

Martin Grötschel

Plädoyer

Ich bin, wenn ich die Vorgespräche richtig interpretiere, hierher eingeladen worden, um einige Anwendungen der Mathematik zu skizzieren, insbesondere solche, die die Zuhörer vielleicht nicht so genau kennen. «Wird er dabei auch das Thema des Abends ansprechen?», werden Sie sogleich fragen. «In Anwendungen zeigt die Mathematik doch gerade Ihre Nützlichkeit. Was kann denn da kontrovers sein?» Wir werden sehen.

Wie Sie schon gehört haben, bin ich Mathematikprofessor an der TU Berlin und Vizepräsident des Konrad-Zuse-Zentrums für Informationstechnik Berlin (ZIB). Außerdem bin ich derzeit Sprecher des Berliner DFG-Forschungszentrums *Mathematik für Schlüsseltechnologien*. Diese Ämter erlauben mir Einblicke in die verschiedensten Anwendungsbereiche der Mathematik und zwar nicht nur als Forscher sondern auch als Wissenschaftsmanager. Und der Wissenschaftsmanager sieht manchmal Zusammenhänge, die der Wissenschaftler gar nicht bemerkt. Ich werde ein wenig davon berichten.

Lassen Sie mich mit dem normalen Alltag beginnen. «Wo ist da die Mathematik?», höre ich Sie schon fragen. Ich gebe ein persönliches Beispiel. Heute Mittag bin ich von Berlin nach Zürich geflogen. In Berlin herrschte eine Mischung aus Schneesturm und Eisregen. Ich musste eineinhalb Stunden auf den Abflug warten. Erst dann war das Flugzeug enteist. Warum wurde das gemacht? Das liegt daran, dass man heutzutage sehr gute mathematische (und nicht nur physikalische) Modelle von Flugzeugen hat, dass man u. a. weiss, wann Flugzeuge sicher fliegen und wann nicht. Sie können einwenden, dass die Gebrüder Wright schon vor hundert Jahren geflogen sind. Aber die wussten eigentlich nicht so richtig, warum Flugzeuge fliegen. Heute werden Flugzeuge nicht mehr per Experiment oder auf dem Reissbrett konstruiert sondern mit aufwändigen mathematischen Verfahren. Man versucht dabei, Flugzeuge zu bauen, die bei unterschiedlichen Wetterlagen, Gewichtsbelastungen und Geschwindigkeiten sicher sind, möglichst wenig Energie verbrauchen und kaum Lärm machen. Das ist schwierig und ohne Mathematik unmöglich.

Hier zeigt sich ein typisches Muster für den Einsatz von Mathematik. Ingenieure und Techniker erfinden neue Geräte oder Prozesse. Sie haben gute Ideen und machen richtungweisende Experimente. Technologien sind aber erst dann gut verstanden, wenn man sie «formal beherrscht», also wenn man mathematische Modelle der Objekte und ihrer Herstellungsverfahren hat. An diesen Modellen kann man dann Computerexperimente machen und so Techniken verfeinern oder gar optimieren. Eine der Aufgaben der Mathematik ist, das, was andere Wissenschaften erfinden oder experimentell entdecken, durch mathematische Formeln, durch mathematische Theorien und Algorithmen auf «sichere Beine» zu stellen. So kann man heute mathematisch u. a. optimale Flugzeugflügel berechnen, und man kann Piloten anweisen, unter bestimmten Bedingungen Flügel enteisen zu lassen.

Wenn man Energie einspart, dann spricht man von Ressourcenschonung, das hört sich «grün» und «nachhaltig» an, und so erscheint Mathematik in einem positiven Licht. Aber ich arbeite auch in Projekten, wo man versucht, Airline Crews, ich komme auf meinen Flug nach Zürich zurück, möglichst effizient einzusetzen. Sie lesen gelegentlich in der Zeitung, dass es eine Fluggesellschaft geschafft hat, die Anzahl der Piloten und Flugbegleiter deutlich zu reduzieren, ohne die Servicequalität zu verringern. Kostensenkung nennt man das.

Wir machen am ZIB so etwas Ähnliches gerade bei den Berliner Verkehrsbetrieben (BVG), die ich heute auch schon genutzt habe. Strassenbahnen und Nahverkehrsbusse begleiten auch Ihren Alltag, nehme ich an. Und auch dort begegnen Sie Mathematik, ohne es zu bemerken. Wir optimieren z. B. den Fahrzeugumlauf und den Fahrereinsatz. Dabei stellt sich heraus, dass die BVG ihre Busflotte um eine dreistellige Zahl reduzieren kann. Das macht die Bushersteller nicht glücklich, wie ich bei einem Vortrag über unsere Optimierungsverfahren einmal erleben konnte. Ein Mitarbeiter eines Busherstellers hat sich laut über unsere Methoden aufgeregt. Durch unsere Optimierungsansätze können wir natürlich auch die Anzahl der benötigten Bus-, Tram oder U-Bahnfahrer deutlich senken. So etwas bringt nicht nur Ärger mit den Gewerkschaften, man wagt manchmal gar nicht die Einsparpotentiale zu benennen.

Ich habe kürzlich vor Schülern einen Vortrag über die Optimierung des Behindertenfahrdienstes *Telebus* in Berlin gehalten. Mit diesem durch speziell ausgerüstete Kleinbusse betriebenen Dienst können schwer behinderte Personen zum Arzt oder zur Arbeit fahren. Die vom Berliner Senat getragenen Kosten für den Fahrdienst liefen aus dem Ruder, so dass er kurz vor der Abschaffung stand. Wir haben es geschafft, die Kosten um rund 30% zu reduzieren, z.B. auch dadurch, dass wir die Einsatzplanung automatisiert haben. Wenn über 2000 Behinderte pro Tag mit über 100 Bussen herumgefahren werden, ist die Planung nicht einfach. «Unsere mathematische Software hat Dispatcher und Busse eingespart», erklärte ich. Da stand ein Schüler auf und sagte: «Besteht euer Job eigentlich nur darin, Leute zu entlassen und Arbeitslose zu produzieren?»

Man denkt, man hilft Behinderten. Plötzlich gibt es nicht Lob sondern Kontroversen. Grossspurig formuliert, sehe ich die Aufgabe der Optimierung, das ist meine Spezialdisziplin, darin, unsere Welt effizienter zu machen. Effizienzsteigerung produziert aber auch Verlierer. Dessen muss man sich bewusst sein, und man sollte soziale Belange beim Einsatz von Mathematik berücksichtigen. Ich kann den Angriff des Schülers formal einfach abwehren. «Durch Optimierung», könnte ich antworten, «kann man im Prinzip auch dafür sorgen, dass möglichst viel Arbeit erzeugt wird.» Ich habe jedoch, das muss ich zugeben, noch nie jemanden gefunden, der diese Idee hatte. Fragen Sie sich doch einmal selbst. Wären Sie bereit, höhere Fahrpreise zu zahlen, damit mehr Personen (ineffektiv) beschäftigt werden können? Ich denke, wir wollen für unser Geld, wo immer wir es einsetzen, eine möglichst gute Gegenleistung. Mathematische Optimierung versucht, das zu liefern.

Mathematik ist (aus Anwendersicht) nichts anderes als ein Werkzeug. Mit einem Hammer kann man Nägel in die Wand klopfen oder Menschen totschia-

gen. Auch mit Mathematik kann man Gutes und Schlechtes anrichten. Ebenso wie wir Raketen präzise zu einem Planetoiden steuern können, können wir militärische Raketen genau in ihre Ziele schießen oder die Sprengkraft von Bomben erhöhen. Manchen Mathematikern ist es zuwider, dass Mathematik ein so vielseitig einsetzbares Werkzeug ist, und sie bezeichnen die angewandte Mathematik gelegentlich als schmutzige Mathematik. Aber die reine Mathematik hat auch längst Ihre «Unschuld» verloren. Man glaubte etwa von der Zahlentheorie, dass sie völlig anwendungslos sei. Heute stecken in jedem CD-Spieler, in jedem Mobilfunkgerät und natürlich in jeder Methode militärischer Nachrichtenübertragung mathematische Verschlüsselungs- und Dekodierungsmethoden, die auf Zahlentheorie basieren. Keine mathematische Disziplin, wird sie auch als noch so esoterisch angesehen, ist offenbar gegen Anwendung immun.

Ich persönlich habe ein anderes Forschungsprofil; mich interessieren Anwendungen ungemein. Ich beschäftige mich z. B. mit Kollegen aus den Ingenieur-, den Natur- und den Wirtschaftswissenschaften und natürlich mit Kollegen aus der Industrie damit, Produktionsabläufe zu beschleunigen, Produktion sicherer zu machen und die Produktqualität zu erhöhen. Wenn Sie jetzt glauben, dass man damit in der Industrie nur auf Begeisterung stößt, liegen Sie völlig falsch. Ich hatte früher immer gedacht, nur im Sozialismus gäbe es Fünfjahrespläne, bei denen man mühelos zu schaffende Planungen vorlegt, damit man in Zukunft weitere Verbesserungen vorschlagen und ordentliche Prämien kassieren kann. So etwas gibt es im kapitalistischen System ganz analog. Ich habe erlebt, dass Manager tolle Einsparungen verhindert haben, um nicht als unfähig zu erscheinen, weil sie die Verbesserungsmöglichkeiten jahrelang nicht bemerkt haben. Warum ist den Managern das entgangen? Häufig weil sie mathematische Planungsmethoden nicht kennen oder Angst vor ihnen haben – ein Feld voller Kontroversen.

Ein bei IBM beschäftigter Mathematiker hat mir einmal gesagt, dass, wenn wir in der Industrie ein mathematisches Optimierungsprojekt umsetzen wollen, wir genau überlegen müssen, was wir an Einsparungen ankündigen. Fünf Prozent ist zu wenig für einen Manager. Er wird sagen, das schaffe er durch mehr Druck; 10% schafft er vielleicht mit der Blutquetsche. Wenn Mathematiker aber 50% Einsparpotential ankündigen, erscheint der Manager als «Organisationsdepp» und hat (berechtigte) Angst um seinen Job, das ist vermutlich auch bei 30% noch so. Der IBM-Kollege fand, dass 15% eine «gute Zahl» sei. Ich halte mich an die Empfehlung und versuche eine 15%ige Einsparung als das angestrebte Ziel zu «verkaufen».

Übrigens, diese Art, angewandte Mathematik direkt mit der Industrie zu betreiben, war auch in der Mathematik lange Zeit verpönt. Ich habe meinen Doktorgrad nicht in der Mathematik erworben, ich habe einen Dr. rer. pol. Woran lag das? Ich habe mich für Optimierung interessiert, und vor 25-30 Jahren wurde Mathematik mit starkem Anwendungsbezug einfach «ausgelagert», z. B. zu den Ökonomen oder Ingenieuren. Das ist heute in amerikanischen Universitäten auch noch vielfach so. Optimierer wie mich findet man meistens in den Fachgebieten Industrial Engineering oder Management Science.

Wie angewandt darf Hochschulmathematik sein, um noch Mathematik genannt zu werden? Diese Frage wird an vielen Stellen intensiv diskutiert. Ich bin der Meinung, dass die mathematische Beschäftigung mit neuen naturwissenschaftlichen Phänomenen oder mit entstehenden Schlüsseltechnologien die Mathematik enorm bereichert. Aktuelle Anwendungen bringen neue Fragestellungen in die mathematische Forschung. Es entstehen dabei nicht selten Themenfelder, die in der Mathematik bisher nicht betrachtet wurden.

Und genau aus diesem Grund haben wir in Berlin das DFG-Forschungszentrum *Mathematik für Schlüsseltechnologien* gegründet. Wir wollen mit Ingenieuren und Technikern, Physikern, Chemikern und Ökonomen zusammenarbeiten und unsere mathematische Expertise in die Entwicklung von Schlüsseltechnologien einbringen. Auch da wird es Kompetenzgerangel und Kontroversen geben. Ich glaube jedoch, dass Schlüsseltechnologien heute nur noch durch die Zusammenarbeit vieler Fachdisziplinen beherrscht werden können. Und ich bin der Meinung, dass Mathematik dazu gehört. Durch ihre vielseitige Einsetzbarkeit entwickelt sich Mathematik selbst zu einer Schlüsseltechnologie. Das will nicht jeder und glaubt auch nicht jeder, aber ich bin fest davon überzeugt.