

Quo vadis, mathematica?

Norbert Hungerbühler, Fribourg

*Manuskript zum Vortrag anlässlich der Gründungsveranstaltung der **Gesellschaft für Mathematik an Schweizer Fachhochschulen**, am 26.11.2005 an der Zürcher Hochschule Winterthur.*

1 Avant-propos

Zunächst möchte ich mich herzlich bei Marcello Robbiani für die Einladung bedanken, heute hier sprechen zu dürfen. Gleichzeitig überbringe ich Ihnen die Grüsse der *Schweizerischen Mathematischen Gesellschaft* als deren Vizepräsident und beglückwünsche Sie zur erfolgreichen Gründung der *Gesellschaft für Mathematik an Schweizer Fachhochschulen*. Wir hoffen natürlich gerne auf eine gedeihliche Zusammenarbeit.

Das Leben in den Industrieländern hat sich in den vergangenen hundert Jahren vielleicht stärker verändert als zuvor in der gesamten Menschheitsgeschichte. Vor hundert Jahren besass der durchschnittliche Europäer etwa hundert Gegenstände. Heute sind es ein paar Zehntausend. Im selben Zeitraum hat sich die Sprechgeschwindigkeit nahezu verdoppelt und der Lebensrhythmus ist entsprechend schneller geworden. Transportmittel wie Auto und Flugzeug erlauben es uns, innerhalb kurzer Zeit an fast jedem beliebigen Punkt unseres Planeten zu sein. Medien und Internet haben das Zeitalter global verfügbarer Information eingeläutet. Die Energie in der Materie wurde entfesselt und die Gentechnik rührt an die Fundamente allen irdischen Lebens. Politische Umwälzungen haben unsere Welt nachhaltig verändert. Politische Spannungen in Ost-West-Richtung sind kleiner geworden, soziale in Nord-Süd-Richtung dafür umso grösser. Die Haushaltslöcher vieler Länder nehmen immer erschreckendere Ausmasse an, und der Spardruck, auch im Bildungs- und Forschungssektor, wird immer stärker bei gleichzeitig wachsenden Anforderungen an Lehrende und Forschende.

Es ist klar, dass sich auch die Mathematik im sich wandelnden Umfeld immer wieder neu behaupten muss. Ich möchte im Folgenden ein paar Aspekte herausgreifen:

- Mathematik und Gesellschaft
- Mathematik und Anwendungen
- Mathematik und Wirtschaft
- Mathematik und Politik
- Mathematik und Medien
- Mathematik und Computer
- Mathematik und Schule
- Thesen und Folgerungen

Ich möchte noch vorausschicken, dass ich mit dem Begriff “Hochschule”, wo nicht anders erwähnt, immer Universitäten, die ETHs und Fachhochschulen meine.

2 Mathematik und Gesellschaft

Es gibt erstaunliche Unterschiede in der Perzeption von Mathematik in den verschiedenen Kulturkreisen. In vielen Teilen Europas brüsten sich VIPs gerne öffentlich mit ihren schwachen Mathematiknoten in der Schulzeit. Während man hier als Mathematiker oftmals seinen Beruf nur zögerlich bekannt gibt, um keine Ohnmachtsanfälle bei seinem Gegenüber zu provozieren, sind die Menschen etwa in den USA der Mathematik gegenüber sehr viel aufgeschlossener: Nennt man dort seinen Beruf auf einer Party, wird man postwendend mit Fragen über Fraktale und Chaostheorie eingedeckt. In einer durchschnittlichen US-Buchhandlung, etwa Barnes and Noble, stehen ganz einträchtig neben dem neusten Bestseller von Tom Clancy die Werke Euklids und die drei Bände von “Principia Mathematica” von Russell und Whitehead. Es werden Oscars für Filme wie “A beautiful mind” über John Nash, “Good Will Hunting” oder “Enigma” vergeben, und die Krimiserie “Numb3rs” ist ein Strassenfeger, obwohl (oder gerade weil) darin ein Mathematiker eine Hauptrolle spielt. Forensische Mathematik kann man inzwischen an zahlreichen US-Universitäten studieren.

Ängste um die Gefahren gentechnisch veränderter Tiere und Pflanzen haben in breiten Bevölkerungsschichten inzwischen die Angst vor der Atomtechnologie abgelöst. Ethische Bedenken gegen die Forschung mit embryonalen Stammzellen werden gegen den potentiellen Nutzen von künftigen Therapien zum Beispiel gegen Krebs oder Morbus Alzheimer abgewogen. Dass die Mathematik ihre Unschuld noch nicht verloren hat, kann ihr jedoch kaum als Verdienst angerechnet werden, es liegt eher in der Natur der Sache.

Neben dem Staatswesen als solchem und den Kirchen gehören die Universitäten und Hochschulen zu den persistentesten Strukturen in der Menschheitsgeschichte. Und sie zählen gewiss auch zu den erfolgreichsten. Die Verdienste der Universitäten und Hochschulen als Motor der Gesellschaft sind unbestreitbar. Neue Ideen, seien es weltanschauliche, technische, naturwissenschaftliche, medizinische oder andere, sind von den Universitäten und Hochschulen ausgegangen. Wie weit dies heute von der Öffentlichkeit wahrgenommen und den Universitäten und Hochschulen als Verdienst angerechnet wird, ist jedoch fraglich. Noch frapierender ist diese Diskrepanz zwischen effektivem und wahrgenommenem Nutzen, wenn man die Mathematik betrachtet.

Mathematik ist eine der ältesten Wissenschaften der Menschheit und zugleich eine Schlüsselwissenschaft für die Technologien der Zukunft. Sie durchdringt als Werkzeug und als Sprache die Natur- und Ingenieurwissenschaften, die Ökonomie, und in zunehmendem Masse auch die Life Sciences. Dass Physik und Ingenieurwissenschaften ohne Mathematik nicht möglich wären, ist offenkundig, aber auch Ökonomie, Biologie, Psychologie, Sozialwissenschaften u.s.w. bedienen sich heute ganz selbstverständlich mathematischer Modelle, um quantitativ operieren und tieferliegende

Einsichten in komplizierte Zusammenhänge und Mechanismen gewinnen zu können. Diese Schlüsselstellung der Mathematik ist in breiten Kreisen nicht bekannt. Das ist solange unschädlich, wie dies keine unüberlegten Sparreflexe bei den Bildungsausgaben zur Folge hat.

Mathematik erscheint vielen Menschen nur als eine kalte, formale und exakte Wissenschaft. Wir sollten gelegentlich in Erinnerung rufen, dass die Mathematik eine der kreativsten und phantasievollsten Tätigkeiten des menschlichen Geistes ist. Ein anderes klassisches Vorurteil der Mathematik gegenüber lautet: “In der Mathematik ist doch schon längst alles bekannt”. Dem Laien ist in der Tat kaum bewusst, dass jährlich geschätzte 200'000 Seiten an neuen mathematischen Resultaten publiziert werden, dies bei einem Gesamtvolumen an relevanter mathematischer Literatur von rund 50 Millionen Seiten. Und jedes neue Resultat provoziert neue Fragen. Die Mathematik bietet einen riesigen Schatz an bestehenden Theorien und ist gleichzeitig eine unerschöpfliche Quelle von ungelösten Problemen. Sogar für den professionellen Mathematiker ernüchternd ist die Tatsache, dass er von den über 5'000 Teilgebieten der Mathematik¹ nur bestenfalls ein Dutzend zu überblicken vermag. Mathematik hat auch in anderer Hinsicht zwei Gesichter: Sie ist ästhetisch und rein aber zugleich angewandt und nützlich in vielen Gebieten. Damit sind wir beim nächsten Thema.

3 Mathematik und Anwendungen

Natürlich weiss man an den Fachhochschulen viel besser um den Nutzen der Mathematik in Industrie und Technik als an den Universitäten. Es gibt auch eine ganze Reihe von allgemein verständlichen und unterhaltsamen Büchern und Broschüren zum Thema, etwa *Das geistige Auge* (ETH Zürich), *L'explosion des mathématiques* (Société Mathématique de France), *Mathematics: The new golden age* (Keith Devlin) oder *Wieviel Sex passt in ein Einmachglas?* (Clio Cresswell).

Eine Untersuchung in den Entwicklungsabteilungen von Telekommunikationsunternehmen hat ergeben, dass die heute dort gebrauchten mathematischen Methoden im Schnitt rund dreissig Jahre alt sind. Viele dieser Resultate wurden einst als anwendungsfreie Resultate der reinen Mathematik geboren. Dies trifft auch in anderen Bereichen zu: So kam etwa die Grundlage der modernen Computertomographie ein halbes Jahrhundert vor dem ersten Computer als abstrakter Satz der Integralgeometrie zur Welt. Unsere technikbasierte Gesellschaft kann nicht darauf verzichten, die Mathematik und ihre Ausdrucksmöglichkeiten zu pflegen und weiter zu entwickeln. Die Fortschritte der heutigen Mathematik bilden nämlich die Basis für die Technologien von übermorgen. Zum Beispiel wurden die komplexen Zahlen, deren Theorie sich bis ins 16. Jahrhundert zurückverfolgen lässt, allein aufgrund innermathematischer Notwendigkeiten erfunden. Sie sind aber heute z.B. in der Elektrotechnik nicht mehr wegzudenken. Es gibt keine nachhaltigere Wissenschaft als die Mathematik. Einmal bewiesene Sätze bleiben für immer richtig und anwendbar. Wer heute Lehrstühle in reiner Mathematik streicht, dem fehlt in spätestens 30 Jahren die Ba-

¹gemäss dem 2000 *Mathematics Subject Classification* auf www.ams.org/msc

sis für die technische Innovation. Diese Lücke kann dann nicht von einem Tag auf den andern geschlossen werden.

Die Mathematik ist aber nicht immer ihrer Zeit voraus, manchmal hinkt sie ihr auch Jahre hinterher. Wenn Physiker oder Ingenieure aufgrund von Beobachtungen oder schierer Notwendigkeit neue mathematische Methoden entwickeln, so fundieren sie diese meist nicht mit der dem Mathematiker zur zweiten Natur gewordenen zeitraubenden Strenge. So kommen dann die Mathematiker oftmals als späte Sanitäter auf das Schlachtfeld, nachdem die Schlacht längst geschlagen und der Krieg gewonnen ist. Wird die Theorie dann noch mathematisch fundiert, so interessiert das von den wahren Helden der Geschichte keinen mehr. An dieser Schnittstelle zwischen Mathematik und Anwendungen spielen die Fachhochschulen eine entscheidende Rolle. Sie können “sur place” massgeschneiderte mathematische Methoden und Modelle entwickeln und/oder anwenden, um akute Probleme zum Beispiel in der Industrie zu lösen.

Man darf reine und angewandte Mathematik also nicht gegeneinander ausspielen. Beide sind gleichermassen nötig und nützlich.

² Jede Neuerung im technisch-naturwissenschaftlichen Bereich, zu dem ich hier auch die Mathematik zählen will, kann nur zwei Quellen entspringen: zum einen den Anregungen, die aus bereits existierenden Technologien und ihren offenen Problemen resultieren. Solche Fortschritte finden typischerweise kontinuierlich und in kleinen Schritten statt. Die andere Quelle sind Ideen und Konzepte, die in der zweckfreien Grundlagenforschung erarbeitet worden sind und die sich für neue technologische Anwendungen und Umsetzungen (unverhofft) als geeignet erweisen. Diese Fortschritte stellen dann nicht selten einen Quantensprung und den eigentlichen Durchbruch dar.

Aus der Managementtheorie stammen die Schlagworte “market pull” und “technology push”. Für die Wissenschaft müssen sie um eine Stufe herabgesetzt werden, nämlich in die Dualität des “technology pull” und des “science push”. Die offenen Probleme vorhandener Technik induzieren als “technology pull” neuartige Weiterentwicklungen bis hin zu neuen Grundlagenforschungen, die dann wiederum trotz ihrer ursprünglichen Orientierung an einem genau definierten Zweck durchaus zweckfrei und sehr umfassend sein können. Andererseits beinhalten die moderne Mathematik und die Physik, gerade auch im abstrakt-theoretischen Sinne, eine Vielzahl von Ergebnissen und Erkenntnissen, die im Sinne von “science push” umsetzungsfähig sind und dann fast immer zu völlig neuen Lösungen und Produkten führen. Beides ist gleich wichtig. Gerade die Fachhochschulen vereinigen diese beiden Aspekte der Theorie und Praxis.

²Dieser Abschnitt lehnt sich an eine Passage aus der Eröffnungsrede von Friedrich Pfeiffer, damaliger Präsident der GAMM (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik) an der Jahrestagung der GAMM im März 2004 in Dresden an.

4 Mathematik und Wirtschaft

Trotz des vielfach belegten Erfolgsausweises des Wissenschaftsstandortes Schweiz, wird von Seiten der Politik und Wirtschaft in den vergangenen Jahren der Vorwurf immer lauter, unser Wissenschaftssystem sei ineffizient, unüberschaubar, und weise zu viele Doppelspurigkeiten auf. Beklagt wird die zu hohe Diversität an Institutionen, unklare Aufgabenzuteilungen und komplizierte Entscheidungsabläufe, die allesamt zu mangelnder Effizienz und Effektivität führen würden. Diese sich schnell ausbreitende Mentalität spiegelte sich etwa im *Jahrbuch des Schweizerischen Vororts 1998* im Vorspann über die Bildungs- und Forschungspolitik wieder:

Ende 1999 laufen die Zahlungs- und Verpflichtungskredite für die staatliche Förderung von Bildung, Forschung und Technologie aus. Dieser Anlass stellt aus Sicht des Vororts eine willkommene Gelegenheit dar, um das schweizerische Wissenschaftssystem leistungsfähiger, internationaler und flexibler zu machen. Dabei ist der raschen Überführung neuer Erkenntnisse in marktfähige Produkte und Dienstleistungen sowie der engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Jahrbuch des Schweizerischen Vororts 1998

Abgesehen davon, dass hier unterstellt wird, das schweizerische Wissenschaftssystem sei zu wenig leistungsfähig, zu wenig international und nicht genügend flexibel (worüber man zumindest streiten kann), wird hier einseitig einer kurzfristigen Anwendbarkeit und Vermarktung von Wissenschaft das Wasser geredet. Diese Prämissen führten damals den Vorort unter anderem zu folgenden Änderungsvorschlägen:

- *Die Schaffung eines schweizerischen Hochschulnetzes im Sinne der Einheit des Tertiärbereichs.*
- *Übergang von der aufwands- zur leistungsbezogenen Finanzierung.*
- *Aufbau eines schweizerischen Innovationsnetzwerks mit je einem Zentrum in der deutschen und der französischen Schweiz.*

Jahrbuch des Schweizerischen Vororts 1998

War schon der Ansatz disputabel, so sind es die hier gezogenen Folgerungen aus vielerlei Gründen noch mehr: Liegt nicht gerade in einer gesunden Diversität eine Stärke des Systems? Gerade die erste und die letzte der genannten Forderungen laufen auf eine uniforme Monokultur im Wissenschaftssystem hinaus. Im zweiten Punkt wird davon ausgegangen, ein hochkomplexes System wie eine Universität könne auf eine eindimensionalen Leistungsskala niedergebrochen werden, die dann Massstab für die Geldausschüttung ist. Derlei Instrumente haben immer automatisch normative Effekte: Das System passt sich im Sinne einer Optimierung seiner Situation dem

Messinstrument an, mit unerwünschten Nebenwirkungen. Wie will man die Leistung einer Universität denn messen?

- Über die Anzahl der Studenten? Mehr Studenten bedeuten dann mehr Geld für die Universität. Dies benachteiligt die harten Naturwissenschaften, die sofort in Erklärungsnotstand geraten, ob ihrer vergleichsweise niedrigen Studienanfängerzahlen. Neue softere Studiengänge, wie etwa die “Medien- und Kommunikationswissenschaften” an der Universität Fribourg, bringen dagegen auf Anhieb hohe Studentenzahlen. In der einfachen Logik dieser Argumente war dann klar, dass die Universitätsleitung in der Folge den Rotstift bei der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät angesetzt hat. Einmal abgesehen von der offenen Frage, was der Schweizer Arbeitsmarkt mit jährlich hunderten von Medien- und Kommunikationswissenschaftlern machen wird, sollte klargestellt werden, dass die Kosten einer Lehreinheit nicht proportional zur Anzahl der Studenten sind. Jedes Finanzierungssystem, dem dieser Gedanke zugrunde liegt, ist absurd. Ob 50 oder 100 Studenten in einer Mastervorlesung sitzen macht kostenmässig praktisch keinen Unterschied. Die Gleichung “mehr Studenten = mehr Geld” zwingt vor allem kleinere Universitäten dazu, aggressiv um Studenten zu werben. Dies kostet Geld, verschlingt Energie und Arbeitszeit und bringt letztlich nichts.
- Oder soll man die Leistung einer Universität über die vergebenen ECTS-Punkte messen? Je mehr ECTS-Punkte vergeben werden, desto mehr Geld klingelt dann in der Kasse. Dies würde über kurz oder lang zu einer Inflation der ECTS-Punkte führen: Schon jetzt bewerten verschiedene Fachrichtungen sogar innerhalb der selben Universität ähnliche Studieneinheiten von ihrer Punktzahl her recht unterschiedlich. Auf Dauer holen Studenten ihre Punkte vermehrt dort, wo sie leichter zu haben sind. Dies kann nicht im Sinne hoher Qualitätsmassstäbe sein.
- Soll man zur Bewertung der Forschung die Anzahl Publikationen zählen oder die Zitationen, also den bibliometrischen Ansatz wählen? Um Vergleiche zuzulassen sind die Publikationskulturen in den einzelnen Wissenschaften aber zu verschieden. Diese Beobachtung wird von Forschern bestätigt, die auf verschiedenen Gebieten publizieren. Zitat eines bekannten Mathematikers: “My best paper in mathematics has caused less citations than my weakest paper in mathematical physics”. In der Mathematik wird typischerweise weniger publiziert, als etwa in Physik oder Chemie. Es wurden schon Fieldsmedaillen an Mathematiker vergeben die weniger als zehn Publikationen auf ihrem Konto hatten.

Auch Kombinationen der genannten Bewertungskriterien, vielleicht noch vermehrt um weitere Kategorien wie Drittmittel, weisen letzten Endes die selben Unzulänglichkeiten auf.

Werfen wir einen Blick auf die Kontinuität der vom Vorort 1998 aufgestellten Forderungen: Nur vier Jahre später, 2002, schreibt die Nachfolgeorganisation des Vorortes,

die *economiesuisse*, das pure Gegenteil. Der Übersicht halber haben wir die Aussagen einander gegenüber gestellt:

Vorort 1998	economiesuisse 2002
<i>Die Schaffung eines schweizerischen Hochschulnetzes im Sinne der Einheit des Tertiärbereichs.</i>	<i>Die Schweiz braucht nicht ein zentral gesteuertes Hochschulwesen, sondern eine dezentrale Hochschulordnung und autonome Universitäten. Die Wirtschaft wird sich mit aller Kraft gegen ein Organ zur Wehr setzen, das die inhaltliche Gestaltung von Lehre und Forschung der einzelnen Hochschulen vorschreibt.</i>
<i>Übergang von der aufwands- zur leistungsbezogenen Finanzierung.</i>	<i>Das Hauptziel der Wirtschaft im Hinblick auf die Erneuerung der Rahmenkredite zur Förderung von Bildung, Forschung und Technologie in den Jahren 2004-2007 ist die Behauptung eines Spitzenplatzes der Schweiz.</i>
<i>Dabei ist der raschen Überführung neuer Erkenntnisse in marktfähige Produkte und Dienstleistungen sowie der engen Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft besondere Aufmerksamkeit zu schenken.</i>	<i>Dabei kommt - neben der Ausbildung - der Grundlagenforschung bzw. der langfristigen Forschung besondere Bedeutung zu.</i>
<i>Aufbau eines schweizerischen Innovationsnetzwerks mit je einem Zentrum in der deutschen und der französischen Schweiz.</i>	<i>Kreative Forscher und Unternehmer schaffen erfolgreiche Innovationen und nicht staatliche Transfereinrichtungen und Netzwerke.</i>

An dieser Stelle sei noch ein Zitat aus einem Interview mit dem scheidenden ETH-Präsidenten, Olaf Kübler, all jenen entgegengehalten, die mit Impetus immer wieder die Schaffung von Kompetenzzentren und andern künstlich verordneten Forschungsstrukturen an den Hochschulen fordern:

...denn der wichtigste Stimulus jedes Wissenschaftlers muss sein eigener Forscherdrang sein. Ich denke, an der ETH arbeiten auf allen Ebenen und in allen Bereichen ausserordentlich motivierte Menschen. Der Geist, seine Aufgaben bestmöglich auszuführen, ist im Haus mit Händen zu greifen. Und das ist auch das Klima, in welchem Einsichten reifen und Entdeckungen gemacht werden.

Olaf Kübler, ETH Life 2.12.2005

Und in die gleiche Richtung weist das folgende Statement:

Plutôt que de multiplier les interventions politiques, il faut laisser aux enseignantes et enseignants, aux chercheuses et chercheurs, la liberté qui a fait la force de l'Université.

Prise de position du sénat de l'université de Genève du 7 janvier 2002

Anders als die Wirtschaft scheint nämlich die Politik noch auf dirigistischen Positionen zu verharren, womit wir beim nächsten Punkt angelangt sind.

5 Mathematik und Politik

Etwa ab 2008 soll die “Hochschule Schweiz” stehen. Die Politik kritisierte das diffuse und unübersichtliche Steuerungssystem auf Bundesebene und das Spannungsverhältnis zwischen Bund und Kantonen. Entsprechend wurde eine grundlegende Reform und Restrukturierung gefordert und an die Hand genommen. Dies führte unter anderem zur Reform der Fachhochschulen. Aber auch die Universitäten, die ETHs, der Nationalfonds, KTI und die vier Akademien der Wissenschaften in der Schweiz werden komplett umgebaut. Das Idealbild der Politik ist eine einfache, einheitliche, leicht zu führende, billige und effiziente Hochschule Schweiz. Reformen sind aber oftmals ein willkommener Anlass zum Sparen und zum Abbau. Aus verschiedenen Gründen wird die Mathematik dabei gern als Zielscheibe gewählt. Ein paar Beispiele:

- 2004 plante der Universitätsrat in Basel den Abbau der “theoretischen Mathematik”. Obwohl sich die Studierendenzahlen seit den 90er Jahren verdoppelt hatten, wurde argumentiert: “Auch die Studierendennachfrage bestätigt, dass reine Mathematik eher zum Wünschbaren als zum Notwendigen gehört” und “Als Dienstleistung wäre angewandte Mathematik mehr gefragt”.
- Der geplante Abbau des Mathematikdepartements in Rochester löste in den USA in den 90er Jahren eine heftige Debatte aus.
- Vor zwei Jahren wurde die Schliessung der Mathematik an der Universität Mannheim diskutiert, respektive die Zusammenlegung mit Heidelberg. Ähnliche Überlegungen gab und gibt es in Konstanz.

Aus Kreisen der Politik hört man, im Zusammenhang mit Universitäten, oft die Meinung “big = cheap”, “big = good” und “big = efficient”. Daraus wird gefolgert, dass kleine kantonale Universitäten Randfächer (etwa die Mathematik) an grössere Einheiten abgeben sollten (wie geschehen zwischen Université de Lausanne und EPFL). Das Beispiel der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät in Fribourg belegt aber das Gegenteil: Sie liegt im Ranking 2005³ der Schweizer Universitäten hinsichtlich Effizienz der Forschung noch vor den ETHs auf Platz eins, und das bei den niedrigsten Kosten pro Student. Trotzdem sollen nach den neuen Plänen des Rektorates gerade hier weitere 10% des Budgets gekürzt werden, zu Gunsten von Fächern wie zum Beispiel “European Studies”.

³Cest-Studie (Centre d'études de la science et de la technologie)

A propos Ranking: Swissup, eine von Daniel Borel, dem Gründer von Logitech, gegründete Firma erstellt im Auftrag des Bundes Rankings der Schweizer Universitäten. Obwohl wenig aussagekräftig und von der Methodik her fragwürdig, werden diese Rankings in der Öffentlichkeit und in der Politik wahrgenommen und im schlimmsten Fall zur Grundlage von Entscheidungen gemacht.

Ein weiterer Player in der Bildungspolitik hat in der Zwischenzeit die Bühne betreten, nämlich das *Organ für Akkreditierung und Qualitätssicherung* OAQ. Nach dem Muster der Industrie-Qualitätssicherungssysteme (ISO 9000) werden die Schweizerischen Bildungsinstitutionen akkreditiert. Nicht nur die OAQ selber verschlingt Millionen, die an den Hochschulen dann fehlen, auch die Professoren verschwenden Zeit und Energie im langwierigen Prozess der Akkreditierung. Dabei ist keineswegs klar, ob es sich um ein probates Mittel zur Qualitätssicherung handelt. Weitere Mittel werden gebunden, um die verlangten Vorgaben der OAQ zu erfüllen.

Friedrich Pfeiffer, damaliger Präsident der GAMM (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik) sprach an der Jahrestagung 2004 der GAMM die folgenden bemerkenswerten Gedanken aus:

Forschung und Lehre brauchen Freiheit, absolute Freiheit. Im Mittelalter und in der Renaissance sind Gelehrte weitergezogen, wenn ihnen der Stadtadel diese Freiheit nicht garantierte (...) Freiheit von Forschung und Lehre ist unteilbar, sie ist auch nicht diskutierbar. Wenn eine Gesellschaft glaubt, darauf verzichten zu können, oder auch nur glaubt, diese Art von absoluter Freiheit relativieren zu dürfen, vergibt sie sich der Möglichkeit, am Prozess der allgemeinen geistigen und dem der speziellen naturwissenschaftlich-technischen Weiterentwicklung teilzuhaben.

Innovation und Kreativität bedingen sich gegenseitig. Eine Innovation, die diesen Namen verdient, lässt sich nicht planen. "Alle Projekte sind gescheitert, in denen man versucht hat, problemorientiert nur das zu tun, von dem man hoffte, dass es in kurzer Zeit Lösungen bringen würde... so lange ich nicht weiss, was ich morgen entdecken werde, kann ich mir nicht vornehmen, was ich morgen tun will, um ein Problem zu lösen. So funktioniert Grundlagenforschung nun einmal", sagt der Direktor des Frankfurter Max-Planck-Institutes für Hirnforschung, Wolf Singer. Ähnliche Prinzipien gelten in allen Wissenschaften. Kreative Prozesse brauchen viel Zeit, wie uns die Kreativitätsforschung lehrt. Sie sind begleitet von dem, was man dort Ambiguitätstoleranz nennt, eine Eigenschaft kreativer Köpfe, sehr lange mit sehr unterschiedlichen Lösungsideen schwanger zu gehen, bevor man den endgültigen Weg findet. Solche Prozesse schliessen selbstverständlich Controlling oder Qualitätssicherung aus, um einige Schlagworte aus der Horror-Semantik neuester Hochschulpolitik zu nennen. (...)

*aus der Eröffnungsrede von Friedrich Pfeiffer, damaliger Präsident der GAMM,
an deren Jahrestagung im März 2004 in Dresden*

Der Grund für die Tatsache, dass sich die Politik mehr und mehr mit der Hochschullandschaft befasst, ist natürlich, dass die Bildungsausgaben gerade im tertiären Sektor hoch sind, und im Zuge wachsender Haushaltslöcher hier ein entsprechend

grosses Sparpotential vermutet wird. Wieviel Geld kostet denn die Forschung in der Schweiz? Und was passiert, wenn man hier die Finanzierung zurückfährt?

Der Grund für das Zurückfallen des Forschungsplatzes Schweiz ist wie so oft das Geld. Der Anteil der Forschungsausgaben am Bruttoinlandprodukt erscheint mit 2,7 Prozent zwar relativ hoch, aber der Wert stagniert, während andere Länder zulegen und heute zum Teil deutlich über 3 Prozent liegen (Schweden, Finnland, Japan, USA). Auch die EU will das durchschnittliche Forschungsbudget ihrer Mitgliedstaaten bis in zehn Jahren auf die 3-Prozent-Marke heben. Unterdurchschnittlich ist in der Schweiz vor allem das Engagement der öffentlichen Hand bzw. schlimmer noch: es ist tendenziell sinkend. Hat der Bund in den 80er- und zu Beginn der 90er-Jahre gegen 8 Prozent seiner Ausgaben in Bildung und Forschung investiert, so sind es heute weniger als 7 Prozent.

*Hans Peter Hertig, damaliger Generalsekretär
des Schweizerischen Nationalfonds, in Horizonte, September 2002*

Eine Folge dieser Entwicklung: Der Brain drain aus Europa in die USA wächst. Da die Gelder der öffentlichen Hand weniger werden, suchen viele Hochschulen ihr Heil in Form anderer Finanzquellen. Dazu noch ein Ausschnitt aus Friedrich Pfeiffers Rede:

Zum Thema Geld gibt es eine weitere wirklich bedrohliche Erscheinung, nämlich die Substitution fehlender Hochschulmittel durch Drittmittel. Drittmittel ist das Zauberwort. Sie scheinen der Leistungsfähigkeit und dem Talent eines Professors direkt proportional zu sein. Viele Drittmittel - grosser Mann, wenig Drittmittel - kleiner Mann, selbst dann noch, wenn damit wissenschaftliche Trivialitäten finanziert werden. Dem weltanschaulichen Dogmatismus, dem politischen Zugriff des Staates konnten sich die Universitäten im Laufe ihrer Geschichte entziehen, den Zumutungen des Marktes scheinen sie sich derzeit fast lustvoll hinzugeben.

Friedrich Pfeiffer an der GAMM-Jahrestagung im März 2004 in Dresden

Für die Schweiz muss noch ein weiterer bildungspolitischer Diskussionspunkt hinzugefügt werden: Das Niveau. Nach der Absenkung des Maturitätsniveaus mit der letzten Reform 1995 und der damit einhergehenden Marginalisierung der naturwissenschaftlichen Fächer, sind die Universitäten vor die Frage gestellt, wie sie die bedenklichen Lücken bei den jetzigen Studentenanfängergenerationen auffangen können. Die ETH Zürich hat in diesem Zusammenhang laut über Zulassungsprüfungen nachgedacht. Andere Universitäten behelfen sich mit Stützkursen, die ihr strapaziertes Budget weiter belastenden, oder sehen sich schlicht gezwungen, ihr Eintrittsniveau entsprechend zu senken. Die Politik schien sich damit abzufinden, dass der Bachelor-Abschluss in einem gewissen Sinne die Matura ablöst. Aufgrund eines Postulates von Theophil Pfister (Nationalrat) und einer Interpellation von Hansruedi Stadler (Ständerat), aber auch wegen einer sich mehrenden Zahl kritischer Stimmen aus den Hochschulen, den Berufsverbänden der Gymnasiallehrer und der Konferenz der Schweizerischen Gymnasialrektorinnen und Gymnasialrektoren, hat

nun endlich eine Arbeitsgruppe im Auftrag der Schweizerischen Konferenz der kantonalen Erziehungsdirektoren eine Teilrevision der letzten Maturareform an die Hand genommen.

Was ist angesichts der schwierigen Lage zu tun? Hören wir nochmals Friedrich Pfeiffer zu:

Nicht jammern, sondern handeln, wie immer wieder betont wird. Daher die folgenden Vorschläge, im Telegrammstil: Lasst endlich die Professoren arbeiten, und zwar in Lehre und Forschung, nicht in vielfach überflüssigen Gremien, in zeitfressenden Geldbeschaffungsaktionen, in verwaltungstechnischem Kleinkram oder auf ideologischen und daher völlig irrelevanten Kriegsschauplätzen. Struktur braucht man, aber es ist nicht das Wichtigste. Wichtig sind gute Leute, die nur dorthin gehen, wo die Umgebung und die materielle Seite stimmen. Geld ist nicht alles, aber ohne Geld ist alles nichts. Die Hochschulen werden nur exzellente Leute aus der Industrie bekommen, wenn die Freiheit absolut und das Einkommen angemessen, nicht unbedingt hundertprozentig vergleichbar, ist. Notwendige Verwaltungsakte müssen ohne Wenn und Aber minimalistisch sein.

Friedrich Pfeiffer an der GAMM-Jahrestagung im März 2004 in Dresden

Soweit also die Probleme aus der Sicht der Universitäten.

Wie ist nun die Haltung der Politik? Dazu ein Abschnitt aus Beat Gloggers Artikel in Horizonte (März 2005):

Gespentische Stille breitete sich im Saal aus. Der Schock sass tief. Eben hatte der Präsident der nationalrätlichen Kommission für Wissenschaft, Bildung und Kultur (WBK) gesprochen, und das Publikum glaubte zuerst, sich verhöhrt zu haben. Doch Theophil Pfister hatte es tatsächlich gesagt: “Nein, ich weiss nicht, was der Unterschied ist zwischen Grundlagenforschung und angewandter Forschung. Aber das spielt auch keine Rolle.” Diese provokative Bemerkung des SVP-Nationalrats verschlug den anwesenden Forscherinnen, Wissenschaftlern, Wissenschaftsjournalistinnen und Pharmavertretern die Sprache. Da bemühten sie sich alle seit Jahren darum, Wissenschaft und Forschung transparent zu kommunizieren, nicht zuletzt auch in der Absicht, den Laien gerade den Wert der Grundlagenforschung klar zu machen (...) Dass sich Wissenschaft aber verkaufen muss, hatte der Wissenschaftspolitiker Pfister den Anwesenden schon vor seinem Bekenntnis zu seiner Unkenntnis klar gemacht: “Bei der Beurteilung von Forschung steht an erster Stelle deren volkswirtschaftlicher Nutzen.” Die Kombination dieser beiden Aussagen war es, was die Anwesenden in stumme Verzweiflung gestürzt hatte. (...) Doch es sollte noch dicker kommen im Berner Haus der Wissenschaft. Im Publikum hatte sich als erster ein Immunologe von seiner Sprachlosigkeit erholt. “Haben Sie denn noch nie mit Wissenschaftlern über diese beiden Typen von Forschung geredet”, fragte er. “Nein”, war die Antwort kurz, präzise und niederschmetternd.

Beat Glogger, Horizonte, März 2005

Pfisters These lautet:

... dass die Wissenschaft einen Nutzen für die Volkswirtschaft erbringen muss. (...) Die Frage steht im Raum, welche Werte ich an das Land zurückgebe, das mir ein Leben als Wissenschaftler ermöglicht hat. (...) Ich erwarte von der Wissenschaft, die dem Steuerzahler die Mittel abverlangt, als Gegenleistung die Erklärung, warum er dies und das macht. Ich erwarte auch, dass Erfolge und Misserfolge veröffentlicht und bewertet sind, dass der Kern der Motivation, etwas Besonderes zu tun, nicht im Verborgenen bleibt. Der zahlende Bürger hat nach meiner Ansicht ein Recht darauf, diese Information, und sei sie auch nur verständlich oder verfügbar für seine Vertreter in den Parlamenten, zu erhalten. (...) Die Wissenschaft kann heute, im 21. Jahrhundert, nicht mehr nur nach Wissensvermehrung streben, sondern sie muss ihren Beitrag an die Wettbewerbsfähigkeit unseres Landes, wie es auch in der letzten BFT-Botschaft des Bundesrates klar formuliert ist, leisten. Die Wissenschaft muss eine Antwort darauf geben, warum in unserem Lande so viele Erfindungen gemacht und Erkenntnisse gewonnen wurden, dann aber auffallend viel, extrem viel, nicht zum Nutzen unserer Volkswirtschaft umgesetzt worden ist. Diese Antwort soll auch einmal von der Wissenschaft kommen und nicht immer nur als Frage der Politik im Raume stehen bleiben.

Theophil Pfister, private communication

Hans Peter Hertig nahm in seinem bereits erwähnten Horizonte-Artikel eine mögliche Antwort darauf vorweg:

Investitionen in die Grundlagenforschung sind durchaus mit volkswirtschaftlicher Wertschöpfung verknüpft. Dies ist in zahlreichen Ländervergleichen und Langzeitstudien nachgewiesen worden. Zudem sind die wichtigsten wissenschaftlichen Durchbrüche nicht Nützlichkeitsüberlegungen entsprungen, sondern der freien Forschung und ihren Freiräumen. Und schliesslich hat die Forschungsfreiheit eine weitere, nicht zu unterschätzende Funktion: Sie bietet das ideale Umfeld für den Forschungsnachwuchs, um sich jene Eigenschaften anzueignen, die für gute Forschung unabdingbar sind: Neugier, Kreativität und Originalität. Mit anderen Worten: Eine qualitativ hoch stehende Grundlagenforschung garantiert zwar nicht direkt wirtschaftlichen Wohlstand und hohe Lebensqualität. Aber sie ist die Basis, um diese Ziele erfolgreich anzugehen.

Hans Peter Hertig, Horizonte, September 2002

Und wie steht es speziell mit dem Nutzen der Mathematik? Schauen wir uns zwei Statements dazu an:

Today's challenges faced by science and engineering are so complex that they can only be solved through the help and participation of mathematical scientists. All three approaches to science, observation and experiment, theory and modeling are needed to understand the complex phenomena investigated today by scientists and engineers, and each approach requires the mathematical science.

*Donald J. Lewis, Director
Division of Mathematical Sciences, US National Science Foundation.
Report Mathematics and Science, January 12, 2000*

Economic health and, indeed the security of the nation has come to depend heavily upon mathematics. If we wake up to discover that we have allowed the dominant position of US mathematics to erode, we will pay a heavy price in foregone progress in technology, science and economic productivity.

*Margaret Wright (Bell Labs) und Alexandre Chorin (UC Berkeley).
Report Mathematics and Science, January 12, 2000*

P. G. Altbach fasste 1998 das Dilemma so zusammen:

This is not an especially happy time for higher education worldwide. Academe is under attack everywhere. University leaders have been unable to defend the institution successfully from its critics and from governments committed to cutting budgets and shifting governmental priorities. The academic community does not speak with a united voice. Indeed, in general it does not speak at all. The contemporary university must present a vision of its role in the future and defend its past contributions to knowledge and society.

P. G. Altbach, 1998

In seinem Vortrag an der Jahresversammlung 2002 der Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten sah Alexander von Zelewsky die Hochschulen hierzulande gefährdet:

- *Durch das Bestreben, universitäre Aktivitäten **direkt und kurzfristig zu vermarkten**.*
- ***Durch einen fast besessenen Aktionismus**, welcher um jeden Preis alles bisherige durch Restrukturierung auf den Kopf stellen will, in der Meinung, man könne dadurch einerseits die Effizienz des Systems steigern und andererseits zum global Player werden (...)*
- *Durch eine **zunehmende Regulierung des ganzen Universitätswesens** und eine “top down” Anordnung von Kooperationen, Programmen und Schwerpunkten. Das Ganze wird beherrscht von Schlagworten wie “Kritische Masse”, “Kompetenzzentren”, “Wettbewerb”, “Profilierung”, “Milestones”, “Centres d’excellence” etc.*

*Alexander von Zelewsky, Vortrag an der
Jahresversammlung der Vereinigung Schweizerischer Hochschuldozenten
“Schweizerische Universitäten auf dem Weg zum Grounding?”, 25. Mai 2002*

Nicht weniger problematisch als das Verhältnis der Mathematik zur Politik gestaltet sich dasjenige zu den Medien.

6 Mathematik und Medien

Bei der Berichterstattung über Mathematik in den Medien gibt es zwei fast disjunkte Strömungen. Die im deutschsprachigen Raum vorherrschende ist die negative. Ein paar Beispiele mögen dies illustrieren:

- *Nobelpreis für Quatsch*
- *Seifenblasenkünstler auf der Ausstellung “Mathematik zum Anfassen”: Lebensnahe Zahlenakrobatik?*
- *Fields-Medaillist Borchers: “Schneeflocken in 196 883 Dimensionen”*
- *So hat sich die Zunft in ihrem Luftschloss aus Formeln verschanzt.*

Stichworte aus dem Spiegel, 35/1998: Bericht über den ICM in Berlin

Natürlich geht es noch schlimmer:

- *Schule: Nieder mit der Mathematik!*
- *Überbewertet, unbeliebt und unnütz.*
- *Zahlen beigen: Alle müssen sie lernen, fast niemand kapiert sie. Mathematik ist das meistgehasste Unterrichtsfach, das erst noch fürs Leben nichts bringt.*
- *Physik und Mathematik spielen nach der Schulzeit überhaupt keine Rolle.*
- *Die Naturwissenschaft tut, als verkünde sie das Evangelium.*
- *Markus Cslovjcek leitete in der Schweiz 1988 und 1992 den Versuch mit erweitertem Musikunterricht. “Die Schüler entwickelten ein gesundes Selbstvertrauen.”*
- *“Ich habe Mathematik immer gehasst”, sagt Fussballtrainer Christian Gross. “Deswegen habe ich aber nie einen Ausländer zu viel eingewechselt.”*
- *Jürgen Oelkers fordert eine “Verwendungskontrolle” für Schulwissen. “Die Schule dient der Gesellschaft, und das muss sie auch nachweisen können”.*

Stichworte aus Facts 1999, Nr. 16

Wer glaubt, diese Art der Berichterstattung gehöre ausschliesslich dem letzten Jahrtausend an, der irrt sich:

Schülerinnen im Matheunterricht: Kein anderes Fach ist so verhasst.

Der Spiegel, 50/2004

Stimmt dieses Bild? Nach meiner Erfahrung nicht. Mathematik und Naturwissenschaften erfreuen sich nach wie vor ungebrochener Beliebtheit. Zugegeben, diese

harten Fächer weisen nicht die gleichen Zuwachsraten auf wie manche Modestudien. Sie machen aber umgekehrt auch deren Einbrüche nicht mit, etwa wenn der Arbeitsmarkt gesättigt ist.

Viele Kinder und Jugendliche haben Freude an der Mathematik und lassen sich von ihr faszinieren. Mehr noch, sie haben die natürliche Einsicht, dass dieses Fach auf ihrem Bildungs- und Berufsweg eine wichtige Rolle spielen wird. Der Erfolg von Veranstaltungen wie die *Mathe-Woche*⁴ an der Universität Fribourg, Studienwochen von *Schweizer Jugend forscht* zu mathematischen Themen⁵, *Mathematik-Olympiaden*⁶ oder Publikumsmagnete wie die Ausstellung *Mathemagie*⁷ im *Technorama* sind nur wenige Beispiele, die dieses Interesse belegen.

Es gibt nicht viele seriöse Untersuchungen über die Beliebtheit von Schulfächern. Nach der Umfrage der Zentralstelle für Beratung im Schulwesen (ZBS) 1999 ist **Mathematik sogar das beliebteste Fach!** Detailliertere Untersuchungen zeigen zwei Phänomene: Zum einen ist die Beliebtheit von Mathematik und Naturwissenschaften bei Knaben signifikant grösser als bei Mädchen. Letztere bewerten subjektiv ihre eigenen Fähigkeiten in diesen Fächern systematisch geringer als sie es eigentlich sind, Knaben überschätzen sich dagegen hier eher. Zum andern weist die Verteilung der Beliebtheit für die Mathematik die grösste Spannweite aller Fächer auf: Während sich etwa Deutsch oder Geschichte bei einer Mehrheit der Schülerinnen und Schüler mittlerer Beliebtheit erfreuen, liebt oder hasst kaum jemand diese Fächer. Anders in der Mathematik: Nur wenige Schüler zeigen sich indifferent gegenüber diesem Fach, während zwei grössere Gruppen das Fach sehr schätzen respektive deutlich ablehnen. Dieses Bild spiegelt sich auch in den Noten wieder: Zwar liegt der Klassendurchschnitt im Fach Mathematik leicht eine ganze Note unter dem in Geographie oder (noch deutlicher) in Sozialkunde, aber gleichzeitig werden die meisten Spitzennoten in der Mathematik erzielt. Die Mathematik polarisiert also im Gegensatz zu Sport, Sozialkunde oder Musik in viel stärkerem Masse.

Es gibt auch positive Berichterstattung über die Mathematik:

Grundlagenfächer im Höhenflug. Höchste Zuwachsrate in der Mathematik.

ETH Life, 18.1.2002

Nun mag man einwenden, das ETH-Blatt sei voreingenommen. Aber man findet positive Schlagzeilen auch in der ganz gewöhnlichen Tageszeitung:

- *Die pfffigsten Mädchen und Jungen knacken Mathe-Nüsse.*
- *Mathematik als sinnliches Erlebnis.*
- *Mathematik ist die Kunst, das Rechnen zu vermeiden.*
- *Sachsen-Anhalt Mathe-Olympiade: Zehn Asse glänzen auf Platz eins.*

⁴www.unifr.ch/math/woche

⁵www.unifr.ch/math/einstein

⁶www.imosuisse.ch

⁷www.technorama.ch/MatheMagie.112.0.html

- *Minister ehrt die pfiffigsten jungen Köpfe.*
- *Wo selbst schnelle Rechner nicht mehr weiterwissen, hilft die Mathematik.*
- *Mathematiker entwickeln Modelle für Krebsforschung.*
- *Den Geheimnissen der Zahlen spielerisch auf den Grund gehen.*

Schlagzeilen in der Harzer Volksstimme

Nicht nur im Osten Deutschlands, wo aus alter Tradition die technischen Wissenschaften hoch im Kurs stehen, auch in der Schweiz finden wir Stimmen, die für die Mathematik sprechen:

Plädoyer für eine bescheidene Wissenschaft.

Armin P. Barth, NZZ 18.1.2005

Natürlich dürfen die wunderbaren Beiträge des Prix Media Preisträgers 2003, George Szpiro, in seiner monatlichen Kolumne über Mathematik in der NZZ am Sonntag nicht unerwähnt bleiben. George Szpiros Bücher über Mathematik seien an dieser Stelle auch bestens empfohlen.

- *Die Liebe zu den Warteschlangen.*
- *Verbrecherjagd mit Köpfchen statt Fäusten.*
- *Geheimnisse, die sich in Zahlen verbergen.*

Einige Überschriften von NZZ Artikeln von George Szpiro.

Nun sind Armin Barth und George Szpiro selber ausgebildete Mathematiker, es mag daher kaum erstaunen, dass sie positiv über ihr eigenes Fach berichten. Aber wie kommen umgekehrt die zuvor erwähnten gehässigen und fast böswilligen Schlagzeilen über die Mathematik zustande? Man kann den Eindruck gewinnen, dass manche Journalisten ihre eigene, vielleicht aus der Schulzeit stammende Aversion gegen die Mathematik, einigermassen hemmungslos ausleben. Diese Mentalität wird auch deutlich am folgenden Beispiel. Eine Redakteurin des *Unireflets* strich mir meine Schlüsselsätze in einem Artikel über die Einsteinwoche am Mathematik-Departement zusammen: Aus “*Viele Kinder und Jugendliche haben Freude an der Mathematik und lassen sich von ihr faszinieren. Mehr noch, sie haben die natürliche Einsicht, dass dieses Fach auf ihrem Bildungs- und Berufsweg eine wichtige Rolle spielen wird.*” machte sie “*Viele Jugendliche sehen ein, dass Mathematik und Naturwissenschaft für ihren Bildungs- und Berufsweg und ihre Chancen auf dem Arbeitsmarkt eine wichtige Rolle spielen.*” Die Freude wurde gestrichen, aus der natürlichen Einsicht wurde eine erzwungene.

Dass Mathematik nach der Schulzeit keine Rolle mehr spielt, wird nur für sehr wenige Menschen wirklich zutreffen. Man mag vielleicht den Satz von Pythagoras

vergessen haben, oder ihn tatsächlich in der Buchhaltung nie benötigen, was wir aber täglich brauchen, sind die logischen Denkstrukturen, die wir unbewusst bei allen möglichen Gelegenheiten einsetzen. Dieses logische, abstrakte und folgerichtige Denken beim Planen, Optimieren und Argumentieren hat sich in der Schule anhand der Beschäftigung mit abstrakten Gegenständen der Mathematik gebildet. Daneben gibt es im modernen Leben tausenderlei Dinge, die wir wie selbstverständlich gebrauchen und bei denen wir uns nicht bewusst sind, dass in ihre Herstellung oder Entwicklung jede Menge mathematisches Know-How eingeflossen ist. Die Schweiz hat keine Bodenschätze: Der wertschöpfende Teil unserer Wirtschaft, und damit wir alle, sind deshalb darauf angewiesen, dass kluge Köpfe innovative Technologien und Produkte (nicht nur materieller Art) entwickeln. Dazu wird Mathematik gebraucht.

7 Mathematik und Computer

Computergestützte Beweise haben in der Mathematik Einzug gehalten, zum Beispiel beim Beweis des Vierfarben-Satzes oder bei der Klassifizierung der einfachen endlichen Gruppen. Auch die Numerik hat mit Hilfe der Intervall-Arithmetik ein mathematisch strenges Werkzeug zur Verfügung. Dies wurde beim Beweis der Kepler-Vermutung eingesetzt. Heute stehen der mächtigen numerischen Software streng mathematisch arbeitende Programme wie *Axiom*, *Pari* oder *Mathematica* zur Seite. Sie sind gewissermassen Intelligenzverstärker in Gebieten wie Geometrie, Algebra und algebraische Geometrie.

Andererseits ermöglichen Computer die Visualisierung komplizierter mathematischer Ergebnisse und erlauben oft auch einem mathematischen Laienpublikum eine Ahnung von der inneren Schönheit der Mathematik zu erhaschen.

Mit Hilfe von numerischen Simulationen lassen sich nicht nur kostspielige Labor-experimente sparen, es können auch “Versuche” gemacht werden, die sonst unmöglich wären, zum Beispiel die Auswirkungen des Treibhaus-Effektes auf das Erdklima, Prognosen über die beängstigende Abnahme des Erdmagnetfeldes oder die Ausbreitung von ansteckenden Erregern wie SARS oder Vogelgrippe. Dabei profitieren Gebiete wie die Gentechnologie, Finance oder Nanotechnologie ausgiebig von der Mathematik.

Soll man den Studenten monotone mathematische Techniken, wie Differenzieren oder Integrieren heute noch beibringen, wo doch *Maple* und *Mathematica* das viel zuverlässiger können? Soll man den Mathematikunterricht ganz abschaffen, es gibt ja Taschenrechner? Mit dem gleichen Argument könnte man dann aber auch Deutsch (es gibt ja Korrekturprogramme) abschaffen, Erdkunde (man hat ja Google und Wikipedia) etc. So weit will sicher niemand gehen. Aber es ist klar, dass der Computer auch moderne Curricula umwälzen wird.

In einem gewissen Sinne hat das Zeitalter des Computers und der Anwendungen der Mathematik die Fragmentierung der mathematischen Community weiter befördert. Es sind viele Gesellschaften mit (berechtigten) Partikulärinteressen entstanden. Das darf jedoch nicht dazu führen, dass sich diese Gesellschaften gegenseitig konkurren-

zieren, sondern muss im Gegenteil dazu genutzt werden, dass die Mathematik mit einer verstärkten Stimme spricht und in der Öffentlichkeit, in der Politik und in den Medien Präsenz markiert.

Die Wissenschaft im allgemeinen und die Mathematik im besonderen hat in den vergangenen Jahrtausenden ein ungeheures Wissen angehäuft. Der Mathematik kommt insofern eine Sonderstellung zu, als ihre Erkenntnisse gewissermassen zeitlos sind: Ein von Euklid bewiesener Satz bleibt immer richtig. Im Gegensatz dazu ist die Theorie der Natur des Lichts von Empedokles überholt und nur noch von historischem Wert. Angesichts des immensen in der Vergangenheit gesammelten Wissens wird das Archivieren und Bereitstellen von Wissen immer wichtiger. Früher fasste man das Wissen in einem Buch zusammen. Später fasste man Bücher zu Bibliotheken zusammen, heute schliessen sich Bibliotheken zusammen, um das in ihnen gesammelte Wissen den Benutzern anzubieten. Noch vor wenigen Jahren galt es als illusorisch, grössere Teile des Wissens der Menschheit in elektronische Form zu überführen. Heute ist das anders: *Google* und *Microsoft* übertrumpfen sich gegenseitig damit, riesige Bibliotheksbestände, etwa der British Library (25 Millionen Seiten), zu scannen. China macht gewaltige Anstrengungen, das chinesische Schrifttum zu digitalisieren. Der Vorteil von elektronisch aufbereiteten Daten ist evident: Sie sind im Prinzip jederzeit von jedem Ort der Erde such- und abrufbar. Auf die Gefahr der Monopolbildung auf diesem Sektor will ich an dieser Stelle nicht eingehen. Zwei grosse mathematische Datenbanken, das *MathSciNet* der AMS und das *Zentralblatt* der EMS ermöglichen heute die Suche nach Schlüsselworten in der mathematischen Literatur. Daneben existiert das internationale Projekt *WorldDML*⁸, welches versucht, die auf 55 Mio Seiten geschätzte relevante mathematische Literatur zu scannen und frei im World Wide Web verfügbar zu machen. Die SMG hat in diesem Zusammenhang das Projekt *SwissDML* lanciert und hat die drei Schweizer Mathematik-Zeitschriften *Commentarii Mathematici Helvetici*, *Elemente der Mathematik* und *L'Enseignement Mathématique* digitalisiert und öffentlich gemacht⁹. Auch umfangreiche und erstaunlich gute Nachschlagewerke sind online verfügbar, etwa Eric Weissteins *MathWorld*¹⁰ von *Wolfram Research*.

8 Mathematik und Schule

Eine ganze Reihe von Gründen rechtfertigen die schulische Beschäftigung mit dem Fach Mathematik: Mathematik ist unbestreitbar nützlich, um konkrete Probleme zu lösen. Das fängt mit dem Kopfrechnen beim Bäcker an, setzt sich fort beim Berechnen der Fläche einer Mietwohnung und reicht bis in alle quantitativ arbeitenden Wissenschaften. Alle, die ein Handwerk lernen, im Handel tätig sind oder eine Naturwissenschaft studieren wollen oder in einer Geisteswissenschaft mit Statistik zu tun haben werden, brauchen ein solides Fundament in Mathematik. Ferner kann Mathematik als intellektuelle Beschäftigung äusserst faszinierend sein. Problemlösen

⁸World Digital Mathematics Library <http://www.wdml.org>

⁹verfügbar auf <http://retro.seals.ch/digbib/en/zhome>

¹⁰<http://mathworld.wolfram.com>

verlangt Ausdauer und Kreativität, das kann man gar nicht intensiv genug trainieren.

Unsere ganze Welt ist nach mathematischen Prinzipien aufgebaut. Seit Galilei wissen wir, dass das Buch der Natur in der Sprache der Mathematik geschrieben ist. Deswegen brauchen alle, die verstehen wollen, was die Welt zusammenhält, Kenntnisse über Zahlen, geometrische Objekte und Wahrscheinlichkeiten. Mathematik ist die Sprache, in der das technische und naturwissenschaftliche Wissen unserer Zeit formuliert ist.

Mathematik ist ein wichtiges Kulturgut. Die über Jahrtausende zusammengetragenen Errungenschaften der Mathematik gehören zu den bedeutendsten Kulturleistungen der Menschheit. Sie lassen sich von ihrer Ästhetik und Kreativität her mit den Meisterwerken der Musik, Literatur und der Malerei messen, und stehen auf einer Ebene mit den intellektuellen Leistungen der anderen Wissenschaften. Die Beiträge von Gödel gehören zu den fundamentalsten Resultaten der Erkenntnistheorie.

Die Neugier macht den Menschen aus, und jede Gesellschaft investiert einen Teil ihrer Ressourcen da hinein, diese Neugier zu befriedigen, jenseits aller utilitaristischer Überlegungen. Wenn man wissen kann, dass die Kreiszahl Pi transzendent ist, wäre es unerträglich, das nicht zu wissen. Die Antwort "because it's there" auf die Frage "Warum?" darf auch für die Mathematik gelten, nicht nur für den Bergsteiger.

Richard Pink, ETH Life, 1.10.2002

Moderne Unterrichtsmethoden und eine engagierte Lehrerschaft machen sich die Kreativität und die natürliche Neugier der Schüler zunutze, um vom in Teilen Westeuropas verstaubten Image des Mathematikunterrichts wegzukommen. Die in den USA lancierte Diskussion um *Reform Calculus* wird auch uns auf allen Schulstufen noch beschäftigen: Soll man mathematische Grundfertigkeiten, die heute auch an ein Softwarepaket delegiert werden können, aus den Lehrplänen streichen und stattdessen besser den vielerorts beklagten Mangel an intuitivem Mathematikverständnis auszugleichen versuchen? Wie anwendungsorientiert soll Mathematikunterricht sein? Einfache Antworten auf derartige Fragen gibt es kaum. Eine Vernetzung der Fächer ist jedoch sinnvoll: Im Mathematikunterricht werden Themen anderer Fächer aufgegriffen und mit mathematischen Methoden exemplarisch behandelt. Umgekehrt können in anderen Fächern vermehrt mathematische Methoden eingesetzt werden.

Telekommunikation, Computer, bildgebende medizinische Diagnoseverfahren, Krebsfrüherkennung, Wetterprognosen, leisere Flugzeuge, Datensicherheit, Baustatik, Maschinen aller Art, Babywindeln, Stromversorgung, Börse, Fahrpläne, Versicherungen, digitale Fotografie u.s.w.: Wir sind von Anwendungen der Mathematik umgeben. Nach wie vor werden aber in der Schweiz zu wenige Mathematiker, Naturwissenschaftler und Ingenieure ausgebildet. Die Industrie importiert Fachkräfte aus dem Ausland. Wir haben schon darauf hingewiesen, wie wichtig Innovation, und damit auch mathematisches Know-How, für die Schweiz ist. Es ist klar, dass unser Bildungssystem diesen Bedürfnissen Rechnung tragen muss. Das gilt für Unterrichtsmethoden, Lehrpläne und die Bildungspolitik im Ganzen. Gute Universitäten und gute Gymnasien bedingen sich gegenseitig, und diese Kette reicht hinunter bis zum

Kindergarten. Egal auf welcher Stufe jemand von der Schule in den Beruf wechselt, eine solide Schulbildung, welche Mathematik und Naturwissenschaften ausreichend Platz einräumt, ist essenziell.

9 Thesen und Folgerungen

Ich stelle hier einige Folgerungen zusammen, die mir wichtig erscheinen:

- Die Mathematiker müssen sich politisches Gehör verschaffen, um bildungspolitisch sowie forschungspolitisch ein stärkeres Gewicht zu gewinnen.
- Die Mathematiker müssen gewandter im Umgang mit den Medien werden, sich selber und ihre Wissenschaft besser verkaufen und für ein positives Image sorgen. Sie müssen in der Öffentlichkeit verständlich darstellen, was sie tun und wofür Mathematik gebraucht wird.
- Reine und angewandte Mathematik bedingen sich gegenseitig. Die eine ist ohne die andere unwirksam. Eine Trennung ist weder möglich noch sinnvoll. Auch im Unterricht muss die Faszination der reinen wie die Nützlichkeit der angewandten Mathematik vermittelt werden.
- Das Archivieren und Bereitstellen von (mathematischem) Wissen zum Zweck der leichten Auffindbarkeit und Verknüpfung wird im Vergleich zum Neuerwerb von Wissen an Bedeutung gewinnen.
- Qualität in Forschung und Lehre sind unbedingte Notwendigkeiten.

Als mich Marcello Robbiani zu dieser Veranstaltung einlud, schrieb er mir, dass ein Hauptziel der *Gesellschaft für Mathematik an Schweizer Fachhochschulen* die *Sicherung der Qualität in Lehre und angewandter Forschung der Mathematik an Fachhochschulen* sei. Ich beglückwünsche Sie zu dieser Einstellung und wünsche Ihnen allen erdenklichen Erfolg zum Erreichen dieses Ziels.

Anhang: Ohne Mathematik geht heute nichts mehr

- **Medizin:** Bildgebende Diagnoseverfahren (Computer-Tomographie), EKG Auswertung, Krebsdiagnose, Blutkreislauf, Wiederherstellungschirurgie des Gehirns, Prothetik, Modelle zur Seuchenausbreitung, ...
- **Industrie:** Simulation anstelle kostspieliger Experimente, Kraftwerke, Turbinen, Kehrlichtverbrennungsanlagen, Flugzeugbau (z.B. Lärmminimierung), Werkzeugmaschinenbau, Entwicklung von Lacken und Werkstoffen mit neuartigen Eigenschaften, Elektrotechnik, Babywindeln, ...
- **Versicherungen, Banken, Wirtschaft:** Modelle für Güter- sowie Finanzmärkte (Black-Scholes Formel), Absicherung grosser Schadensereignisse (Naturkatastrophen, Terroranschläge), ...

- **Logistik:** Optimierung von Fahrplänen, Warteschlangen und Herstellungsprozessen, Lagerhaltung, ...
- **Telekommunikation:** Handy (viele Benutzer auf wenigen Frequenzbändern, Positionierung von Antennen), Datenkompression, Verschlüsselung, ...
- **Kryptologie:** Verschlüsselung, Datensicherheit (Kreditkartennummern, Banktransaktionen, Authentifizierung, persönliche Daten), fehlerkorrigierende Codes (Strichcodes, CDs), elektronische Abstimmungsverfahren, ...
- **Architektur:** Statik, Klimatisierung, Beleuchtung, Akustik, Minimalflächen (Olympiastadion von Frei Otto in München), Kettenlinien (Sagrada Familia von Antonio Gaudi in Barcelona), ...
- **Geowissenschaften:** GPS-Technologie (Galileo Projekt), Modelle für Klimatologie und Meteorologie, Voraussagen von Katastrophen, ...
- **Biologie:** Statistische Methoden zur Entschlüsselung des Genoms, Modelle von Ökosystemen, ...
- **Datenkompression:** Wavelets (MP3, CD, DVD, Datenbanken, Internet, Bildverarbeitung), ...
- **Physik:** Astronomie, Atomphysik, Kosmologie, Festkörperphysik, ...
- **Chemie:** Pharmazie (Entwicklung von Medikamenten), Molekülmodellierung (DFT), ...
- **Kriminologie:** Forensische Mathematik, Aufdeckung von Fälschungen in Steuerabrechnungen, in Buchhaltungen und in wissenschaftlichen Daten (Benford'sches Gesetz), ...