung formuliert, aber CAS-, DGS-Einsatz bzw. Einsatz von Computergeometrieprogrammen (CGP) ist im Lehrplan an verschiedenen Stellen angesprochen
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	
Zulassung GTR in Prüfungen?	ab Kl. 8 an Realschulen
Zulassung TC in Prüfungen?	nein
G8 ?	ja
G9 ?	auslaufend
Zentralabitur?	ja
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
Weitere Informationen im Internet unter: http://www.isb.bayern.de/gym/math_inf/akcas/akcas.htm	

An bayerischen Gymnasien sind ab Jahrgangsstufe 8 bei Leistungsablagen nur Taschenrechner zugelassen, die nicht programmierbar sind. Als einzige Schulart in Bayern ist an Realschulen ab Jahrgangsstufe 8 der Einsatz von GTR in Prüfungen erlaubt. Jedoch nutzen weniger als 50% der Schüler diese Möglichkeit. Taschencomputer mit CAS- und CGP-Möglichkeiten dürfen also in Prüfungen nicht verwendet werden. Jedoch spricht der neue Lehrplan für das Fach Mathematik am achtjährigen Gymnasium den Einsatz von Computern als Unterrichtsmittel gezielt an. So wird in Jahrgangsstufe 7 die Verwendung von CGP als interaktives Werkzeug ausdrücklich erwähnt. Auch der Einsatz von CAS ist den Lehrkräften als Hilfsmittel zur Unterstützung von Lernprozessen freigestellt. Arbeitskreise am Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) haben sich deshalb intensiv mit den Möglichkeiten von CGP und CAS auseinandergesetzt und Konzepte sowie Materialien für den Einsatz im Unterricht entwickelt. Die dabei erstellten Materialien finden sich auf der Homepage des ISB (siehe Tabelle).

Außerdem beschäftigt sich der Modellversuch M³ „Medienintegration im Mathematikunterricht“, den Herr Prof. Dr. Weigand von der Universität Würzburg wissenschaftlich betreut, mit dem Einsatz von Taschencomputern (TI Voyage 200) im Mathematikunterricht. Dieser Modellversuch wird in den Jahrgangsstufen 10 und 11 an ausgewählten Gymnasien durchgeführt. Nach Aussagen beteiligter Lehrkräfte findet der TC dabei in Jahrgangsstufe 10 hauptsächlich Verwendung zur Visualisierung von funktionalen Zusammenhängen und zur Kontrolle von Ergebnissen. Er wird jedoch auch zur Arbeitserleichterung bei der Abarbeitung von sich wiederholenden Algorithmen, zur Gewinnung und Auswertung mathematischer Modellierungen sowie (fächerübergreifend) zur Messwerterfassung eingesetzt.

Vorläufige Schülerbefragungen am Ende des Schuljahres 2003/04 zeigten, dass Schüler den Mathematikunterricht mit den neuen Hilfsmitteln als interessanter und anschaulicher als bisher empfanden. Gleichzeitig gaben die Schüler jedoch auch an, ihrer Meinung nach nicht mehr gelernt zu haben als im herkömmlichen Unterricht. In geringem Umfang wurde sogar die Befürchtung geäußert, die Einübung wichtiger Rechenfertigkeiten vernachlässigt zu haben.

Die am Schulversuch beteiligten Lehrkräfte hoben die Möglichkeit hervor, mit TC den Unterricht flexibler und anschaulicher gestalten zu können. Zudem lassen sich ihrer Meinung nach damit manche mathematischen Strukturen sowie Zusammenhänge besser herausarbeiten. Sie räumten jedoch auch ein, dass insbesondere leistungsschwächere Schüler diese Systeme nicht immer Gewinn bringend einsetzen können und dass der erstmalige Einsatz von TC zusätzlich Zeit erfordert, zumal Handbücher nicht schülergerecht aufbereitet sind.

Als problematisch für eine flächendeckende Einführung erweisen sich die Anschaffungskosten. Diese Problematik umgehen viele Lehrkräfte, indem sie an ihre Schüler freie bzw. kostengünstige Softwaresysteme mit CAS- bzw. CGP-Möglichkeiten weitergeben. Die Visualisierung von funktionalen Zusammenhängen und die Kontrolle von Ergebnissen – beides wird häufig als typische Anwendung von CAS angeführt – kann dann etwa bei Übungsaufgaben am heimischen Computer durchgeführt werden, so dass die Schüler auf diese Kosten sparende Weise erste Erfahrungen im Umgang mit derartigen Systemen gewinnen können.

Christian Scheungrab

4.3 Berlin

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	nicht verboten, sinnvoll ab 5
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	nicht verboten, sinnvoll ab 7
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	nicht verboten, sinnvoll ab 9
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	im Prinzip erst ab 9
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung GTR in Prüfungen?	auf Antrag in der Abiturprüfung
Zulassung TC in Prüfungen?	auf Antrag in der Abiturprüfung
G8 ?	jetzige 5. Klassen
G9 ?	bis 2011
Zentralabitur?	ab 2007
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein

Schon Anfang der 80er Jahre gab es in Berlin Erfahrungen mit dem Rechnereinsatz im Mathematikunterricht. Mit den ersten vernetzten UNIX-Rechenanlagen wurde die „GNU“-Software mitgeliefert, die einen Funktionsplotter mit einem (kleinen) CAS enthielt. Die Schulen, die Informatik anboten, setzten diese Software in Mathematik ein. Gleichzeitig schrieben viele Fachlehrer Stand-alone-Programme in den damals verbreiteten prozeduralen Programmiersprachen für den Mathematikunterricht (Statistik, Dreiecksberechnung, Gleichungslöser, Funktionsuntersuchungen usw.). Auch in der Lehreraus- und -fortbildung wurde Computereinsatz bereits thematisiert.

Heute (Herbst 2004) stellt sich die Situation so dar:

- Ca. 170 Schulen nehmen am dezentralen Abitur teil. Als Hilfsmittel werden CAS (auf TC oder PC) auf Antrag zugelassen. Davon machten im LK im letzten schriftlichen Abitur ca. 5 % der Schulen Gebrauch. In diesem bzw. dem nächsten Durchgang wird auch im GK-Bereich CAS im Abitur erstmals eingesetzt.
- Im Frühjahr 2007 wird das erste Zentralabitur in Mathematik durchgeführt. Um innovative Unterrichtsansätze mit CAS-Einsatz nicht zurückzudrängen, ist geplant, neben dem „normalen“ Aufgabensatz einen zusätzlichen für „CAS-Kurse“ auf Antrag zur Verfügung zu stellen. GTR werden nicht zugelassen. Eine Verpflichtung zum CAS-Einsatz im Rahmenlehrplan gibt es bisher nicht, an eine flächendeckende Verpflichtung im Abitur ist in nächster Zukunft – auch aus Kostengründen – nicht gedacht. Da es noch keine empirische Untersuchung zum Vergleich von Unterrichtserfolg mit bzw. ohne CAS gibt, wird weiterhin innovationsfördernd, aber vorsichtig agiert.
- Der Einsatz von Software in der Mittelstufe (CAS, DGS) nimmt langsam, aber beständig zu. Er wird durch TI-Projekte und große Eigeninitiative von Lehrkräften gestützt. Landeslizenzen für Software-Produkte sind bisher nicht vorhanden.
- Das zentrale Hindernis für einen weiter verbreiteten Einsatz ist der Mangel an am Rahmenlehrplan orientierten CAS-Aufgabensammlungen. Deshalb wurden in Berlin verschiedene Arbeitskreise und Projekte zur Aufgabenentwicklung für den Unterricht mit CAS ins Leben gerufen. Diese sind auch an der Erstellung entsprechender Publikationen beteiligt. Die Kommunikation und Zusammenarbeit unter den beteiligten Lehrkräften und Schulen ist überdurchschnittlich hoch.
- TC werden gegenüber PC vorgezogen, wenn eine unproblematische Verfügbarkeit des CAS auch außerhalb des Unterrichts gewährleistet sein soll (Hausaufgaben, Übungen, selbst organisiertes Lernen). Wenn alle Lerner eines Kurses über einen häuslichen PC verfügen oder in der Schule jederzeit Rechnerzugang erhalten können, ist ein CAS auf PC die deutlich attraktivere Variante.

Die bisherigen Erfahrungen mit CAS-Einsatz zeigen:

- CAS-Unterricht fördert die Kreativität und ist verstärkt schülerorientiert.
- Er bietet einen neuen Zugang für vorübergehend schwächere Lerner.
- Er wird überraschenderweise manchmal gerade von sehr guten Lernern abgelehnt, während schwächere ihn als Chance begreifen.
- Da z. T. andere Kompetenzen für eine erfolgreiche Teilnahme am CAS-Unterricht nötig sind, findet in der Lerngruppe in der Regel eine Leistungsverschiebung statt.
- Lehrkräfte müssen die Scheu verlieren, von ihren Schülerinnen und Schülern zu lernen (Bedienung, Visualisierung u. a.). Das fällt vielen noch schwer.

- Das Erlernen der Bedienung eines CAS darf nie isoliert erfolgen, sondern immer bezogen auf mathematischen Kompetenzerwerb. Die Entlastung des Unterrichts von Routinerechnungen (händische Funktionsuntersuchungen, Gauß-Algorithmus usw.) führt zu einer Zeitersparnis, die für interessante Inhalte (Numerik, „schmutziges“ Zahlenmaterial, echte Anwendungen, mühsame Algorithmen) zur Verfügung steht.
- Der Erwerb „normaler“ mathematischer Kompetenzen darf nicht durch das attraktive Gerät in den Hintergrund gedrängt werden. Auch der CAS-gestützte Unterricht muss auf der Grundlage des gültigen Rahmenlehrplans und im Blick auf die Einhaltung und Erfüllung der EPA Mathematik erfolgen.
- Aufgaben des EPA-Anforderungsbereichs I müssen durch andere leichte Anforderungen ersetzt werden, weil das CAS die Routinerechnungen erledigt.

Christian Bänsch

4.4 Brandenburg

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung GTR in Prüfungen?	nein
Zulassung TC in Prüfungen?	nein
G8 ?	nein (aber entsprechende Schulversuche)
G9 ?	ja
Zentralabitur?	ab 2005
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
Weitere Informationen im Internet unter: http://www.lisum.brandenburg.de	

Medien und Werkzeuge im Mathematikunterricht

- Vor vier Jahren wurde die Medienoffensive m.a.u.s. (Medien an unsere Schulen) für die Sekundarstufe I ins Leben gerufen. An allen weiterführenden Schulen wurden durch das Ministerium und die Schulträger Computerräume geschaffen. Dies war an die Verpflichtung gekoppelt, dass sich die Lehrerinnen und Lehrer der jeweiligen Schule fachdidaktisch qualifizieren. Bestandteil der Qualifizierung ist unter anderem das Erarbeiten von konkreten Unterrichtsbeispielen, die am Ende der Fortbildung auf CD mit nach Hause genommen werden können. Der Stundenumfang beträgt 40 Stunden Präsenz und 10 Stunden Nachbereitung über das Internet. Es wurden 15 Fortbildner für 6 Schulamtsregionen in verschiedenen Fächergruppen für das Fach Mathematik qualifiziert. Für Derive wurde eine Landeslizenz gekauft.
- Vor zwei Jahren trat ein neuer Rahmenlehrplan für die Sekundarstufe I in Kraft (mit verbindlicher Nutzung von TK, CAS und DGS; der Nutzungsumfang ist jedoch nicht vorgeschrieben).
- Seit Schuljahr 2002/03 gibt es zentrale Prüfungen am Ende der Klassenstufe 10 (dabei Einsatz von TR, die nicht programmierbar und nicht grafikfähig sind).
- Zu Beginn des Schuljahres 2004/05 trat ein neuer Rahmenlehrplan für die Grundschule in Kraft. Für die Mathematik wurde dieser gemeinsam von Berlin, Bremen, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg erarbeitet. Der Lehrplan enthält Festlegungen zum Einsatz von TK und DGS.
- Bisher waren in der dezentralen Abiturprüfung auch CAS zugelassen. Im Zentralabitur ab Frühjahr 2005 sind nur TR zugelassen, die nicht programmierbar und nicht grafikfähig sind.
- Ab Mai 2004 wird ein neues Kerncurriculum für die gymnasiale Oberstufe in Kooperation von Berlin, Mecklenburg-Vorpommern und Brandenburg erarbeitet.

Ines Fröhlich

4.5 Bremen

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	offen
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	
Zulassung GTR in Prüfungen?	ja
Zulassung TC in Prüfungen?	
G8 ?	ab Schuljahr 2004/05 im Jahrgang 5
G9 ?	auslaufend
Zentralabitur?	ab 2007 im GK
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
Weitere Informationen im Internet unter: http://www.bildungsplattform.bremerhaven.de	

Das Land Bremen besteht aus zwei Städten, die räumlich getrennt sind. Beide Städte haben zu einem gewissen Teil kommunale Regelungen und dadurch bedingt eine zum Teil eigene Schulkultur und unterschiedliche Systeme. Bisher wechselten die Schülerinnen und Schüler nach einer vierjährigen Primarschule auf Schulzentren der Sekundarstufe I, wo sie in einer zweijährigen Orientierungsstufe gemeinsam unterrichtet wurden. Erst danach fiel die Entscheidung für das Gymnasium, die Realschule oder die Hauptschule. Nach dem 10. Schuljahr wechselten die Schülerinnen und Schüler auf die Schulzentren der Sekundarstufe II, die an einigen wenigen Standorten auch berufliche Gymnasien anboten.

Mit dem Schuljahr 2004/05 ist die Orientierungsstufe entfallen und die Schülerinnen und Schüler wechseln sofort in das Gymnasium oder in die Sekundarschule. In der neuen Sekundarschule ist in den 7. und 8. Klassen eine Fachleistungsdifferenzierung in den Kernfächern vorgesehen. Erst ab dem 9. Schuljahr findet eine Aufteilung in die abschlussbezogenen Profilklassen statt, die entweder zum mittleren Bildungsabschluss (Realschule) führen oder die eine Berufsbildungsphase (Hauptschule) mit beinhalten.

Bisher ist das Abitur nach 13 Jahren möglich. In beiden Städten gibt es unterschiedliche Schulversuche zur Schulzeitverkürzung. Die Einführung des verkürzten gymnasialen Bildungsgangs begann landesweit mit den Schülern, die im Schuljahr 2004/05 auf das Gymnasium wechselten.

Zusätzlich zu den oben genannten Änderungen gibt es in den beiden Städten an wenigen Schulen ein durchgängiges Gymnasium und in Schulversuchen die sechsjährige Grundschule. Für eine Übergangszeit bleiben allerdings die „alten“ Schulformen erhalten, die Orientierungsstufe und die bisherige Real- und Hauptschule laufen aus.

Bedingt durch das Kurssystem der gymnasialen Oberstufe und der Forderung nach Methodenkompetenz für alle Schüler der Sekundarstufe I wurde Mathematik als Leitfach für Excel festgelegt. Dies begründet sich damit, dass alle Oberstufenschüler Mathematik belegen müssen und in der Stochastik sinnvolle und gute Beispiele für den Einsatz einer TK gegeben sind. Den in Mathematik eingesetzten Kollegen wurde in Fortbildungen der Einsatz dieses Programms an Unterrichtsbeispielen und Klausuren vermittelt. In Bremerhaven gibt es parallel dazu Informationen auf einer Kommunikationsplattform, die auch einen öffentlich zugänglichen Teil beinhaltet (siehe Tabelle).

Seit 2001 gibt es für Derive und Cabri Landeslizenzen, so dass die Software in den Sekundarstufen I und II eingesetzt werden kann. In einigen LK wurde Derive systematisch verwendet und in den dezentralen Prüfungen berücksichtigt. GTR und CAS sind auch in GK eingesetzt wurden, allerdings bezogen sich die Prüfungen dann nur auf den GTR.

Im Jahr 2007 gibt es erstmals für das dritte Prüfungsfach (GK) ein Zentralabitur. Es gibt dann nur noch zehn Alternativen für den Schüler. Informatik als drittes Prüfungsfach ist dann zum Beispiel nicht mehr möglich. Für das Zentralabitur sind Fachkommissionen gebildet worden, deren Aufgabe darin besteht, dieses entsprechend vorzubereiten. Für das Fach Mathematik hat die Arbeitsgruppe eine Operatorenliste erarbeitet und stellt gerade Musteraufgaben zusammen. In einer frühen Phase ist den Kollegen dieses Konzept vorgestellt und festgelegt worden, welche verbindlichen Inhalte in der Einführungsphase zu behandeln sind. Die Musteraufgaben und eventuelle weitere Informationen sollen die Kollegen zum Jahreswechsel 2004/05 erhalten. Die Fachkommission wird anschließend die Aufgaben für die Abiturprüfung

erstellen. Ein Problem ist unter anderem der Einsatz von GTR oder CAS in der Prüfung, da dafür gleichwertige Aufgaben zur Verfügung gestellt werden müssen.

Für das Land Bremen gilt zurzeit immer noch die Lehrmittelfreiheit, die sich aber auf Bücher und Papier beschränkt. TR fallen nicht darunter, sind aber von einigen Schulen klassensatzweise angeschafft worden.

Eberhard Neef

4.6 Hessen

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	7
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	7
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung GTR in Prüfungen?	ja
Zulassung TC in Prüfungen?	ja
G8 ?	ab 2005/06 bzw. 2006/07 ab Klasse 5 an Gymnasien und kooperativen Gesamtschulen
G9 ?	weiterhin an integrierten Gesamt- schulen
Zentralabitur?	ab 2007
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	ja
Weitere Informationen im Internet unter: http://www.kultusministerium.hessen.de	

Hessen ist auf dem Weg zu einer neuen Lernkultur. Zentrales Ziel der Landesregierung ist die Verbesserung der Unterrichtsqualität. Eine Qualitätsverbesserung im Bereich der mathematischen Bildung ist in erster Linie durch einen Schulentwicklungsprozess zu erreichen. Der Fachunterricht kann nur durch die gemeinsamen Anstrengungen der Fachgruppen mit Aussicht auf eine längerfristige Wirkung weiterentwickelt werden. Daher muss auf die Kompetenz und die professionelle Kooperation der Lehrkräfte gesetzt werden, die in Teams Unterricht gemeinsam planen, durchführen, reflektieren und ihre Erfahrungen in die Arbeit der gesamten Fachgruppe einbringen. Erfreulich ist, dass zunehmend ganze Fachkonferenzen Fortbildungsbedarf anmelden.

Ein „neuer Unterricht“ benötigt auch „neue Werkzeuge“, wie GTR, DGS und CAS. Es gibt einzelne Schulen in Hessen, bei denen schon eine langjährige Erfahrung mit dem Einsatz von neuen Werkzeugen im Mathematikunterricht vorliegt. Diese Erfahrungen gehen auf das Engagement einzelner Kollegen zurück und sind zum Teil auch wissenschaftlich begleitet worden. Ein flächendeckender Einsatz dieser Werkzeuge ist aufgrund der in Hessen in der Verfassung festgeschriebenen Lehrmittelfreiheit derzeit nicht realisierbar.

Die Forderung nach Integration der neuen Medien in die Referendarausbildung wird jetzt allmählich umgesetzt. Hier ist aber der zeitliche Rahmen sehr eng, die didaktisch-methodische Vorbereitung der Unterrichtstätigkeit steht im Zentrum der Ausbildung. So werden Workshops zum Computereinsatz in den Studienseminaren (für berufliche Schulen) in Gießen, Darmstadt und Frankfurt/Main durchgeführt.

Die neuen Werkzeuge finden auch Berücksichtigung in der Lehrerfortbildung. Im Laufe der letzten Jahre hat das Zentrum für Mathematik mit Sitz in Bensheim in Kooperation mit T³-Deutschland eine Reihe von regionalen Fortbildungsveranstaltungen an den Standorten Hanau, Heppenheim und Wetzlar angeboten. Die Veranstaltungen finden samstags statt und werden regelmäßig von einer beachtlichen Anzahl von Lehrerinnen und Lehrern besucht. Im Jahr 2002 wurde erstmals eine T³-Regionaltagung für Hessen durchgeführt, die von etwa 120 Lehrerinnen und Lehrern besucht wurde. Die Teilnehmer konnten sich im Hauptvortrag und in anschließenden Parallelvorträgen informieren und in zehn Workshops selber arbeiten. Im Jahr 2003 haben dann etwa 100 Kolleginnen und Kollegen an der zweiten Regionaltagung teilgenommen. Das Hessische Kultusministerium führt am 13. Oktober 2004 in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Mathematik, mit T³-Deutschland, mit den Regionalgruppen und mit den Fachberatern Mathematik eine eintägige Großveranstaltung an drei Standorten in Hessen durch, um die beschriebene Veränderung der Lernkultur anzuregen. Weitere Informationen hierzu sind im Amtsblatt 08/04 bekannt gegeben worden.

Auch bei den Fortbildungen im Rahmen des BLK-Projekts SINUS bzw. SINUS-Transfer wurde bzw. wird der Einsatz von CAS und DGS berücksichtigt. Die Fortbildungsteams wurden im letzten Jahr bei zwei Veranstaltungen u. a. mit der DGS Euklid vertraut gemacht.

Seit einiger Zeit gibt es weiterhin in Gießen (<http://www.uni-giessen.de/~gx1006/ti92>) und in Wiesbaden (<http://www.wiesan.de/mathe>) jeweils eine Regionalgruppe von Lehrern, die sich etwa alle sechs Wochen einmal trifft, um sich über den Unterricht mit CAS- und DGS-Einsatz zu informieren.

In Hessen wird im Jahr 2007 das Landesabitur eingeführt, d. h. dass alle schriftlichen Prüfungen zentral erarbeitet und gestellt werden. Den Schulen, die GTR, DGS oder CAS nutzen, werden entsprechende Aufgabenformate angeboten.

Des Weiteren werden grundlegende Inhalte einer IKG in allen Bildungsgängen der Sekundarstufe I in allen Unterrichtsfächern vermittelt. Das wird auch im verkürzten gymnasialen Bildungsgang so sein. Ziel ist es dabei, die Schülerinnen und Schüler in die Grundlagen des Umgangs mit dem Medium Computer einzuführen. Dabei soll gewährleistet werden, dass allen Schülerinnen und Schüler, unabhängig von ihrer Vorbildung und unabhängig von außerschulischen Möglichkeiten, ein chancengleicher Zugang und gleiche Grunderfahrungen mit den neuen Medien eröffnet werden. Wegen unterschiedlicher Gegebenheiten in der räumlichen und sächlichen Ausstattung der Schulen, in den fachlichen Vorkenntnissen der Lehrkräfte und in den persönlichen Vorbildungen der Schülerinnen und Schüler macht es Sinn, die Umsetzung der IKG den Schulen unter der Berücksichtigung gewisser Vorgaben zu übertragen. Deshalb sind in allen Lehrplänen sowohl verbindliche als auch fakultative Inhalte zur IKG integriert. Im Rahmen eines zu entwickelnden schulinternen Medienkonzeptes gilt es, die schulinternen Umsetzungen zur Erlangung der Grundlagen einer „computer literacy“ für alle Schülerinnen und Schüler zu schaffen, indem die Themenfelder an einzelne Fächer angebunden werden. Auch das Fach Mathematik ist hieran zu beteiligen.

Ralph Hartung

4.7 Niedersachsen

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	freigestellt
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	
Taschenrechnerlass?	nur bis 1994
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	ab 7 im Gymnasium und in Gymnasialzweigen der Gesamtschulen
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	kann ab 7 GTR ersetzen
Zulassung GTR in Prüfungen?	ja
Zulassung TC in Prüfungen?	ja
G8 ?	erstmalig 2011 Abitur nach 12 Jahren
G9 ?	bis 2010
Zentralabitur?	ab 2006
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein

Einführung und Verbindlichkeit von Taschenrechnern

Seit dem 31. Dezember 1994 ist der Erlass zum Einsatz von TR im Unterricht außer Kraft. Ab diesem Zeitpunkt liegt die Entscheidung, welcher TR eingeführt wird, bei der Gesamtkonferenz der jeweiligen Schule. Die Gesamtkonferenz muss zustimmen. Wird ein Rechner eingeführt, der mehr als 25 Euro kostet, so muss auch der Schülerrat dieser Einführung zustimmen.

Seit 01. August 2003 gilt für das Gymnasium und die gymnasialen Zweige der Gesamtschulen: Der GTR ist ab Klasse 7 verpflichtend. CAS-Rechner können weiterhin mit Zustimmung des Schülerrates und der Gesamtkonferenz an Stelle des GTR eingeführt werden. Für alle anderen Schulformen gibt es zurzeit keine Regelung.

Nutzung der Taschenrechner in zentralen Prüfungen

Seit Jahren werden unterschiedliche Typen von TR bereits im dezentralen Abitur (nicht programmierbarer TR, GTR, CAS) unter den folgenden Bedingungen genutzt:

- Chancengleichheit,
- Sicherstellen der Vertrautheit im Umgang mit dem TR und
- Erläuterung des Einsatzumfangs.

Im Zentralabitur ab 2006 werden Aufgaben für die Rechnerarten TR, GTR und CAS vorgehalten werden, ab 2008 dann nur noch für die Rechnerarten GTR und CAS.

Für die Abschlussarbeiten im Sekundarbereich I (ab 2007) werden in den gymnasialen Bildungsgängen für die Rechnerarten GTR und CAS Aufgaben vorgehalten.

Bei der zentralen Mathematikarbeit im 8. Jahrgang (2002) wurden unterschiedliche Aufgaben für die verschiedenen Rechnerarten (ohne und mit TR, GTR und CAS) vorgehalten.

Einsatz der unterschiedlichen Typen

Zurzeit liegen nur für die Bezirksregierung Hannover Zahlen vor:

54 Schulen GTR: - 9 Schulen CASIO CFX 9850 GB Plus - 3 Schulen CASIO FX 9750 G Plus - 1 Schule Sharp EL 9650 - 40 Schulen TI-83 oder 83 Plus - 1 Schule TI-82	12 Schulen CAS: - 3 Schulen CASIO ClassPad 300 - 1 Schule CASIO Algebra FX 2.0 - 2 Schulen TI-92 - 6 Schulen TI Voyage 200
--	--

Kosten der Rechner

Die Rechner müssen von den Eltern bezahlt werden, da Niedersachsen keine Lehrmittelfreiheit hat. Die meisten Schulen haben über geeignete Leihsysteme oder von Elternvereinen angeschaffte Klassensätze finanzielle Probleme vermieden.

Fortbildung und Materialien (GTR, CAS)

Eine groß angelegte und zu Beginn verbindliche Fortbildungsmaßnahme „MUT (Mathematikunterricht mit Technologien)“ ist für alle Gymnasien und Gesamtschulen seit 1998 kontinuierlich gelaufen. Sie basiert auf einer Veröffentlichung zur Veränderung des Mathematikunterrichts am Gymnasium, die u. a. Modellierung, Anwen-

dungsorientierung und eine weniger starke Betonung der algebraischen Umformungen beschreibt. Seit 2002 wird diese Maßnahme als Angebotsfortbildung weitergeführt. Von den damit befassten Multiplikatoren sind erfolgreich zahlreiche Unterrichtsmaterialien erstellt worden, die über das Niedersächsische Landesamt für Lehrerbildung und Schulentwicklung (NiLS) zu beziehen sind (Informationen unter <http://www.nibis.de> ; Bestellungen unter der E-Mail bonin@nils.nibis.de).

Schulversuch zum Einsatz des CAS-Rechners

Am 01. August 2005 wird an mehreren Gymnasien ein Schulversuch mit wissenschaftlicher Begleitung (Frau Prof. Dr. Bruder) zum Einsatz des CAS-Rechners im Unterricht beginnen. Ziel ist u. a., für die Schulen, die diesen Rechnertyp einsetzen, geeignete Aufgaben und Unterrichtsideen zur Verfügung zu stellen. Die Veröffentlichung soll über den niedersächsischen Bildungsserver erfolgen. Gesponsert wird dieser Schulversuch von der Firma Texas Instruments.

Vera Reinecke

4.8 Rheinland-Pfalz

Computer im Mathematikunterricht	Empfehlungen in den Lehrplänen für die Grundschule sowie für die Sekundarstufen I und II
Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	Grundschule, 5
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	7
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	7
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	7 (Gymnasium zurzeit noch 8)
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein (Empfehlungen im Lehrplan)
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein (Empfehlungen im Lehrplan)
Zulassung GTR in Prüfungen?	ja (wenn alle Prüflinge einen besitzen)
Zulassung TC in Prüfungen?	ja (wenn alle Prüflinge einen besitzen)
G8?	Modellversuche
G9?	ja
Zentralabitur?	nein
Lernmittelfreiheit	nein (Sozialausgleich)
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
Weitere Informationen im Internet unter: http://bildungsstandards.rlp.de/ http://www.fachgruppe-computeralgebra.de/CAR/CAR25/node11.html	

Dieser Bericht vermittelt Ländertypisches, aber auch vieles, was mit den Erfahrungen in anderen Ländern übereinstimmt. Auch möchte ich hier einige Aspekte antippen, die in den Arbeitsgruppen nicht thematisiert wurden.

Da ich mit dem heiklen Thema „Computer im Mathematikunterricht“ im Laufe der Jahrzehnte sehr aparte Erfahrungen gemacht habe, lag es nahe, die Einstimmung auf diese Tagung mit einem Blick auf die Meinungen alter Meister zu beginnen, deren Weisheiten ich zur Auflockerung ab und an einfließen lassen werde. So sagte zum Beispiel Hans Freudenthal (1973): „Wenn unser Unterricht darin besteht, dass wir Kindern Dinge beibringen, die in einem oder zwei Jahrzehnten besser von Maschinen erledigt werden, beschwören wir Katastrophen herauf.“ Und Christian Morgenstern bemerkte schon lange davor: „Für viele gibt es leider nur ein Heilmittel: die Katastrophe.“

Entwicklung

Nachdem Anfang der 70er Jahre – das ist jetzt 30 Jahre her – der TR Einzug in den Unterricht gehalten hatte, gab es in Rheinland-Pfalz die ersten so genannten Personal Computer Anfang der 80er Jahre – das ist jetzt 20 Jahre her. Das Thema „Computer im (Mathematik-) Unterricht“ wird damit heute eigentlich viel zu spät und zu kurzfristig in Angriff genommen und immer noch nicht mit der notwendigen Respektierung lernpsychologischer Erkenntnisse und der Beachtung vorliegender Projektergebnisse (z. B. aus SINUS und SEMIK). Der rasche Zuwachs der PC führte in Rheinland-Pfalz bald zur Einrichtung von Computerräumen, die meist von Arbeitsgemeinschaften genutzt wurden, deren Lerninhalte engagierte Lehrer (selten Lehrerinnen) selbst definierten.

In der zweiten Hälfte der 80er Jahre begann in Rheinland-Pfalz eine offizielle Diskussion über die Inhalte der ITG und deren Platz im Unterricht der verschiedenen Schularten. Aus der Fortbildung einer großen Zahl von Multiplikatoren kristallisierte sich damals ein Katalog von Bausteinen¹ als bildungsrelevant heraus. In der Hauptschule wurde dieser Lernzielkatalog dem Fach Arbeitslehre zugewiesen. Im Gymnasium sollten Inhalte der ITG auf alle Fächer verteilt werden. Dessen ungeachtet nahm der Einzug des Computers auch in den Unterricht des Gymnasiums seinen naturgemäßen Verlauf: Analoge Ausstattungsentwicklungen und Unterrichtsgepflogenheiten wie in allen anderen Schularten der Sekundarstufe I. Um der relativen Wirkungslosigkeit einer breiten Verteilung auf alle Fächer zu entgehen, entschloss man sich im Realschulbereich, die Inhalte der ITG auf die vier Fächer Deutsch, Mathematik, Physik und Sozialkunde² zu verteilen und in die Lehrpläne dieser Fächer zu integrieren. Die Revision des Mathematiklehrplans der Realschule wurde 1992 über die Bezirksregierungen³ an die Schulen verteilt, von den Schulleitungen – so überhaupt wahrgenommen – abgeheftet und blieb seitdem verschollen.

Neben dem Aspekt „Computer als Unterrichtsgegenstand“ wurden die meiner Ansicht nach noch wichtigeren Aspekte „Computer als Medium“ und „Computer als Werkzeug“ damals gleichermaßen ins Bewusstsein der interessierten pädagogischen Öffentlichkeit gerückt.

Im weiteren Verlauf der 90er Jahre wurden die meisten Computerräume von DOS- auf Windows-Systeme umgestellt und, wie im übrigen Bundesgebiet auch, ans Internet angeschlossen. Gegen Ende der 90er Jahre entstanden in Zusammenarbeit mit anderen Projekten so genannte Notebook-Klassen und der Einsatz des Computers im Unterricht wurde zunehmend mediendidaktisch und -methodisch bedacht. Die Fortbildungsinitiative INTEL I, die in Rheinland-Pfalz mit zusätzlichen Angeboten bereichert wurde, hatte einen ungeahnten Erfolg. Mehr als sechsmal so viele Lehrkräfte wie erwartet, das waren weit über 10.000, nahmen daran teil – was aber bis

jetzt nicht unbedingt zu einem überzeugenden Schub in der Entwicklung der Unterrichtskultur führte.

Sachstand

Ausstattung

Das Bundesministerium hat mit Stand 2003 zum dritten Mal einen Bericht über die Computerausstattung der allgemeinbildenden Schulen in Deutschland abgegeben. Ein Blick auf die entsprechenden Daten von Rheinland-Pfalz zeigt, dass das Land hier im Trend der Bundesrepublik liegt:

- Die meisten Haupt- und Realschulen haben mindestens zwei Computerräume, in der Regel vernetzt, wobei im Mittel 12 Lernende auf eine Computerstation kommen. Die Gymnasien haben meist mindestens einen Computerraum mit im Mittel 18 Lernenden pro Station.
- Viele Schulen besitzen die Möglichkeit, mit einem Beamer Bildschirmhalte zu präsentieren, häufig auch mit Hilfe mobiler PC-Stationen oder Notebooks.
- Alle Grundschulen haben Computerstationen, wobei sich hier im Mittel 14 Kinder eine Station teilen.
- Die Versorgung mit persönlichen Notebooks ist auf wenige Projektschulen beschränkt. Diese liefern aber wichtige Erfahrungen für die zukünftig notwendige Umorientierung im Computereinsatz.
- Alle Schulen haben Zugang zum Internet.
- Nach den zur Zeit schon⁴ oder noch geltenden⁵ Lehrplänen ist der TR in der Grundschule zur Kontrolle von Ergebnissen insbesondere bei Aufgaben, bei denen das Sachproblem im Vordergrund steht, zugelassen. In der Realschule soll er ab Klasse 7, in Hauptschule und Gymnasium ab Klasse 8 eingeführt und benutzt werden, zukünftig in allen Schularten ab Klasse 7.

Unterrichtskultur

Während die Ausstattung der Schulen und Studienseminare flächendeckend ausgeglichen und zufrieden stellend ist, stellt sich die multimediale Unterrichtskultur äußerst heterogen dar. Obwohl alle Lehrpläne seit 1984 Empfehlungen zum Computereinsatz mit entsprechenden Softwarehinweisen beinhalten, ist die Gruppe engagierter Lehrkräfte, die konsequent die Ergebnisse der Lernforschung und den Mehrwert der neuen Medien umsetzt, recht überschaubar. Dieser gegenüber steht eine große Gruppe, die zwar die Fortbildungen nutzt, aber eher zur persönlichen Erbauung: eigene Arbeitstechnik und vermittelte Lerntechnik stehen sich bei diesen Lehrkräften diametral gegenüber. Der Computereinsatz dieser Gruppe ist teilweise von modischen Abartigkeiten oder Übertreibungen geprägt. Eine andere große Gruppe ignoriert schlicht alles, was irgendwie neu ist, und pflegt zusammen mit der zuvor genannten Gruppe alte Vorurteile, wie Lernen zu funktionieren habe – übrigens massiv unterstützt von einem Großteil der Eltern und einem Teil der Schulverwaltung. „Vorurteile zählen zu den effektivsten arbeitssparenden Methoden; man kann sich damit eine Meinung bilden, ohne sich vorher informieren zu müssen“ (Laurence Peters, Wirtschaftsmanager).

Lehrerbildung

Lassen Sie mich vom Positiven berichten. Statt wie vor 20 Jahren die Lehramtsanwärter von den Vorteilen der neuen Medien appellativ überzeugen zu wollen, haben wir die Multimediaausbildung heute an einigen Studienseminaren schon sehr operationalisiert:

- Neben dem persönlichen Gespräch findet die Kommunikation so weit wie möglich auf elektronischem Weg statt. Alle Beteiligten haben eine standardisierte E-Mail-Adresse. Dateien werden in ihrer Endform nur noch elektronisch über BSCW-Bereiche ausgetauscht.
- Da die Hochschulabsolventen, auch nicht die der Fachrichtung Mathematik, nach wie vor keine systematische, sondern nur eine autodidaktische Ausbildung in der Handhabung neuer Medien mitbringen, erhalten die Lehramtsanwärter bedarfsorientierte Grundausbildungen in den Techniken der Text- und Bildverarbeitung, in fachspezifischen grafischen Techniken und im Umgang mit der TK.
- Im Fachseminar Mathematik erhalten sie zudem Einblicke in den Unterricht mit DGS und mit der TK und müssen hierzu eigene Unterrichtsmaterialien erstellen.
- Die Protokollanten der Fachseminare müssen ihre Niederschriften multimedial ausarbeiten, z. B. als Mindmaps, Hypertextdokumente oder PowerPoint-Präsentationen.
- Alle Lehramtsanwärter des Fachbereichs Mathematik sind gehalten, eine Stunde mit multimedialer Unterstützung vorzuführen, was häufig auch positive Rückwirkungen auf die Ausbildungsschule hat.
- Auch wird der Einsatz neuer Medien häufig zum Thema der pädagogischen Hausarbeit im Rahmen des zweiten Staatsexamens gemacht.

In der Folge von TIMSS, PISA und anderer Untersuchungen entsteht in Rheinland-Pfalz gerade ein neuer schulartübergreifender Lehrplan für das Fach Mathematik, mehr oder weniger zufällig⁶ im Umfeld der nationalen Bildungsstandards und somit der erste Lehrplan, der versucht, die Bildungsstandards kompetenzorientiert in die schulische Praxis umzusetzen. Eine dieser Kompetenzen (K5) betrifft den Umgang „mit ... technischen Elementen der Mathematik“. DGS und TK, Internet-Recherche und Präsentationssoftware werden Werkzeuge des Mathematikunterrichts ab Klasse 5 sein.

Neue Medien

Sehr förderliche Grundlagenarbeit zum Einsatz neuer Medien hat das BLK-Programm SEMIK⁷ geleistet, bei dem sich alle Länder in mindestens einem Projekt mit dem „Systematischen Einsatz von Medien, Informations- und Kommunikationstechnologien in Lehr- und Lernprozessen“ beschäftigt haben. Der rheinland-pfälzische Beitrag untersuchte das selbst gesteuerte Lernen mit Hilfe neuer Medien im Mathematik- und Geographieunterricht (SEGELN⁸) und zusammen mit Schleswig-Holstein, Hamburg und Hessen die Implementation der neuen Medien in die Lehrerausbildung (Multimedia im Web⁹). In einigen Studienseminaren werden die Lehramtsanwärter fachbezogen in ganztägigen Pflicht-Workshops in der Bildbearbeitung und Präsentation, der Tonbearbeitung, dem Produzieren von Videofilmen und der Gestaltung von Selbstlernsequenzen (z. B. mit dem Mediator) ausgebildet und in der Folge im Einsatz dieser Techniken in ihrem Unterricht begleitet.

Die Arbeit in den genannten Projekten hatte unter anderem die Erkenntnis zur Folge, dass der Einsatz von Standard-Officeprogrammen (insbesondere der TK) und kostengünstiger bzw. kostenloser DGS (DynaGeo¹⁰, GeoNext¹¹ und GeoGebra¹²) allen Anforderungen an die Erstellung geeigneter multimedialer Lernwerkumgebungen genügt. Der Einsatz von GTR und TC mit CAS ist an rheinland-pfälzischen Gymnasien eher selten, da die Vorteile der besseren Bildqualität am PC geschätzt werden.

Die erarbeiteten Erkenntnisse zum selbst gesteuerten Lernen zeigen allerdings gravierende Diskrepanzen zu einer noch sehr verbreiteten Unterrichtspraxis im Mathematikunterricht auf. Zwar erkannte schon Sokrates, dass „der Schüler nichts gelernt hat, ist er nicht wenigstens die Hälfte seines Weges alleine gegangen“, aber „wer für den anwendungsorientierten“, selbstverantwortlichen „Mathematikunterricht ficht, tritt ein für Blut, Schweiß und Tränen“ (Hans Schupp). Insofern stellt sich momentan ein perverser Gegensatz zwischen gedachter und gelebter Schule dar: Wenn der Schüler nicht hört, d. h. seiner lernpsychologischen Pflicht zur Eigeninitiative nicht nachkommt, so muss der Lehrer fühlen: Innovative Lehrer erleiden an etlichen Schulen Mobbing oder gar Bossing statt Unterstützung – „damit der methodische Schulfriede gewahrt bleibt“.

Taschenrechner

Ein ganz eigenes Thema ist der Einsatz von TR. Zwar schreiben schon die 20 Jahre alten Lehrpläne die Einführung ab Klasse 7 bzw. spätestens ab Klasse 8 vor, doch sieht die Praxis ganz anders aus. Die Orientierung an der Lebenswelt wird vernachlässigt, mathematische Leistung mit schriftlichem Rechnen gleichgesetzt. „Der Mangel an mathematischer Bildung gibt sich durch nichts so auffallend zu erkennen wie durch maßlose Schärfe im Zahlenrechnen“ (Carl Friedrich Gauß).

Bei der algorithmischen Verarbeitung von Ziffernfolgen geraten die Operanden aus dem Blick. Eine Vorstellung über das zu erwartende Verknüpfungsergebnis wird kaum gefördert. „Ein alter Irrtum ist stets beliebter als eine neue Wahrheit“, sagt ein altes Sprichwort. „Es ist schwieriger, eine vorgefasste Meinung zu zertrümmern als ein Atom“ (Albert Einstein). Die neueren Lehrpläne räumen daher vernünftigerweise dem Kopfrechnen und dem sinnvollen Überschlagsrechnen mehr Raum ein als der Perfektion im schriftlichen Rechnen, bei dem vor allem das Verständnis im Vordergrund stehen soll.

Perspektive

Folgende Probleme sind in Angriff zu nehmen:

- Die bestehende Praxis der Computerräume ist eine Sackgasse. Die Räume sind meist von Wahl- oder Wahlpflichtfächern oder von Arbeitsgemeinschaften belegt. Dort, wo der Computereinsatz im normalen Unterricht Fuß fassen soll, sind die Computerräume häufig blockiert¹³.
- Daher sind zügig mobile Alternativen zum Strukturelement Computerraum zu finden. Ebenso muss die Funktion fester Computerstationen neu durchdacht werden. Neue „persönliche“ Rechnerformen sind zu entwickeln und einzuführen – irgendwo zwischen Notebook und GTR, aber näher am Notebook (Computer werden nicht nur im Mathematikunterricht eingesetzt).
- Die Thematik „Computer im Mathematikunterricht“ kann nicht einseitig aus der Sicht „CAS im Mathematikunterricht der Sekundarstufe II“ gesehen werden. Die meisten Schülerinnen und Schüler machen kein Abitur und werden keine Mathematiker. Sie haben auch noch eine Reihe anderer Fächer. Das Thema „Computer im Mathematikunterricht“ hat sich demnach am allgemeinen Bildungsauftrag und der Lebenswelt der Menschen auszurichten.
- Der Output der Lehrenden muss kontrolliert werden, ob er die Erkenntnisse der Lernbiologie und die Vorgaben der Lehrpläne wirklich umsetzt oder mit Vorurteilen und Innovationsresistenz konterkariert. Lehrer können nicht die universitäre Freiheit von Forschung und Lehre für sich beanspruchen. Sie haben als Mitar-

beiter einer Bildungsinstitution den Bildungsauftrag der Gesellschaft umzusetzen, ohne diesen für sich jeweils umdefinieren zu dürfen.

- Bildungspolitische, schulrechtliche und verwaltungstechnische Vorgaben haben die Erkenntnisse der Lernbiologie zu unterstützen und dürfen deren Umsetzung nicht behindern. Bildungspolitik und Schulverwaltung müssen daher daran arbeiten, dass sich die inneren Einstellungen der Lernenden und deren Eltern grundlegend ändern, damit der Mehrwert der neuen Medien hinsichtlich eines selbstverantwortlichen Lernens überhaupt zum Tragen kommen kann. „Der Computer zwingt uns zum Nachdenken über Dinge, über die wir auch ohne Computer schon längst hätten nachdenken müssen“ (Hans Schupp).

Rainer Vicari

Endnoten

1. ITG-Bausteine: siehe Endnote 2.
2. Deutsch: Textanalyse und -gestaltung; Mathematik: Grundlagen der Datenverarbeitung, Algorithmen, Programmiersprachen, Anwendersoftware (Dateiverwaltung, Textverarbeitung, TK); Physik: Prozessdatenverarbeitung (Steuern und Regeln); Sozialkunde: Gesellschaftliche Auswirkungen.
3. Die Pfalz hatte seit der napoleonischen Besetzung eine eigene Regierung, die so genannte Bezirksregierung Pfalz. Diese Einrichtung wurde mit der föderalistischen Gliederung der Bundesrepublik für Rheinland-Pfalz dergestalt übernommen, dass zuletzt drei Regierungsbezirke blieben: Rheinhessen-Pfalz, Trier und Koblenz. Dies drückt sich noch heute in den Zuständigkeitsbereichen z. B. der Studienseminare aus.
4. Rahmenplan Grundschule
5. Im Umfeld der Bildungsstandards ist Rheinland-Pfalz das erste Land, das einen Lehrplan entwickelt, der die Vorgaben dieser Standards auf die Praxis zu projizieren versucht.
6. Die rheinland-pfälzische Bildungsministerin Doris Ahnen ist zurzeit KMK-Präsidentin.
7. <http://www.fwu.de/semik/>
8. <http://www.semik.bildung-rp.de/> Das die Nachhaltigkeit der Projektergebnisse sichernde Nachfolgeprojekt SEMIK-Transfer ist leider gerade am Eigensinn der Mehrheit der Länder gescheitert.
9. <http://www.mmimweb.de.vu/>
10. <http://www.dynageo.de/>
11. <http://geonext.uni-bayreuth.de/>
12. <http://www.geogebra.at/>
13. Die Öffnung der Schullandschaft für integrierende Schulsysteme wie regionale Schulen, duale Oberschulen, integrierte Gesamtschulen und Hauptschulen, die den mittleren Bildungsabschluss vergeben, hat vielerorts zu einer Blüte exotischer Wahlpflichtfächer geführt, die teilweise den Zugang der Kernfächer zu den Computerräumen behindern.

4.9 Saarland

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	spätestens ab 6 (schulintern zu regeln)
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	schulintern zu regeln
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	schulintern zu regeln
Taschenrechnerlass?	aufgehoben
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	ab 6
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung GTR in Prüfungen?	schulinterne Prüfungen sind schulintern zu regeln, in landeszentralen Prüfungen keine Zulassung
Zulassung TC in Prüfungen?	
G8 ?	im Aufbau (erster Jahrgang in Klassenstufe 8)
G9 ?	auslaufend
Zentralabitur?	ja
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
Weitere Informationen im Internet unter: http://www.bildungserver.saarland.de von dort klickt man sich weiter zu Lehrpläne Mathematik	

Im Saarland gibt es 36 allgemeinbildende Gymnasien, ein Kolleg, vier berufliche Gymnasien und neun Gesamtschulen, an denen eine gymnasiale Oberstufe eingerichtet ist bzw. die in der Oberstufe mit einem Gymnasium kooperieren. Die Schüler der Gymnasien durchlaufen den zwölfjährigen Bildungsgang. Die Schüler des ersten G8-Jahrgangs sind im Schuljahr 2004/05 in der Klassenstufe 8. Diese Schüler können im Jahr 2006 in die Oberstufe eintreten und im Frühjahr 2009 die Abiturprüfung ablegen. Die Prüfungsaufgaben der Abiturprüfung werden seit etwa 1950 in allen Fächern zentral gestellt. Eine Lehrmittelfreiheit gibt es im Saarland nicht.

Nach meinem Kenntnisstand können alle Gymnasien mindestens einen, häufig mehrere Computerräume für den Unterricht nutzen. Die mobile Kombination „Notebook und Beamer in jeder Etage des Schulgebäudes“ hat sich noch nicht flächendeckend durchgesetzt.

Der Taschenrechnererlass aus dem Jahr 1977 wurde vor etwa zwei Jahren ersatzlos gestrichen. Damit gibt es keine rechtlichen Einschränkungen beim Einsatz von TR im Unterricht und bei den klasseninternen Leistungskontrollen. In der landeszentralen Vergleichsarbeit in Mathematik war bisher die Verwendung eines TR nicht erlaubt. Prinzipiell könnte jedoch durch Rundschreiben an die Schulen in den kommenden Jahren ein einfacher TR (Grundrechenarten u. ä., nicht programmierbar, kein CAS) bei den Vergleichsarbeiten zugelassen werden. Für die Abiturprüfung ist (durch die salomonische Beschreibung der Hilfsmittel: „zugelassener Taschenrechner“) die Spezifizierung des zugelassenen TR für jeden Abiturjahrgang ebenfalls durch Rundschreiben zu regeln. Bisher sind grafikfähige, programmierbare oder CAS-fähige Rechner nicht zulässig. Zurzeit ist nicht geplant, dies vor dem Auslaufen des neunjährigen gymnasialen Bildungsganges (also vor dem Abitur 2009) grundlegend zu ändern.

In den Lehrplänen des achtjährigen Gymnasiums sind elektronische Medien als Thema und als Werkzeug im Unterricht fest verankert. Im Unterricht der traditionellen Schulfächer der Klassenstufen 5 und 6 werden informationstechnische Grundlagen vermittelt. Dazu gehört der Umgang mit einem Textverarbeitungssystem, einer TK und dem Internet.

„Im Verlauf der Klassenstufe 6 wird ein Taschenrechner ohne Grafikdisplay eingeführt (Mindestanforderungen: Grundrechenarten, Potenzen, Kehrwerttaste, Gegenzahl-taste, mehrere Klammerebenen, mehrere Zwischenspeicher, Brucharithmetik) – zunächst jedoch nur zur Kontrolle eigener Rechnungen der Schülerinnen und Schüler. Insbesondere erfolgt der Gebrauch des Taschenrechners gebunden an eigene Rechenfertigkeit und vor dem Hintergrund inhaltlicher Vorstellungen über Rechenweg, Rechenterm und Rechenergebnis.“ (vgl. Lehrplan Mathematik für die Klassenstufe 6).

Die Ausstattung nahezu aller Gymnasien erlaubt es, vor allem ab Klasse 7 Funktionenplotter und DGS einzusetzen. Die Schüler können in der Regel die verwendete Software auch auf dem heimischen Rechner installieren. Der Lehrplan für die Klassenstufen 7 und 8 nimmt darauf Bezug. In Klasse 7 wird der Einsatz der Programme bei der Behandlung des Themenkreises Geometrie vorgeschrieben und bei weiteren Themen durch zahlreiche Hinweise und deutliche Empfehlungen nahe gelegt.

Alle Gymnasien wurden zu Beginn des Schuljahres 2004/05 mit einer Schullizenz für Derive 6 ausgestattet.

Im Schuljahr 2003/04 wurde an sechs Gymnasien und einer erweiterten Realschule ein Projekt etabliert, das auch von den Firmen CASIO und Texas Instruments unterstützt wird. Sieben Klassen der Stufe 7 und zwei GK der Stufe 12 wurden mit Klas-

sensätzen grafik- und CAS-fähiger Taschencomputer ausgestattet, um deren Einsatzmöglichkeiten im Mathematikunterricht zu erproben. Dieser Unterricht soll auch eine Vorbildfunktion für weitere Klassen haben. Durch die Beteiligung eines Fachleiters für Mathematik am Studienseminar für Gymnasien und Gesamtschulen in Neunkirchen ergeben sich unmittelbare Auswirkungen auf die Lehrerbildung. Das Projekt wird inzwischen in sieben Klassen der Stufe 8 weitergeführt. Da im Saarland in GK keine schriftlichen Abiturprüfungen möglich sind, ergeben sich keine Probleme beim TC-Einsatz in den GK der Stufen 12 und 13. Gegen die Zulassung leistungsfähiger elektronischer Hilfsmittel in einer mündlichen Abiturprüfung bestehen aus meiner Sicht keine rechtlichen Bedenken, wenn die Aufgabenstellung die Fähigkeiten der Hilfsmittel berücksichtigt und konform mit dem Unterricht ist.

Das Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM), das für die Lehrerfortbildung im Saarland zuständig ist, hat den Einsatz elektronischer Hilfsmittel als einen seiner thematischen Schwerpunkte gewählt. Ebenso intensiv beschäftigt sich der Lehrstuhl für die Mathematik und ihre Didaktik von Herrn Prof. Dr. Hischer an der Universität des Saarlandes mit diesem Thema. Unter <http://www.vum21.de> finden Interessierte E-Learning-Kurse zum Umgang mit Euklid-DynaGeo, den Taschencomputern TI Voyage 200 und CASIO ClassPad 300 und in Kürze auch mit Derive 6 sowie weitergehende Informationen zum Einsatz neuer Medien.

Peter Leiding

4.10 Sachsen

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	Gymnasium 5, Mittelschule 5
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	Gymnasium 8
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	Gymnasium 8
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	Gymnasium 5, Mittelschule 5
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	Gymnasium 8
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	Gymnasium 8 (TC oder PC-Software)
Zulassung GTR in Prüfungen?	Gymnasium
Zulassung TC in Prüfungen?	wird noch geregelt
G8 ?	ja
G9 ?	nein
Zentralabitur?	ja
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
Weitere Informationen im Internet unter: http://marvin.sn.schule.de/~ci/1024/bg_lp_abs.html	

Allgemeine Bemerkungen

In den neuen Lehrplänen für Mathematik an den ca. 470 sächsischen Mittelschulen und Abendmittelschulen sowie den ca. 160 Gymnasien, Abendgymnasien und Kollegs, die seit dem 01. August 2004 in Kraft sind, wird neben anderen Schwerpunktverlagerungen verstärkt auf den Einsatz zeitgemäßer Hilfsmittel gesetzt. An den ca. 50 beruflichen Gymnasien und ca. 60 Fachoberschulen soll diese Entwicklung fortgesetzt werden. Die entsprechenden Lehrpläne für diese Schularten befinden sich zurzeit in der Erarbeitungsphase.

Ziele des verstärkten Einsatzes von Hilfsmitteln sind insbesondere

- Begrenzung aufwändiger algorithmischer Tätigkeiten auf einen Umfang, der für die Entwicklung elementarer Rechenfertigkeiten notwendig ist, zu Gunsten
 - anspruchsvoller mathematischer Tätigkeiten (heuristisches Arbeiten, Problemlösen, Kopfrechnen, Überschlagen, Darstellen, Begründen, Interpretieren, Dokumentieren, Präsentieren),
 - der Entwicklung der Aufgabenkultur (Lösen von Aufgaben, die grundlegende Inhalte aus verschiedenen Teilgebieten der Mathematik verknüpfen, sach- und anwendungsbezogen, problemorientiert oder offen sind),
 - der Entwicklung der Unterrichtskultur (Fördern von selbst organisiertem Lernen, entdeckendem Unterricht, Lernen an Stationen, Partner- und Gruppenarbeit),
- Erweiterung der Lösungsmöglichkeiten bzw. -varianten durch Nutzung unterschiedlicher Hilfsmittel bzw. Werkzeugenebenen,
- Verstärkung der Kommunikation im Mathematikunterricht, so
 - Darstellen der Lösungswege in knapper und nachvollziehbarer Form,
 - Diskutieren von Lösungsvarianten,
 - Interpretieren von Rechenergebnissen und
 - Validieren von Modellen sowie
- Verbreiterung der Palette von bearbeitbaren Problemfeldern um solche, für deren Bearbeitung den Schülern kein Kalkül zur Verfügung steht.

Neben den bereits weit verbreiteten Hilfsmitteln für den Mathematikunterricht wie Zeichengeräte, Formelsammlung, Zahlentafel, Lehrbuch, Folien, Arbeitsblätter, Körpermodelle und TR sollen künftig die Einsatzfelder der TK und DGS verstärkt werden. Am Gymnasium kommt noch die Computeralgebra hinzu. Zu einem späteren Zeitpunkt wird die Simulation stochastischer Vorgänge um Untersuchungen zum Verhalten dynamischer Systeme erweitert werden.

CAS-Einsatz an den Gymnasien

Im Mathematiklehrplan für die sächsischen Gymnasien wird folgende Festlegung zum CAS-Einsatz getroffen: Als Hilfsmittel für die Arbeit im Unterricht, das Lösen von Hausaufgaben und das Absolvieren von Leistungskontrollen werden eingesetzt:

- Tabellen- und Formelsammlung ohne ausführliche Musterbeispiele,
- Taschenrechner ohne Grafikdisplay (TR) ab Klassenstufe 5, Taschenrechner mit Grafikdisplay (GTR) ab Klassenstufe 8 und
- mathematische Software in Form von CAS ab Klassenstufe 8, DGS und TK.

Über die Auswahl der für den Einsatz der Software benötigten Hardware entscheidet die jeweilige Fachkonferenz unter Berücksichtigung der materiellen und schulorganisatorischen Bedingungen. Die Fachkonferenz des Gymnasiums entscheidet also unter Berücksichtigung der materiellen und schulorganisatorischen Bedingungen, ob sie die ab Klassenstufe 8 einzusetzende Software am PC bereit stellt oder ob jeder Schüler auf eigene Kosten einen symbolverarbeitenden Taschenrechner erwirbt, der über die entsprechenden Softwarekomponenten und ein Grafikdisplay verfügt. Zur Unterstützung der ersten Variante stellt der Freistaat Sachsen den allgemeinbildenden Gymnasien eine Landeslizenz für TI InterActive! und den beruflichen Gymnasien eine Landeslizenz für Mathcad kostenlos zur Verfügung. Die Berücksichtigung der von den Gymnasien gewählten Variante der Softwarenutzung bei der Gestaltung der zentralen schriftlichen Prüfungen erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt. Beim verpflichtenden CAS-Einsatz wird auch ausgewiesen, welche Kompetenzen die Schüler ohne Nutzung dieses Hilfsmittels erwerben sollen. Der neue Mathematiklehrplan für das Gymnasium enthält in den Lernbereichen insbesondere folgende Aussagen zur verbindlichen Nutzung von CAS:

8/1: Verwendung von CAS beim Umformen komplexerer Terme und Gleichungen
8/3: Lineare Regression mithilfe GTR, CAS oder TK
8/3: Lösen von linearen Gleichungssystemen mit zwei Gleichungen und zwei Unbekannten mithilfe GTR oder CAS
9/1: Lösen quadratischer Gleichungen mithilfe von GTR oder CAS
GK 11/1, LK 11/1: Ermitteln von Ableitungen mit und ohne CAS
GK 11/1, LK 11/1: Lösen von linearen Gleichungssystemen mit mehr als drei Unbekannten mithilfe von GTR oder CAS
GK 12/1, LK 12/1: Ermitteln von Integralen mit und ohne CAS
GK 12/4: Untersuchen von Kurvenscharen mit CAS

Das folgende Beispiel zeigt, wie die Forderung nach CAS-Nutzung im Lehrplan formuliert ist.

Lernbereich 1: Integralrechnung

28 Unterrichtsstunden

Beherrschen des Integrierens von Funktionen	Beiträge von G. W. Leibniz und I. Newton zur Entwicklung der Integralrechnung
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Stammfunktion und unbestimmtes Integral ▪ Ermitteln von Integralen mit und ohne CAS ▪ ohne CAS: ganzrationale Funktionen, Potenzfunktionen mit rationalen Exponenten sowie $\int e^x dx; \int \frac{1}{x} dx; \int \sin x dx$ 	mit CAS auch verkettete und verknüpfte Funktionen Der Einsatz von CAS sollte insbesondere entdeckendes Lernen fördern sowie bei sachbezogenen Aufgabenstellungen die Reflexion zum Sachverhalt und die Interpretation des Ergebnisses unterstützen.
<ul style="list-style-type: none"> ▪ inhaltliches Verständnis des bestimmten Integrals als aus Änderungen rekonstruierter Bestand und als Flächeninhalt 	Würdigung B. Riemann
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eigenschaften des bestimmten Integrals 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hauptsatz der Differential- und Integralrechnung 	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Berechnung von Flächeninhalten 	

Jürgen Wagner

4.11 Schleswig-Holstein

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	ab 7 im Verantwortungsbereich der Schule gemäß Deregulierungserlass (Schulkonferenzbeschluss)
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	
Taschenrechnerlass?	ja ¹ ; aber durch Deregulierung nur noch für den Regelfall (ohne abweichenden Schulkonferenzbeschluss)
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	7 (laut Lehrplan)
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung GTR in Prüfungen?	ja ² (Fachanforderungen)
Zulassung TC in Prüfungen?	
G8 ?	auf Antrag klassenweise
G9 ?	in der Regel
Zentralabitur?	nein
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein

¹Elektronische Taschenrechner im Unterricht
RdErl. vom 31. August 1981 (NBI. KM. Schl.-H. S. 254)

²Die Verwendung von Programmen im Mathematikunterricht der Oberstufe
Bekanntmachung vom 21. Februar 2001 (NBI. MBWFK. Schl.-H. S. 105)

Rahmenbedingungen

Im Land Schleswig-Holstein fordern die kompetenzorientierten Lehrpläne den Einsatz des Computers im Mathematikunterricht. Die Schülerinnen und Schüler sollen hiernach in der Schule den Umgang mit technischen Hilfsmitteln wie TR und Computern erlernen und Rechner als Hilfsmittel zur Durchführung von Approximationen und Simulationen, zur Datenauswertung und für Visualisierungen nutzen (Methodenkompetenzen). Seit Januar 2001 ist der Einsatz CAS-fähiger Rechner in der Oberstufe auch in Klausuren und im Abitur geregelt (siehe die o. g. Bekanntmachung vom 21. Februar 2001).

Die Versorgung der Schulen mit Rechnern und Programmen ist uneinheitlich. Für die wesentlichen Mathematikprogramme (z. B. DGS, Derive) gibt es keine Landeslizenzen. Die Schulen müssen die Soft- und Hardware selbst kaufen. Die im Lande geltende Lernmittelfreiheit gilt nicht für TR.

Einsatz von Computern im Mathematikunterricht

Im September 2004 wurde eine Befragung der Gesamtschulen und der Gymnasien des Landes hinsichtlich des unterrichtlichen Einsatzes von Computern im Mathematikunterricht durchgeführt. Die Schulen sollten angeben, in welchen Bereichen sie wie häufig den Rechner einsetzen. Es antworteten 83 Schulen mit folgendem Ergebnis:

Unterrichtseinsatz von	Häufigkeit des Einsatzes		
	regelmäßig	gelegentlich	nie
DGS			
in der Orientierungsstufe	7	43	33
in der Mittelstufe	17	46	20
CAS			
in der Orientierungsstufe	2	2	79
in der Mittelstufe	3	42	38
in der Oberstufe	18	44	21
Programmen zu analytischen Geometrie	4	31	48
Programmen zu Stochastik			
in der Mittelstufe	3	31	49
in der Oberstufe	8	36	39
GTR			
in der Mittelstufe	0	6	77
in der Oberstufe	3	7	73
CAS-fähigen Taschenrechnern			
in der Mittelstufe	0	6	77
in der Oberstufe	0	16	67

Anmerkungen:

- Es werden verschiedene DGS-Programme verwendet.
- Als CAS-Programm wird fast ausschließlich Derive verwendet. CAS-Einsatz in der Orientierungsstufe erfolgt so gut wie nicht.
- Zur analytischen Geometrie werden an diversen Schulen Programme zum Lösen von Standardaufgaben der analytischen Geometrie (z. B. Matheass, Winfunktion) eingesetzt, an anderen wird mit Derive oder Visualisierungsprogrammen (Analytische Geometrie 6) gearbeitet.
- Im Bereich Stochastik wird viel mit TK (insbesondere mit Excel) gearbeitet. Einige Schulen setzen Excel in allen Jahrgangstufen im Unterricht ein.
- GTR und TC werden kaum verwendet. Ein wesentlicher Grund sind sicher die Kosten. Einige Schulen statten einzelne Kurse mit solchen Geräten aus. Die Initiative geht dabei in der Regel von einzelnen Lehrkräften aus. Acht der 84 Schulen meldeten, dass sie über Erfahrungen mit dem Rechnereinsatz in Prüfungen (bis hin zum Abitur) verfügen.

Lehreraus- und -fortbildung

Es werden in Schleswig-Holstein regelmäßig Fortbildungen zu verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Rechners im Mathematikunterricht angeboten. Eine Fortbildungsreihe, die sich zum Ziel setzt, z. B. den CAS-Einsatz an den Schulen zu verstärken, gibt es allerdings derzeit nicht.

In der Lehrerausbildung wurde bisher durch die Studienleiter des Faches Mathematik darauf geachtet, dass die Referendarinnen und Referendare den Einsatz der neuen Technologien im Unterricht kennen lernen und selbst erproben. Nach der Reform der Lehrerausbildung im Land Schleswig-Holstein wird diese Aufgabe von Modulveranstaltungen des Instituts für Qualitätsentwicklung an Schulen in Schleswig-Holstein (IQSH) und von den Ausbildungsschulen selbst übernommen werden.

Insgesamt bleibt festzustellen, dass es in Schleswig-Holstein zwar eine Vielzahl von Aktivitäten hinsichtlich des Einsatzes von Computern im Mathematikunterricht gibt. Eine landesweit gesteuerte Entwicklung in Richtung einer Verstärkung des Einsatzes von Computern im Mathematikunterricht, zu der auch die Diskussion von Standards gehört, ist eine wichtige Aufgabe für die nächste Zukunft.

Oliver Thomsen

4.12 Thüringen

Zulassung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Zulassung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung TC im Unterricht ab Klasse?	10 (nach Genehmigung)
Taschenrechnerlass?	nein
Verpflichtung TR im Unterricht ab Klasse?	7
Verpflichtung GTR im Unterricht ab Klasse?	nein
Verpflichtung TC im Unterricht ab Klasse?	nein
Zulassung GTR in Prüfungen?	nein
Zulassung TC in Prüfungen?	ja (falls im Unterricht benutzt)
G8 ?	ja
G9 ?	nein
Zentralabitur?	ja
Lernmittelfreiheit auch für GTR und TC?	nein
<p>Weitere Informationen im Internet unter: http://www.thillm.th.schule.de http://www.fachgruppe-computeralgebra.de/CLAW/Schoental2002/Brenner_Zappe.pdf http://www.fachgruppe-computeralgebra.de/CLAW/Schoenenberg2004/</p>	

Seit Beginn des Schuljahres 1999/2000 wird in Thüringen der Einsatz von TC im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe erprobt (vgl. [5], [6]). Begünstigend wirkten sich für die Durchführung dieses Projektes folgende Umstände aus:

- Mit Beginn des Schuljahres 1999/2000 trat in Thüringen ein Lehrplanwerk in Kraft, das in allen Schularten und Fächern einer gemeinsamen Konzeption folgt. „Dieses stellt den Unterricht im einzelnen Fach stark in den Kontext eines gemeinsamen Grundanliegens, das auf die Entwicklung von Lernkompetenz gerichtet ist.“ ([1], S. 3)
- Das Thüringer Kultusministerium (TKM) stattete die teilnehmenden Schulen in drei aufeinander folgenden Jahrgängen mit TC aus.
- Erste Erfahrungen lagen bereits am Albert-Schweitzer-Gymnasium Ruhla aus einem zweijährigen Projekt vor.
- Ein Arbeitskreis CAS am Thüringer Institut für Lehrerfortbildung, Lehrplanentwicklung und Medien (ThILLM) wurde gegründet.

Im Schuljahr 1999/2000 gab es acht Schulen, die an einer Erprobung teilnahmen. Die Schüler der beteiligten Schulen legten erstmals 2002 ein „CAS-Zentralabitur“ ab. Die Abiturergebnisse in den Projektschulen fielen etwas besser aus als die der Schulen, die nicht am Projekt beteiligt waren.

Der Erfolg der Erprobung führte zu einem Rundschreiben des TKM im April 2002 an die Gymnasien, Gesamtschulen, Kollegs und beruflichen Gymnasien, in dem es heißt: „Thüringer Schulen mit gymnasialer Oberstufe können eine Genehmigung zur Nutzung von CAS-Taschenrechnern beim Thüringer Kultusministerium ... beantragen. Dabei haben die Schulen die Verfügbarkeit der Geräte und die Fortbildung der Lehrer in eigener Verantwortung abzusichern und ihr diesbezügliches Vorgehen im Antrag darzustellen.“ Von dieser Möglichkeit haben mehrere Schulen Gebrauch gemacht, so dass derzeit mehr als 25 % der Gymnasien in der gymnasialen Oberstufe einen TC einsetzen. Die Lehrer werden durch den o. g. ThILLM-Arbeitskreis in ihrer Arbeit unterstützt. Ein Schülermaterial ([3]) sowie Lehrerhefte für die Klassenstufen 10 und 11 ([4], [11]) wurden auf der Basis des Thüringer Lehrplans erarbeitet. Z. Zt. wird darüber diskutiert, ob auch ein Lehrerheft für die Klassenstufe 12 entstehen sollte. Schließlich ist beabsichtigt, im Abiturerlass die bisherige Regelung „Taschenrechner (nicht grafikfähig, nicht programmierbar)“ ab 2008 durch die Zulassung von TC zu ersetzen.

Um Aufschluss über die Entwicklung von Rechner unabhängigen „elementaren“ Fertigkeiten zu erhalten, wurden seit 2000 Tests in Klasse 11 durchgeführt, an denen sich alle Schüler der Projektklassen beteiligten. Zusätzlich unterzogen sich Schüler, die nicht mit CAS arbeiteten, an jeweils fünf oder sechs Gymnasien dem Test. Die Schwerpunkte im Test waren und sind: Rechnen mit Zahlen; Umgehen mit Termen, Gleichungen, Ungleichungen und Gleichungssystemen; Kenntnisse über Funktionen, Geometrie, Stochastik und Modellierung. Ein Beispiel für einen Testbogen ist in ([5]) angegeben. Die erzielten Testergebnisse sind insgesamt unbefriedigend. Die Projektklassen waren etwas besser als die Vergleichsklassen.

Die Lehrerinnen und Lehrer, die im Arbeitskreis CAS mitarbeiten, haben bei regelmäßigen Treffen die Möglichkeit, Unterrichtsmaterialien und Klausuren auszutauschen. In den Schulamtsbereichen werden regionale Fortbildungsangebote unterbreitet, die von Einzelveranstaltungen bis zu Unterrichtsreihen reichen. Zunehmend wird auch schulinterne Fortbildung angefragt. In Großveranstaltungen am 16./17. August 2002 in Gotha mit 60 Teilnehmern, am 17./18. Oktober 2003 in Jena mit 140

Teilnehmern und am 11. September 2004 in Bad Berka mit 130 Teilnehmern wurde versucht, Lehrer aller Thüringer Gymnasien über die Möglichkeiten des Einsatzes von TC zu informieren. Die Besetzung der Casio-Stiftungsprofessur an der Friedrich-Schiller-Universität Jena (FSU) in der Abteilung für Didaktik der Mathematik und Informatik hat bereits zu einer Arbeitsgruppe zwischen der FSU und dem ThILLM geführt, so dass in Zukunft auch eine wissenschaftliche Beratung möglich ist. Schließlich hat auch die Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Wirtschaft der Fachhochschule Schmalkalden erste Ergebnisse erbracht ([10]).

Konzeptionelle Arbeiten zum CAS-Einsatz

Bei den konzeptionellen Arbeiten wurden z. B. Erfahrungen aus den USA, aus Kanada, Österreich und Deutschland berücksichtigt (vgl. diverses Unterrichtsmaterial im Internet sowie [7] und [8]). CAS können moderne Unterrichtsformen und die Herausbildung der angestrebten Schlüsselqualifikationen beim Schüler entscheidend unterstützen. Sie entwickeln sich zu kognitiven Werkzeugen. Dabei spielt nicht nur eine Rolle, dass mit ihrer Hilfe Rechnungen schneller und sicherer ausführbar sind. Vielmehr ist von Bedeutung, dass sich durch den Einsatz von CAS im Unterricht eine Akzentverschiebung weg vom Ausführen, hin zum Planen und Reflektieren ergibt.

Die Leistungsfähigkeit der CAS sollte nicht dazu führen, dass die mit ihrem Einsatz im Unterricht beim Lösen von Aufgaben gewonnene Zeit dazu verwendet wird, zusätzlich weitere Inhalte zu thematisieren. Möglicherweise ist es sinnvoll, Inhalte auszutauschen. Verfahren wie Rekursion oder Simulation oder Themen wie Differentialgleichungen oder Ausgleichskurven werden durch CAS dem Unterricht zugänglich. Es geht allerdings nicht um den jeweiligen Kalkül und seine Durchführung, sondern um Ideen und Grundvorstellungen. Die Beziehungen zwischen Mathematik und Realität werden deutlicher. Interessante Anwendungen und deren Modellierung vermindern eine fachspezifische Einengung und fördern das Denken in vernetzten Systemen.

Traditionelle Medien und Werkzeuge des Unterrichts (Schulbücher, Modelle, Foliensätze, Experimentieranordnungen usw.) werden im Hinblick auf Schulbedürfnisse entworfen. Im Gegensatz dazu wurden TR und Computer nicht speziell für die Schule entwickelt. Handelsübliche CAS besitzen einen größeren Leistungsumfang als es für den Unterricht und für die Abiturprüfung erforderlich ist. Aufbau und Bedienung der Systeme können mit zunehmender Leistungsfähigkeit komplizierter werden. Hier sind sinnvolle Weiterentwicklungen wünschenswert.

Wenn wir die vorgestellten Schlüsselqualifikationen überdenken, so wird deutlich, dass sie durch einen ausschließlich lehrerzentrierten, frontal-entwickelnden Unterricht nicht zu erreichen sind. Diese Form der Stoffdarbietung mit dem anschließenden Üben und Anwenden muss ergänzt werden. Schüler müssen lernen, eigene Beobachtungen zu machen, selbstständig Fragen zu stellen, eigene Lösungswege zu suchen, zu experimentieren, zu entdecken, zu beschreiben, zu erklären und zu begründen.

Das Erschließen von mathematischen Begriffen, Verfahren und Inhalten muss im Bewusstsein der Schüler Ergebnis eines spannenden Prozesses sein. Stationen auf diesem Weg sind

- Spielen, das zum Entdecken führt,
- Vermuten, das zu gezielten Experimenten Anlass gibt,
- Fragen und Beantworten,
- Argumentieren und Begründen und
- Hinterfragen und Abgrenzen.

Damit sind Änderungen im methodischen Vorgehen der Lehrer verbunden, die durch den Einsatz von CAS wesentlich unterstützt werden können. Es wird besser als bisher möglich, das Vermitteln von „Fertigprodukten“ durch den Lehrer zu ersetzen durch einen bewussten Lernprozess der Schüler. Damit können die einzelnen Lernphasen besser reflektiert werden, so dass die Schüler in stärkerer Weise als bisher auch im Mathematikunterricht das Lernen lernen.

Über den Mathematikunterricht hinaus erfordert der Einsatz von CAS natürlich auch solche Unterrichtsformen wie z. B. den Fächer verbindenden Unterricht und die Bearbeitung von Projektaufgaben. Mit CAS wird es möglich, die in den Problemstellungen anderer Fächer oder anderer Anwendungsgebiete erkannten mathematischen Probleme (Modellbildung!) wesentlich effektiver als bisher zu bearbeiten.

Die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten eines CAS erfordern seine ständige Verfügbarkeit. Bei der Auswahl eines CAS sollten daher solche Geräte gewählt werden, die der Schüler in der Schultasche – so wie den Taschenrechner – mitführen kann.

Die Arbeit mit einem CAS führt insbesondere für Lehrer zu höheren Anforderungen. Die Einarbeitung in das verwendete CAS und die fachliche Unterrichtsvorbereitung sind zunächst sehr zeitaufwändig.

Neue Aufgabenstellungen, neue Unterrichtsformen und auch innere Differenzierung machen ein neues oder überarbeitetes methodisches Konzept erforderlich. Darüber hinaus bedarf es immer wieder neuer Anstöße zur Kooperation unter Kollegen. Für all das ist ein höheres Maß an Flexibilität der Lehrer nötig.

Schüler sind den neuen Technologien gegenüber aufgeschlossen. Um die volle Wirksamkeit des Einsatzes von CAS zu erreichen, muss daher den Schülern beim Umgang mit den entsprechenden Geräten viel Selbstverantwortung übertragen werden. Der Einsatz neuer Technologien, hier des CAS, in der Schule muss sich am Bild des verantwortungsbewussten Schülers orientieren.

Fazit

CAS ermöglichen einen lebendigeren und zeitgemäßerem Unterricht, in dem die Schüler die angestrebten Schlüsselqualifikationen besser als bisher erreichen können. Die Frage nach den noch notwendigen syntaktischen und formalen Fähigkeiten und Fertigkeiten ist aktuell und keineswegs abschließend beantwortet. Wie die Sprache der Grammatik bedarf, so kommt auch Mathematik nicht ohne Kalkül aus. Er darf nur nicht zum Selbstzweck werden, wenn man den gesamten Mathematikunterricht in der Schule betrachtet. Dies ist der Grund, weshalb CAS im Wesentlichen der Sekundarstufe II vorbehalten und in der Sekundarstufe I nur eine untergeordnete Rolle spielen sollte.

Literatur

- [1] Was ist neu an den Thüringer Lehrplänen?. Broschüre des ThILLM Bad Berka 1998
- [2] Moldenhauer, W.: Die Zukunft ist anders! – Der Einsatz von Computeralgebrasystemen (CAS) im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe. In: Katalog Fort- und Weiterbildung für allgemein bildende und berufsbildende Schulen, August 2001 bis Februar 2002. ThILLM Bad Berka, S. 12 – 18
- [3] Langlotz, H.; Zappe, W.: Schülermaterial zum Einsatz des TI-89 in der Klasse 10 an Thüringer Gymnasien. Texas Instruments und ThILLM Bad Berka 2003
- [4] Brenner, H.-J.; Eckert, U.; Langlotz, H.; Moldenhauer, W.; Steiner, G.; Zappe, W.: Der Einsatz des TI-89 in der Jahrgangsstufe 10 an Thüringer Gymnasien. Texas Instruments und ThILLM Bad Berka 2003

- [5] Brenner, H.-J.; Eckert, U.; Kurtz, B.-G.; Langlotz, H.; Moldenhauer, W.; Zappe, W.: Erfahrungen aus dem Thüringer CAS-Projekt. In: Tagungsband „Computeralgebra in Lehre, Ausbildung und Weiterbildung III“. Kloster Schöntal 2002, S. 29-38
- [6] Langlotz, H.; Moldenhauer, W.; Zappe, W.: 5 Jahre CAS in Thüringen – Erfahrungen und Ausblick. In: Tagungsband „Computeralgebra in Lehre, Ausbildung und Weiterbildung IV“. Haus Schönenberg 2004, S. 39-50
- [7] Heugl, H.; Klinger, W.; Lechner, J.: Mathematik-Unterricht mit Computeralgebra-Systemen. Addison-Wesley New York 1996
- [8] <http://www.acdca.ac.at/german>
- [9] <http://www.kmk.org>
- [10] <http://www.math.unm.edu/ACA/2003/Proceedings/education.html>
- [11] Moldenhauer, W. et al.: Der Einsatz des TI-89 in der Jahrgangsstufe 11 an Thüringer Gymnasien. Texas Instruments und ThILLM Bad Berka 2004

Wolfgang Moldenhauer

5 Berichte aus den Arbeitsgruppen

5.1 Fragen zum praktischen Einsatz von Computern

1. Der Einsatz von TK, CAS und DGS ist für den Mathematikunterricht aus didaktisch-methodischer Sicht sehr wünschenswert. Zusätzlich wird auch im Mathematikunterricht Standardsoftware (z. B. für die Präsentation der Ergebnisse von Projektarbeiten) eingesetzt.
2. Ein wichtiges Unterrichtsziel, das nur langfristig zu erreichen ist, ist die Befähigung der Schülerinnen und Schüler zur selbstständigen Auswahl von Werkzeugen, die für eine bestimmte Problemlösung besonders geeignet sind.
3. Für die Ausstattung wird derzeit eine Kombination von TC und PC-Technik als besonders sinnvoll angesehen. TC besitzen einen hohen Grad an Verfügbarkeit (in der Schule, auch während der Klausuren, bei der häuslichen Arbeit und unterwegs). Für PC gib es eine Vielzahl von Software und sie können mit hochwertigen Monitoren ausgestattet werden. Wichtig sind Projektionsmöglichkeiten und Austauschmöglichkeiten von Schülerlösungen.
4. Die Robustheit von Taschenrechnern (einfache TR, GTR, TC) ist gegeben. Dies trifft für Notebooks noch nicht im notwendigen Umfang zu. Es bleibt eine Aufgabe für die Hersteller, die Robustheit der Notebooks unter Einsatz moderner Technologien zu verbessern.
5. Die Finanzierung gestaltet sich in den meisten Ländern als schwierig. U. a. diese Tatsache verhindert derzeit einen breiteren Einsatz von TC im Mathematikunterricht. Dieser Zustand ist unbefriedigend. Als Finanzierungsmodelle kommen Miete, Mietkauf, Leasing und Kauf infrage. In der Praxis zeigen sich die folgenden Finanzierungsmodelle:
 - a) Kauf der TC durch die Eltern mit sozialer Abfederung (z. B. eine gewisse Anzahl von Geräten wird von der Schule oder vom Schulträger angeschafft und nachweislich sozial Schwachen bereitgestellt),
 - b) Kauf der TC durch die Schule oder den Schulträger und kostenpflichtige oder kostenlose Ausleihe an die Schülerinnen und Schüler.Fragen von Regress, Versicherung und Support sind bei der Anschaffung zu berücksichtigen. Regress könnte so geregelt werden, wie bisher bei den Schulbüchern.
6. Die Schulleitungen haben sicherzustellen, dass Gerätetechnik, die von der Schule, dem Schulträger oder von den Eltern gekauft wurde, im Mathematikunterricht auch verwendet wird.

Michael Fothe

5.2 Zentrale Abschlussprüfungen mit Computereinsatz

Schwerpunkte der Diskussion: Vorstellen der Situation bezüglich eines Zentralabiturs mit CAS in den einzelnen Ländern; Diskussion der Struktur eines Zentralabiturs mit CAS; Abituraufgaben als Steuerungselement zur Weiterentwicklung des Mathematikunterrichts; Frage des Umgangs mit zusätzlichen Programmen auf den Rechnern der Prüfungsteilnehmer; Frage nach der Rolle von Standardaufgaben; Nutzung von Operatoren im Aufgabentext; Diskussion von Strukturen für eine zentrale Abschlussprüfung.

Die Diskussion über zentrale Abschlussprüfungen mit Computereinsatz umfasste folgende Themen bzw. Fragen:

1. Beschreibung der gesammelten Erfahrungen und des Ist-Standes in den einzelnen Ländern
2. Wie sind die Rahmenbedingungen für die Abschlussprüfung zu gestalten?
3. Welche Struktur der Aufgabenstellung ist empfehlenswert bzw. bewährt?
4. Gibt es Ziele, die in einer Abschlussprüfung mit Computereinsatz stärkere Betonung als bisher erfahren bzw. erfahren sollten?
5. Welche mathematischen Probleme und Aufgaben sind geeignet?

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe stellten die Erfahrungen und Positionen, die in ihren Ländern gesammelt bzw. erarbeitet wurden, vor. Es wurde deutlich, dass unterschiedliche Positionen und Wertungen zu gleichen Fragen nur dann verständlich werden, wenn man den unterschiedlichen Entwicklungsweg in den einzelnen Ländern berücksichtigt. So wird die Frage eines RESET des TC vor der Abiturprüfung in Sachsen und Thüringen (voraussichtlich) unterschiedlich gehandhabt werden. Für beide Standpunkte – zusätzliche Programme dürfen in der Prüfung genutzt werden oder eben nicht – lassen sich Begründungen angeben, auf die sich das gewählte Vorgehen stützen kann. Die konkrete Entscheidung nach dem Abwägen des Für und Wider hängt wie in manch anderen Fragen von den im jeweiligen Land entwickelten Standpunkten zum Einsatz von CAS im Mathematikunterricht ab.

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe waren sich darin einig, dass durch zentrale Abiturprüfungen (und der Angabe von Erwartungsbildern bzw. Lösungsvarianten) Möglichkeiten zur Steuerung der Entwicklung des Mathematikunterrichts gegeben sind. Es wurde von den Teilnehmern als schwierig eingeschätzt, den unterschiedlichen Ansichten von Mathematiklehrern, die einerseits als CAS-Enthusiasten auftreten bzw. die andererseits sich dem traditionellen Unterricht verbunden fühlen, in einer zentral gestellten Abiturarbeit gerecht zu werden. So liegen zum Beispiel in Niedersachsen viele gute Beispiele für die Gestaltung des dezentralen Abiturs unter Einsatz eines GTR und des CAS-Rechners vor, jedoch natürlich nur in den Schulen, die diese Rechner bereits länger eingeführt hatten.

Die Teilnehmer empfahlen eine schrittweise Entwicklung der Aufgabenkultur unter Einbeziehung der in der Abiturstufe unterrichtenden Lehrer. Um diese Entwicklung möglichst zielgerichtet gestalten zu können, wurden Rahmenbedingungen, Struktur der Aufgabenstellung und Visionen für eine Abiturarbeit auf der Grundlage der EPA Mathematik diskutiert.

In Sachsen ist vorgesehen, die Abiturprüfung Mathematik in zwei Abschnitte zu teilen. Im ersten Abschnitt steht den Prüflingen kein CAS-Rechner zur Verfügung, demgegenüber kann im zweiten Abschnitt ein CAS eingesetzt werden. (Damit folgt Sachsen dem Beispiel anderer Länder in Europa. Insbesondere in Österreich arbeiten Mathematiklehrer und Didaktiker an der Ausarbeitung eines „Kernlehrplans ohne

CAS“.) In Thüringen befindet sich die folgende Struktur der Abiturprüfung ab Schuljahr 2008/09 in Diskussion: Die Arbeit ist in drei Teile gegliedert. Der erste Teil ist, wie in Sachsen vorgesehen, ohne den Einsatz eines CAS-Rechners zu absolvieren (15 Bewertungseinheiten). Im zweiten und im dritten Teil ist die Nutzung eines CAS-Rechners erlaubt. Im zweiten Teil stehen zwei Aufgaben aus der Analysis zur Wahl (25 BE), im dritten Teil kann der Schüler zwischen zwei Aufgaben der analytischen Geometrie und der Stochastik wählen (20 BE). Von den Mitgliedern der Arbeitsgruppe wurde angeregt, zwischen den Teilen ohne bzw. mit CAS eine größere Pause (mindestens 30 min) einzuplanen.

Weiterhin wurde folgende Struktur einer Abschlussarbeit, die aus zwei Teilen besteht, von H.-J. Brenner vorgeschlagen und diskutiert. Im ersten Teil muss der Schüler Standardaufgaben lösen (wobei noch festzulegen wäre, ob der Einsatz eines CAS-Rechners erlaubt ist). Im anschließenden zweiten Teil werden dem Schüler zwei Aufgaben mit teilweise offenem Charakter zur Wahl gestellt. In einer Aufgabe sind eher „innermathematische“ Probleme zu lösen/zu bearbeiten, in der anderen Aufgabe ist ein Problem aus den Naturwissenschaften, der Wirtschaft oder den Ingenieurwissenschaften zu untersuchen. Jeweils liegt die maximal zu erreichende Punktzahl fest, jedoch kann bei Teilaufgaben ein Intervall von erreichbaren Punkten angegeben werden.

In der Diskussion wurde von Mitgliedern der Arbeitsgruppe u. a. eine variable Punktbewertung als sehr problematisch angesehen. Weiterhin muss beachtet werden, dass das zur Wahl stellen von Aufgaben in mehreren Ländern abgelehnt wird.

Die Teilnehmer waren sich darin einig, dass bei der Bearbeitung eines Teils der Aufgaben die Form eines mathematischen Aufsatzes anzustreben ist und dass dem Schüler durch die Angabe von Operatoren in der Aufgabenstellung deutlich werden muss, was von ihm verlangt wird. Bei der Auswahl von Aufgaben ist zu beachten, dass der Schwierigkeitsgrad nicht zu sehr erhöht wird und dass ein Gegengewicht zum Wegfall der „leichten Punkte“ für Kalkülbeherrschung zu schaffen ist.

In der regen Diskussion wurde eine kontroverse Sicht auf die Rolle von Standardaufgaben und von einfachen formalen Aufgaben deutlich. Des Weiteren wurde darauf hingewiesen, dass bei der Bearbeitung von Aufgaben über Funktionen, die auch von einem Parameter abhängen, die also eigentlich Funktionen mit zwei Unabhängigen sind, die Gefahr wachsender Kompliziertheit und auftretender Zeitprobleme für die Schüler besteht. Beim Betrachten konkreter Aufgaben wurde deutlich, dass beim Erarbeiten von Vorschlägen für die Abschlussprüfung Folgendes ineinander greifen muss: Kompromissfähigkeit der Beteiligten und die Orientierung auf die langfristigen Ziele bei Beachtung der Gegebenheiten und ihrer Entwicklung im jeweiligen Land.

Für das Erarbeiten von Erwartungsbildern wurde zu bedenken gegeben, dass die Frage nach dem Maß der gewünschten Uniformität der Lösungen zu beantworten ist. Erfahrungen, wie sie z. B. im Saarland gemacht wurden, zeigen aber auch, dass die Vielfalt von Lösungen bei der Vorgabe von Erwartungshorizonten selbstverständlich Berücksichtigung finden kann.

Hans-Joachim Brenner

5.3 Konsequenzen für die Lehrerbildung

Die Ergebnisse der Beratung werden in sieben Thesen angegeben:

1. *Lehrern sollte gezeigt werden, wie gewünschter Unterricht realisiert werden kann.*

Anregungen etwa durch Erfahrungsberichte sind wichtig. Noch wichtiger ist das Erleben von Umsetzungsstrategien für den produktiven Einsatz von Computern im Mathematikunterricht (z. B. durch Videos, siehe TIMSS-Video-studie).

2. *Rechner sollten in bewährte (rechnerfreie) Konzepte integriert werden.*

Es gibt umfangreiche Erfahrungen mit bewährten Konzepten. Rechner sollten hierin integriert werden. Beispiel: geometrische Konstruktionen und Beweise.

3. *Ergebnisse didaktischer Forschung sollten besser bekannt gemacht werden.*

Eine Möglichkeit: Noch bessere Ausarbeitung und Zugänglichkeit von Homepages didaktischer Einrichtungen an Hochschulen. Siehe z. B. die Bemühungen an der Friedrich-Schiller-Universität Jena: Homepages der Abteilung für Didaktik der Mathematik und Informatik (<http://www.minet.uni-jena.de> , von dort klickt man sich z. B. weiter zu Vorträge, Veröffentlichungen, Projekte und Schulbuch MatheNetz) und der Casio-Stiftungsprofessur.

4. *Es sollten mehr Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch gegeben und genutzt werden.*

Es sollte mehr Gelegenheit zum gegenseitigen Unterrichtsbesuch, Erfahrungsaustausch im Kollegium und mit Kollegen anderer Schulen gegeben werden.

5. *„Objektive“ Vorteile für alle Beteiligten (Lehrer und Schüler) aufzeigen und nutzen.*

Z. B. sollte die mögliche Zeitersparnis beim Rechnen und bei Termumformungen verdeutlicht werden. Es kann mehr Gelegenheiten zur Ergebniskontrolle geben. Die gewonnene Zeit kann für intensivere Verfolgung bisher vernachlässigter Ziele wie z. B. Explorieren, Begründen und Modellieren realistischer Situationen verfolgt werden. Gute Beispiele für Projekte zur Rechnernutzung findet man unter <http://www.fwu.de/semik/> , <http://www.semik.bildung-rp.de/> , <http://www.mmimweb.de.vu/>

6. *Standards erforderlich für alle drei Phasen.*

In der Lehrerausbildung, im Referendariat und in der Fortbildung sind Standards auch zum Einsatz neuer Technologien wünschenswert.

Beispiele: <http://standards.nctm.org/> , <http://www.iste.org/standards/>

7. *Enge Verzahnung Lernziele/Standards mit Evaluation.*

Diese Verzahnung sollte für Schüler, Studenten, Referendare und Lehrer erfolgen. Solche Standards sollten auch inhaltsorientiert sein.

Bernd Zimmermann

6 Berichte aus der Forschung

6.1 Prozessorientierte Leistungsmessung mit Computerunterstützung

Die alte Binsenweisheit, dass man nicht alles gleichzeitig haben kann, trifft natürlich auch auf Testungen zu. Z. B. lässt die „methodische Pflicht“ zur Auswertungsobjektivität *ergebnisorientierte* Multiple-Choice-Tests einfacher isolierter Items geraten erscheinen. Geht es jedoch um die Überprüfung eher komplexer mathematischer Kompetenzen (z. B. um Vorstellungen, die dem Konzept von „mathematical literacy“ im PISA-Test zugrunde liegen), steht ein solches Vorgehen im Widerspruch zur ebenfalls gewünschten Validität der Untersuchung. Man interessiert sich dann letztlich für *Denkprozesse* und muss differenziertere individualisierte Methoden zur Analyse einsetzen. Hier wird ein Testdesign vorgestellt, das – angelehnt an strukturelle Vorteile mündlicher Prüfungen – zur Integration unterschiedlicher Zielvorstellungen beitragen kann. Dazu werden Elemente des Expertenverhaltens versierter Prüfer in einem Computersystem nachgebaut.

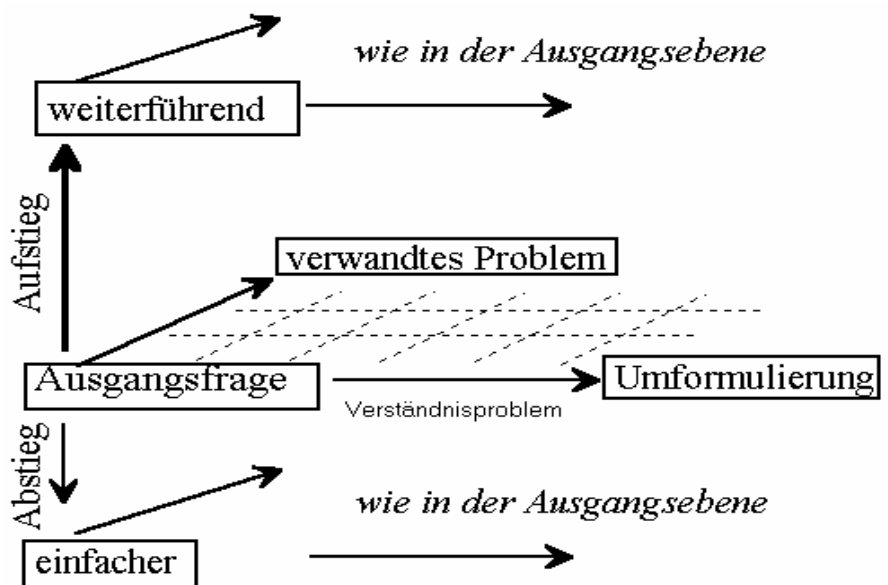
Zwei Leitfragen stehen im Vordergrund des Forschungsprojekts:

- Wie kann man durch computergestützte normierte Testungen differenziertere Informationen über **Denkprozesse** und kognitive Strukturen einzelner Probanden erhalten als dies mit „papierbasierten Massentestungen“ möglich ist und damit zu einer **besseren Einschätzung von Schülerleistungen** gelangen?
- Kann durch computergestützte Simulation nachhakender Kommunikationsprozesse die Rolle sprachlicher verstehensrelevanter Störfaktoren bei der Bewertung von Schülerleistungen verkleinert und damit **der Evaluationsvorgang objektiviert** werden?

Neben der sehr grundsätzlichen Erwägung, dass mündliche Prüfer bei Problemen durch Rückfragen und daraus ggf. resultierende Umformulierungen der Fragestellung dafür sorgen können, dass sicher ist, dass der Proband die Frage verstanden hat, erhalten sie bei geeigneter Fragetechnik auch wesentlich differenziertere Informationen über das Wissens- und Könnensnetz des Geprüften. Durch das Ansprechen analoger Situationen kann die Übertragbarkeit mathematischen Wissens und Könnens auf andere mathematische Bereiche geprüft werden.

Als „Einhilfen“ können Vereinfachungen vorgenommen werden und man kann auch prüfen, wie weit die Fähigkeiten des Probanden über die Ausgangsanforderung hinausreichen.

Die Grafik rechts veranschaulicht die verschiedenen „Dimensionen dieser Rückversicherungen“.



Hartmut Rehlich

6.2 Weiterentwicklung der Professionalität von Mathematiklehrern

Vor dem Hintergrund des immer größer werdenden Durchschnittsalters der Kollegien in den Thüringer Schulen und der durch internationale Studien nachgewiesenen Defizite in der mathematischen Bildung der Schüler wird der beruflichen Weiterentwicklung von Mathematiklehrern (sowie der Lehrerschaft im Allgemeinen) verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt. Aus diesen Gründen haben besonders praxisnahe Fortbildungsmaßnahmen an Bedeutung gewonnen. Ziel der Forschung muss es daher u. a. sein, vielfältige Möglichkeiten zur Förderung von Lehrerprofessionalität zu untersuchen. Diese Überlegungen führten zur Wahl des folgenden Themas einer wissenschaftlichen Arbeit: „Weiterentwicklung der Professionalität von Lehrern durch Förderung von Reflexion und Vernetzung anhand vergleichender Betrachtung von Unterrichtsentwürfen am Beispiel eines Mathematikunterrichts mit Computeralgebrasystemen“.

Beim Gestalten des Unterrichts muss jeder Lehrer seinen (!) Weg finden. Das gilt natürlich besonders für einen Unterricht, in dem ein TC genutzt wird. Den Prozess der Entwicklung der Professionalität der Lehrenden kann man unterstützen, indem man die Bereitschaft und die Kompetenz zu selbstkritischer Arbeit und zu kommunikativer, kooperativer und öffentlich wirksamer Arbeit befördert.

Es soll untersucht werden, wie die Förderung von Reflexion und Vernetzung der Lehrenden anhand vergleichender Betrachtung von Unterrichtsentwürfen das Nachdenken über das Erreichen einer neuen Unterrichtskultur und das Streben danach unterstützt werden kann. Im Einzelnen soll untersucht werden:

- welche Kriterien geeignet sind, eigene Unterrichtsentwürfe zu bewerten,
- wie der Lehrer neue Möglichkeiten zur kognitiven Aktivierung der Schüler in sein System der Klassen- und Unterrichtsführung integrieren kann,
- welche Möglichkeiten eine vergleichende Betrachtung von Unterrichtsentwürfen bietet, damit das individuelle Idealbild von Lehren und Lernen weiterentwickelt werden kann und
- welche Potenzen dem Prozess der Einführung von modernen Technologien bezogen auf die Stärkung der Lehrerpersönlichkeit innewohnen und welche Probleme zu beachten sind.

Die Dimensionen Aktion und Reflexion sowie Autonomie und Vernetzung sollen genutzt werden, um den Prozess der Weiterentwicklung der Professionalität von Mathematiklehrern in Fortbildungsveranstaltungen zu beschreiben.

Ziel der Veranstaltungen ist das Befördern des Strebens nach Weiterentwicklung im Lehrerberuf durch:

- die Ermöglichung von Lernen in einer Gruppe von Lehrern mit ähnlichen Interessen in einer anregenden Lernumgebung,
- das Kennen lernen von vielfältigen Unterrichtsentwürfen und von Einschätzungen dieser Vorschläge durch Fachkollegen,
- Freude am Erschaffen neuer Unterrichtsentwürfe,
- die gemeinsame Arbeit an einem der Öffentlichkeit zugänglichen Produkt (Planung einer Stoffeinheit mit einzelnen Unterrichtsentwürfen),
- das Kennen lernen von Möglichkeiten das System der eigenen Klassen- und Unterrichtsführung bei Einführung neuer Methoden der kognitiven Aktivierung der Schüler weiterzuentwickeln und
- Analyse und Bewertung der eigenen Unterrichtsentwürfe.

Hans-Joachim Brenner

7 Teilnehmerliste

Name	Vorname	Ländervertreter	Einrichtung	E-Mail-Adresse
Bänsch	Christian	Berlin	Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Sport	christian.baensch@senbjs.verwalt-berlin.de
Brenner	Hans-Joachim		Friedrich-Schiller-Universität Jena	hans-joachim.brenner@t-online.de
Eckert	Udo		Friedrichgymnasium Altenburg	u-eckert@t-online.de
Fergen	Olaf		Casio Europe GmbH	fergen@casio.de
Prof. Dr. Fothe	Michael		Friedrich-Schiller-Universität Jena	fothe@minet.uni-jena.de
Fröhlich	Ines	Brandenburg	Lehrerinstitut für Schule und Medien (LISUM)	ines.froehlich@lisum.brandenburg.de
Dr. Giesel	Frank		Thüringer Kultusministerium	fgiesel@tkm.thueringen.de
Hartung	Ralph	Hessen	Hessisches Kultusministerium	r.hartung@hkm.hessen.de
Himmerlich	Nicole		Friedrich-Schiller-Universität Jena	hysysmail@web.de
Hummel	Bernhard	Baden-Württemberg	Gymnasium Neuenbürg	bernhard-hummel@gmx.de
Huste	Ralph		Albert-Schweitzer-Gymnasium Sömmerda	ra.hu@t-online.de
Klaner	Kurt		Casio Europe GmbH	klaner@casio.de
Kohl	Lutz		Friedrich-Schiller-Universität Jena	lutz.kohl@uni-jena.de
Leidinger	Peter	Saarland	Ministerium für Bildung, Kultur und Wissenschaft des Saarlandes	p.leidinger@bildung.saarland.de
Liebezeit	Jan-Willem		Friedrich-Schiller-Universität Jena	darthjan@minet.uni-jena.de

Dr. Moldenhauer	Wolfgang	Thüringen	ThILLM Bad Berka	wmoldenhauer@thillm.thueringen.de
Neef	Eberhard	Bremen	Senator für Bildung und Wissenschaft Bremen	eberhard.neef@bildung.bremen.de
Peters	Uwe		Landesinstitut für Pädagogik und Medien (LPM) Saarland	upeters@lpm.uni-sb.de
Reddmann	Jörg		Casio Europe GmbH	reddmann@casio.de
Dr. Rehlich	Hartmut		Friedrich-Schiller-Universität Jena	hrehlich@minet.uni-jena.de
Reineke	Vera	Niedersachsen	Niedersächsisches Kultusministerium	vera.reineke@mk.niedersachsen.de
Scheungrab	Christian	Bayern	Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung Bayern	christian.scheungrab@isb.bayern.de
PD Dr. Schmitz	Michael		Friedrich-Schiller-Universität Jena	michael.schmitz@mathematik.uni-jena.de
Thomsen	Oliver	Schleswig-Holstein	IQSH Schleswig-Holstein	othomsen@freenet.de
Vicari	Rainer	Rheinland-Pfalz	Staatliches Studienseminar für das Lehramt an Realschulen Kaiserslautern und Mainz	rainer@vicari.de
Wagner	Jürgen	Sachsen	Sächsisches Staatsinstitut für Bildung und Schulentwicklung	juergen.wagner@ci.smk.sachsen.de
Weitendorf	Jens		Gymnasium Harksheide	jens.weitendorf@hansenet.de
Prof. Dr. Zimmermann	Bernd		Friedrich-Schiller-Universität Jena	bezi@minet.uni-jena.de
Tagungsorganisation: Ina Voigt				