

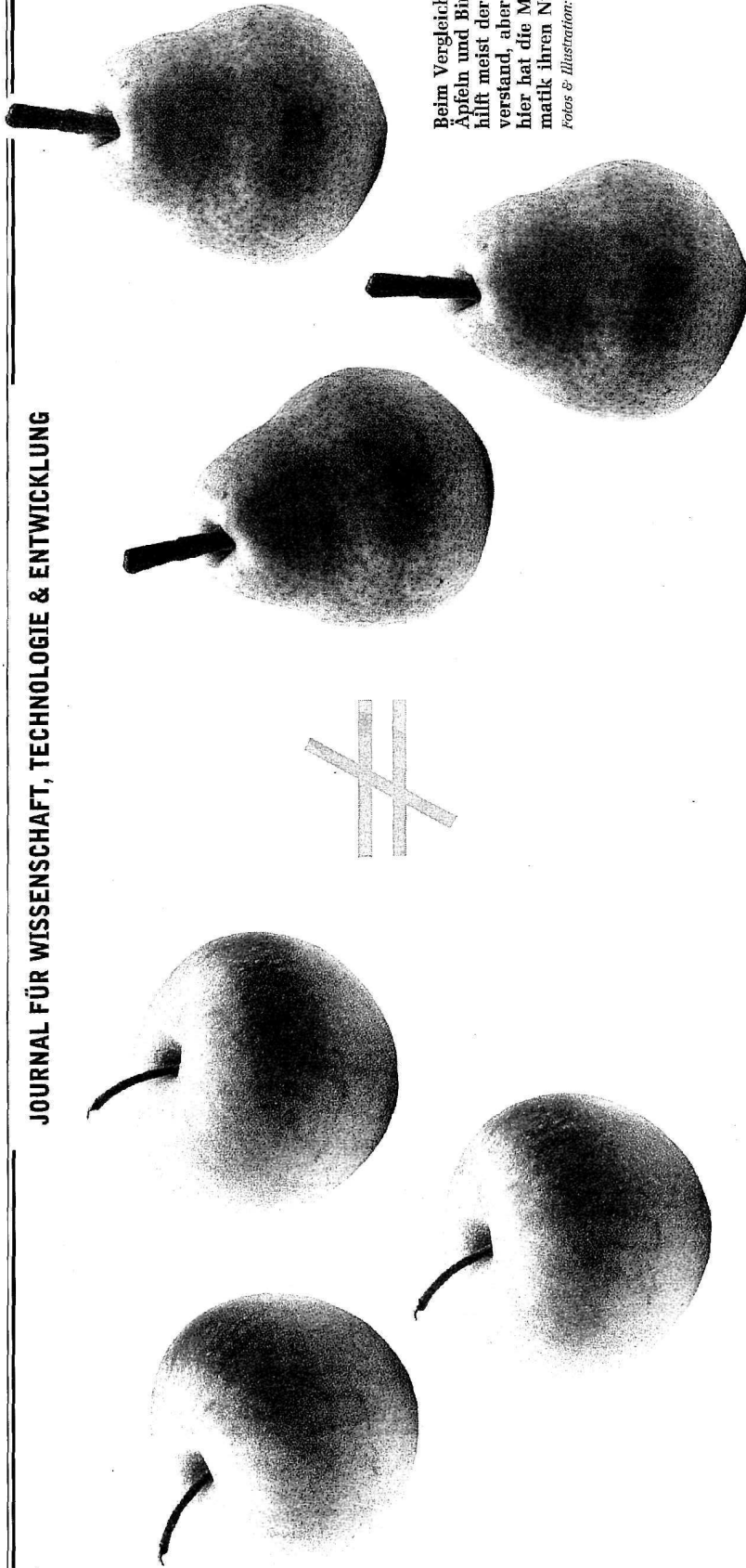
# FORSCHUNG SPEZIAL

MITTWOCH, 19. 3. 2008

DER STANDARD 13

JOURNAL FÜR WISSENSCHAFT, TECHNOLOGIE & ENTWICKLUNG

12



Beim Vergleich von Äpfeln und Birnen hilft meist der Hausverstand, aber auch hier hat die Mathematik ihren Nutzen.  
Fotos & Illustration: Karner

# Der Alltag, in Formeln gefasst

*„Wozu Mathematik?“, fragen viele Schüler angesichts komplexer Beispielrechnungen, die sie nicht verstehen können, verzweifelt. Wissenschaftler werden dagegen nicht müde, das Fach populärer zu machen - und zu beweisen, dass Mathematik, selbst wenn sie zu keiner unmittelbaren Anwendung führt, doch Sinn hat.*

*Andreas Feiertag  
Peter Illetschko*

Heinz Engl humpelte auf das Podium der Veranstaltung „Mathematik ist überall: Die Welt in der Gleichung“, deutete auf sein gebrochenes Bein und hob zur Lobeshymne auf sein Fach an: Der Leiter des „Johann-Radon-Institute for Computational and Applied Mathematics“ in Linz hatte sich beim Skifahren verletzt und meinte nun, dass er die Tatsache,

„nun trotzdem hier sitzen zu können“, bildgebenden Verfahren verdanke, die es ohne mathematische Berechnungen nicht gebe. Man wisse, dass die Algorithmen des Mathematikers Radon die Basis der Computertomografie seien ...

Alles Leben kann man in Formeln und Gleichungen betrachten: Selbst beim Eintreten des Ereignisses „Beinbruch“ könnte man eigentlich mathematische Berechnungen anstellen. Stochastiker, die die Kunst des Mutmaßens beherrschen, beschäftigen sich eher mit der Entwicklung auf den Börsenmärkten, die dieser Tage auch keine wahre Freude bereitet.

Der Alltag beginnt glücklicherweise weitaus banaler, aber selbstverständlich auch mit Mathematik: Wenn man frühmorgens das Licht aufdreht, wird die Verfügbarkeit von Strom durch Lastverteilungsalgorithmen geregelt. Für das Frühstücksei gibt es schon genauso Formeln wie für die ideale Kaffeebohne: Das Unternehmen Illy soll sie mit Wissenschaftlern aus Florenz gemeinsam gefunden haben.

## Unterwegs mit Algorithmen

Der Gefälleverlauf der U-Bahn-Strecke wird mit mathematischen Methoden geplant, genauso wie der Konstruktionsprozess eines Autos: Details eines sparsamen und effizienten Motors, Systeme zur Lärmvermeidung oder die Abgassystemoptimierung basieren auf Software, die im Kern aus Mathematik besteht. Selbst der für die Karosserie nötige Stahl wird mit Software optimiert. Und wenn man mit dem Flugzeug unterwegs ist, muss man sich auf die erneut mit mathematischen Methoden berechnete Aerodynamik verlassen können.

Die Behauptung, Mathematik sei immer nur Anwendung, ist natürlich falsch. Das haben auch die Experten im vom Wissenschaftsministerium veranstalteten Forum bestätigt. Bruno Buchberger etwa, Leiter des Softwareparks Hagenberg, der in seiner

Dissertation die Gröbnerbasen entwickelte: Der Algorithmus, eigentlich eine reine Denkaufgabe, die 1965 in der Abschlussarbeit keinen näheren Sinn ergab, wurde bis heute 1000-mal in verschiedenen Anwendungen umgesetzt. Es gibt Varianten des Algorithmus, mit denen es erstmals gelungen ist, kryptografische Codes, die zum Beispiel für die verschlüsselte Übertragung von Finanzdaten vorgeschlagen wurden, zu brechen und damit als unsicher zu erkennen. Eine andere Anwendung finden die Gröbnerbasen bei der Steuerung von Ölbohrinseln. „Daran habe ich damals keine Sekunde gedacht“, sagt Buchberger.

### Aha-Erlebnis

Das Faszinierende an der Mathematik sei, dass das strukturierte Herangehen an eine Lösung oft ganz überraschende Ergebnisse – und für den Grundlagenforscher erstaunliche Umsetzungsmöglichkeiten – zur Folge habe. Ein Aha-Erlebnis, das wohl schon viele Mathematiker vor Buchberger gehabt hätten, zum Beispiel Leonardo da Pisa alias Fibonacci, der bedeutendste Mathematiker des Mittelalters. Er schuf eine Zahlenreihe: Sie beginnt mit 1, 1, ..., und der nächste Summand ist jeweils die Summe der beiden vorangehenden; folglich lauten die nächsten Glieder 2, 3, 5, 8, 13, 21 und so weiter. Die Zahlenfolge weist den Helden in Dan Browns Roman „The Da Vinci Code“ zuerst die Richtung sei-

ner Recherchen. Die Folge selbst ist freilich weit weniger spannend als der Quotient aus zwei aufeinanderfolgenden Gliedern dieser Folge. Zum Beispiel  $21/13 = 1,615$ .

Fibonaccizahlen begegnen einem aber nicht nur in Romanen, sondern auch in der Natur, etwa bei der Anordnung der Kerne einer Sonnenblume. Aber auch das Verhältnis des Abstands zwischen Ellenbogen und Fingerspitzen zum Abstand zwischen Ellenbogen und Handgelenk der menschlichen Anatomie ist eine Fibonaccizahl. Diese Quotienten aus der Fibonaccifolge sind aber noch aus einem anderen Grund interessant: Denn ihre Werte nähern sich, je weiter die Folge berechnet wird, immer mehr dem goldenen Schnitt. Schon  $21/13 = 1,615$  ist eine gute Annäherung an den Goldenen Schnitt, der als Lösung die Zahl 1,6180 ergibt, übrigens eine der wichtigsten Zahlen der Mathematik. Möchte man die Seiten eines Rechtecks so bestimmen, dass das Verhältnis der längeren Seite zur kürzeren mit dem Verhältnis der Seitensumme zur längeren Seite übereinstimmt, so ergibt sich als Seitenverhältnis der Goldene Schnitt. Man trifft ihn sehr häufig in der Architektur an, bei Grundrissen griechischer Tempel wie bei moderneren Bauten.

Ein anderes Beispiel für mathematische Grundlagenforschung, die zur Anwendung kommt, stammt aus

dem 19. Jahrhundert: Francis Guthrie zeichnete 1852 auf einem Blatt Papier die Umrisse Englands und all seiner Counties ein. Zur klaren optischen Trennung dieser verschiedenen Landstriche wollte er sie unterschiedlich einfärben. Aber wie viel Farben sind ausreichend, um eine beliebige Landkarte so einzufärben, dass keine zwei angrenzenden Länder die gleiche Farbe bekommen? Es war offensichtlich, dass drei Farben nicht ausreichten, fünf aber wahrscheinlich zu viel sind.

Mehr als ein Jahrhundert lang tüftelten Mathematiker an dem sogenannten Vierfarbenproblem, bis Ende des 20. Jahrhunderts endgültig der Beweis erbracht war, dass vier Farben immer ausreichen – völlig egal, um wie viele Länder oder unterschiedliche aneinandergrenzende Flächen es sich handelt. Der Vierfarbensatz war übrigens der erste mathematische Beweis, der nur mithilfe eines Computers möglich war.

„Soll also niemand mehr die verzweifelte Frage ‚Wozu Mathematik?‘ stellen“, sagte ein begeisterter junger Rechenkünstler am Rande des Expertenforums. Oft ergebe sich erst nach vielen Jahren ein „Sinn“, und auch ohne „Anwendung“ sollte der Denkprozess selbst Sinn und Zweck sein, ergänzte Buchberger. Ihn habe Mathematik, wie er sagt, genau deshalb „glücklich gemacht.“ Zahllose Schüler werden es trotz aller berechtigter Zweifel glauben müssen.



## „Die Faszination des Denkens“

**Der Mathematiker Heinz Engl glaubt, dass sein Fach an keine Grenzen stößt. Es gebe immer neue Aufgaben – man werde diese lösen können. In den Schulen sieht er Nachholbedarf bei der Vermittlung. Peter Illtischko sprach mit ihm. Foto: Hendrich**



Medien findet. Wichtig wäre eine Lehreraus- und -weiterbildung, in der gezeigt wird, dass die Mathematik auch die Grundlage moderner Technologien ist. Das wird aber erst langfristig wirksam. Das passiert schon, könnte aber noch deutlich intensiviert werden.

**STANDARD:** Mathematiker bezeichnen die Mathematik als Mutter aller Naturwissenschaften. Physiker sehen die Physik so, Biologen meinen, ohne Biologie gehe gar nichts. Mediziner sagen das. Jeder hat recht, oder?

**Engl:** Natürlich haben alle recht. In der heutigen Zeit wird es immer wichtiger, dass alle Wissenschaftler zusammenarbeiten, interdisziplinär, aber ohne die Verankerung in ihrer Wissenschaft und die nötige Tiefe zu verlieren. Es gibt Beispiele: Die Physik formuliert Naturgesetze in der Sprache der Mathematik, diese verwendet ihre Methoden, um die daraus entstehende Modelle zu analysieren. Auch die Biologie wird immer physikalischer und mathematischer; Sie hat riesige Datenmengen zu verwalten, in die unter anderem durch mathematische Methoden Struktur hineingebracht werden muss.

**STANDARD:** Was treibt den Mathematiker an? Das Denken allein oder das Denken, das zu Lösungen kommt?

**Engl:** Das ist bei jedem wohl anders. Jeder Mathematiker, rein oder angewandt, sollte aber eine Motivation haben, zu welchem Zweck er über ein Problem nachdenkt. Dann ist es natürlich die Faszination, über ein schwieriges Problem systematisch nachzudenken, die einen weitertreibt.

**STANDARD:** Das klingt alles recht spannend. Dennoch erfreut sich die Mathematik nachhaltiger Unbeliebtheit. Was kann man tun?

**Engl:** Zunächst einmal: Das ist ein rein deutschsprachiges Phänomen. In Frankreich, etwa hat Mathematik auch in der Öffentlichkeit ein sehr positives Image. Auch bei uns wird's besser, auch durch die viele Aufmerksamkeit, die Mathematik in den

**STANDARD:** Man hat den Eindruck, dass viele Mathematiker sich eigens mit recht alltäglichen Fragen beschäftigen, vielleicht, um ihr Fach populärer zu machen. Im Dezember 2007 wurde eine Formel für das optimale Verpacken von Geschenken gefunden. Stößt die Mathematik irgendwann an Grenzen?

**Engl:** Je mehr Probleme die Mathematik löst, desto mehr neue Aufgaben bekommt sie. Aus dieser Sicht erkenne ich keine Grenzen, wohl aber darin, dass eben nicht alles mathematisierbar ist. Wieso sollten wir Violinspielen auf ein inverses Eigenwertproblem reduzieren, das es, mathematisch gesehen, eigentlich ist?

### ZUR PERSON:

Heinz Engl ist Leiter des Johann-Radon-Instituts der Akademie der Wissenschaften und Vizerektor für Forschung und Nachwuchsförderung der Uni Wien.