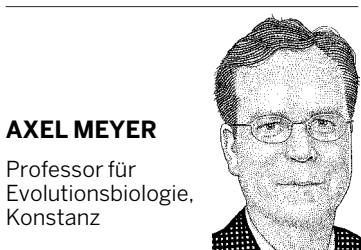


QUANTENSPRUNG

Der Durchbruch des Jahres

Nature und Science, die beiden führenden Wissenschaftsjournale der Welt, sind sich einig: Sie haben neue Methoden zur Bestimmung des Erbguts zum methodischen (Nature) oder gar wissenschaftlichen (Science) Durchbruch des Jahres 2007 erklärt. In der Wissenschaft ermöglichen oft methodische und nicht nur theoretische Fortschritte neue Fragen. Fragen, die vorher nicht im Raum standen, weil es unvorstellbar schien, solche Daten oder solche Mengen davon sammeln zu können. Diese neuen Methoden werden Folgen haben, die auch Ihr Leben, lieber Leser, verändern werden.

DNS ist das Molekül in unseren Zellkernen, das fast alles bestimmt, von der Augenfarbe bis zur Veranlagung für bestimmte Krankheiten. Seit Mitte der 70er-Jahre war es mit der Methode von Frederick Sanger möglich, die Sequenz der vier DNS-Bausteine des genetischen Alphabets – sehr mühsam und aufwendig – zu ermitteln. Die Reihenfolge von A, G, T und Cs bestimmt die Abfolge der Aminosäuren, aus denen die Proteine unseres Körpers gebaut sind.



AXEL MEYER
Professor für Evolutionsbiologie, Konstanz

Anfang der 90er-Jahre wurden automatische Sequenziermaschinen erfunden. Mit Hunderten dieser sehr teuren Maschinen konnten Hunderte Wissenschaftler in etwa fünf Jahren mit Kosten von mehreren Hundert Millionen Dollar die etwa drei Milliarden Bausteine lange Sequenz des menschlichen Genoms entschlüsseln und 2001 feierlich der Welt präsentieren. Der damalige US-Präsident Clinton verglich dies mit der Mondlandung.

Neue Methoden wie Pyrosequenzierung erlauben es nun, mit nur einer einzigen Maschine Milliarden von DNS-Bausteinen innerhalb einiger Stunden zu bestimmen. So wurde in diesem Jahr das Genom eines einzelnen Menschen – das von James Watson, dem Mitentdecker der Struktur der DNS – in nur drei Monaten bestimmt. In nicht allzu ferner Zukunft wird es wahrscheinlich möglich sein, für 1000 Dollar das Genom eines Patienten in einem durchschnittlichen medizinischen Labor zu sequenzieren.

Wie Karl Valentin bemerkte, ist die Zukunft auch nicht mehr das, was sie einmal war. In der Wissenschaft gibt es Perioden gemächlichen und sehr schnellen Fortschritts. Die Zeitschrift „Nature Genetics“ fragte einige Wissenschaftler, wie sie sich die Zukunft mit einem 1000-Dollar-menschlichen-Genom vorstellen. Die Meinungen waren sehr verschieden (www.nature.com/ng/qoty/index.html), aber jeder spürt, dass wir uns in einer Phase der wissenschaftlichen Revolution befinden.

In diesem Sinne wünsche ich uns allen einen „guten Rutsch“.
wissenschaft@handelsblatt.com

Rechnung mit Unbekannten

Das „Jahr der Mathematik“ 2008 soll Schüler für die abstrakte Wissenschaft begeistern

JENS TÖNNESMANN | DÜSSELDORF

Im Gießener Mathematikum, dem „ersten mathematischen Mitmachmuseum der Welt“, gibt es zwei T-Shirts zu kaufen, die eines der ungelösten Rätsel der Mathematik verdeutlichen: „In Mathe war ich immer schlecht“, steht auf dem einen, „Mathe macht glücklich“, auf dem anderen. Wehklagen auf der einen, Glücksgefühle auf der anderen Seite – diese Gleichung geht nicht auf. Jetzt haben Deutschlands Mathematiker womöglich die entscheidende Unbekannte ausgemacht, die Mathe-Glück in Mathe-Leid verwandelt: den Schulunterricht. Im Mathematik-Jahr 2008 wollen sie ihn reformieren.

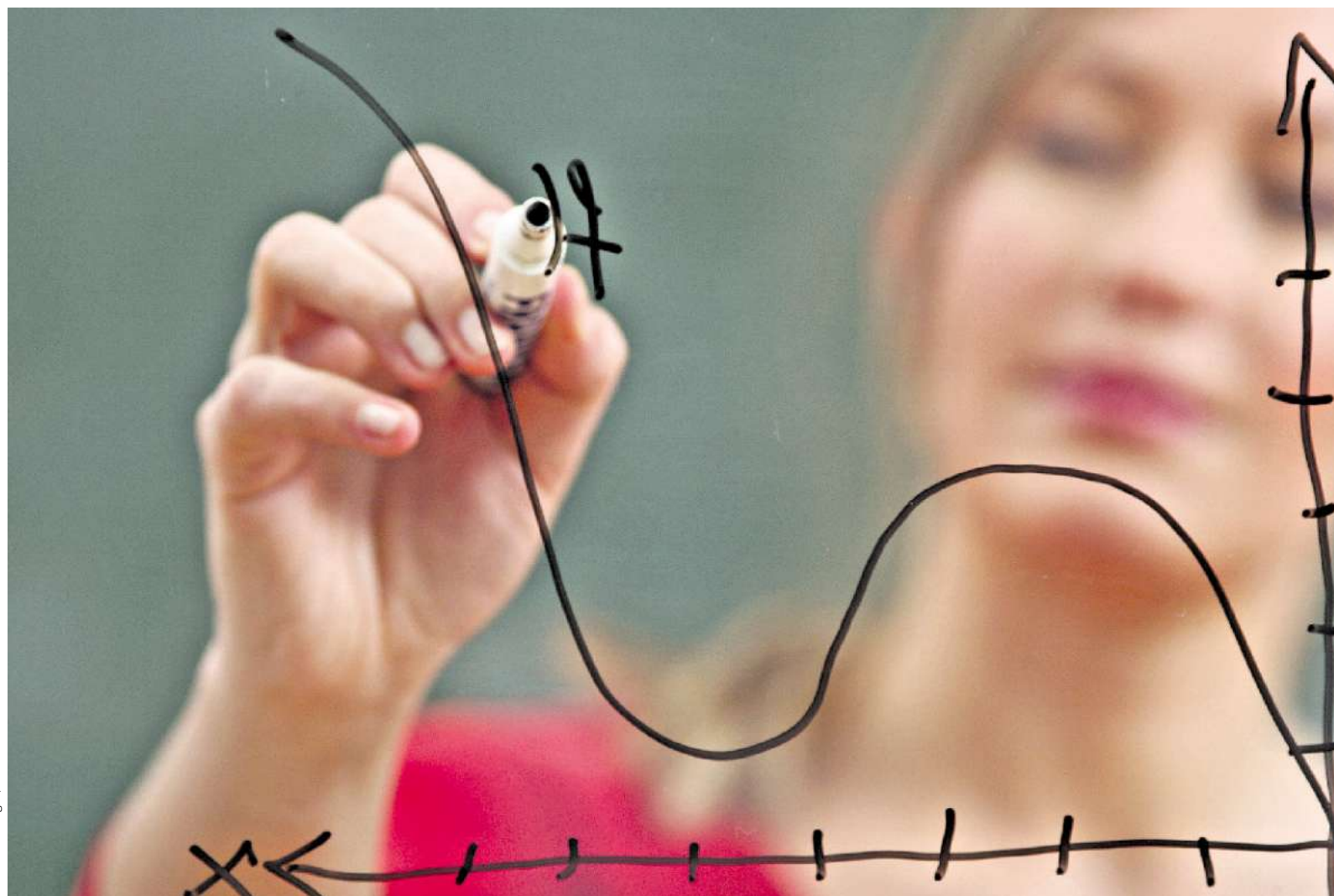
Mathematik gilt als „Angstfach“. Insgesamt haben deutsche Schüler in der aktuellen Pisa-Studie zwar besser abgeschnitten als 2003, in Mathematik aber stagnierten ihre Leistungen. Immer wieder beklagen Unternehmen, dass Schulabgänger die Grundrechenarten nicht beherrschen; Bildungspolitikern bedauern den Mangel an Mathematik-Studenten. Das Fach wird, so scheint es, mit zunehmendem Alter der Schüler unbeliebter. „Irgendwann in der Mittelstufe verlieren wir fast alle Mädchen und viele Jungs“, sagt der Gießener Professor und Direktor des Mathematikums, Albrecht Beutelspacher. Das ist die eine Wahrheit.

Die andere formuliert der Präsident der Deutschen Mathematiker-Vereinigung (DMV), Günter Ziegler: „Mathematik ist ein Leuchtende-Augen-Fach. Mathe-Unterricht kann Spaß machen.“ Ziegler und seine Kollegen wollen im kommenden Jahr den Menschen die Angst vor der Mathematik nehmen. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Initiative Wissenschaft im Dialog haben 2008 zum „Jahr der Mathematik“ erklärt, Ministerium und Telekom-Stiftung stellen dafür rund fünf Mill. Euro bereit.

Die Initiative soll zeigen, wie wichtig Mathematik für Fortschritt und Wohlstand ist: Algorithmen optimieren Bahnfahrpläne und steuern Navigationssysteme in Autos, Hochrechnungen prognostizieren Wahlergebnisse, Simulationsverfahren ermöglichen Klimaprognosen und Crashtests, Kodiervorfahren machen das Internet sicher. Deutschland ist dabei eine der führenden Nationen: Die Wissenschaftler sind renommiert, die Institute gut vernetzt. Während in den letzten Jahren viele geisteswissenschaftliche Professuren eingespart wurden, blieb die Mathematik halbwegs verschont. Im Rahmen der Exzellenzinitiative wurden sogar neue Einrichtungen wie das Bonner Hausdorff Center for Mathematics aus der Taufe gehoben.

Das Wissenschaftsjahr soll vor allem junge Menschen für Mathematik begeistern. Schulen und Hochschulen haben gemeinsame Projekte, Wettbewerbe wie die Mathe-Olympiade sollen gestärkt werden. Die Gesellschaft für Didaktik der Mathematik plant ein Handbuch „mathematischer Momente“, in dem sie Beispiele gelungener Lehre präsentiert.

Einiges soll anders laufen als im Jahr der Geisteswissenschaften 2007, das als wenig nachhaltig kritisiert wird. „Ich will, dass die Aktionen das Jahr überleben und dass 2009 wieder Mathematikjahr ist – ohne dass das Ministerium dafür wieder Geld auf den Tisch legt“, sagt Ziegler.



Glücksfunktion: Mathematische Erkenntnisse tun der Seele wohl. Hier zeichnet eine Schülerin den Graphen einer Funktion auf eine Glasplatte.

Auf Dauer grundlegend ändern soll sich der Schulunterricht. Der Gießener Professor Beutelspacher kritisiert, dass der bisher vor allem als „Disziplinierungsinstrument“ verstandene – dabei sei Mathe eines der wenigen „emanzipatorischen“ Fächer, in denen Schüler selbst die Richtigkeit ihrer Ergebnisse überprüfen könnten. „Ziel muss es sein, selbstständige, mündige und diskussionsfreudige Kinder zu erziehen und nicht Maschinen, die irgendwas ausrechnen“, sagt Beutelspacher. „Das ist ein Paradigmenwechsel, der seine Zeit braucht. Man muss dafür schließlich Generationen von Lehrern ändern.“

Etwa über Fortbildungen, wie sie das Gießener Mathematikum anbietet. Üblicherweise sei der Zugang zu Mathematik im Schulunterricht „sehr theoretisch und formalistisch“, sagt Beutelspacher. In den Fortbildungen versuche man, den Lehrern den umgekehrten Weg aufzuzeigen: „Wir gehen

aus von realen Erfahrungen und überlegen dann, was dahintersteckt“, sagt er. „Dann macht es klick, und man erkennt die richtige Erklärung und Lösung. Dieses Klick ist ein tief in der Seele wohnendes Gefühl, auf dem eine formale Durchdringung viel besser erfolgen kann.“

Im Mathematikum kann man etwa in eine mathematische „Minimalfläche“ in Form einer Seifenblasenhaut schlüpfen, eine selbst tragende „Leonardo-Brücke“ aus Holzlatte konstruieren oder sich in einem Dreiecks-Spiegel tausendfach von allen Seiten betrachten. „Unterricht kann zwar kein Mathematikum kopieren“, sagt Beutelspacher, „aber wenn in jedem Schuljahr in jeder Klasse mal ein Experiment gemacht wird, wird sich das Image der Mathematik hundertprozentig ändern.“

Bei vielen Lehrern stoßen die Ideen auf Zustimmung: Die Kurse im Mathematikum sind ausgebucht und

eine Umfrage der Telekom-Stiftung unter 1700 Mathelehrern belegt, dass diese sich besonders für Fortbildungen interessieren, die das Entdecken, Forschen und Experimentieren thematisieren. Das Problem seien die Rahmenbedingungen der Lehrer, glaubt DMV-Präsident Ziegler. „Ein Lehrer, der den Lehrplan ernst nimmt, hat keine Zeit für Mathestunden, in denen er interessante Dinge mit den Kindern machen kann“, kritisiert er. „Deswegen müssen wir Freiräume schaffen und den Lehrern Material zur Verfügung stellen.“

Auch die Lehrerbildung soll sich ändern. Gegenwärtig gebe es einen Teufelskreis, warnt Beutelspacher, weil nur diejenigen Mathe studierten, die mit dem sehr theoretischen Schulunterricht klarkämen. Im Studium erwarte sie dann „ein sehr syntaktisches, algorithmisches, sinnleeres Operieren mit Mathematik, das sie als Lehrer dann wieder in

die Schulen zurücktragen.“ In einem Pilotprojekt der Telekom-Stiftung wollen Beutelspacher und sein Kollege Rainer Danckwerts aus Siegen vormachen, wie man den Kreislauf knacken könnte. Bisher würden die angehenden Lehrer mit Diplomanden, Master- und Bachelor-Studenten mehr oder weniger „mitgeschleppt“ und fühlten sich oft als „Mathematiker zweiter Klasse“, sagt Beutelspacher. Deswegen wollen er und Danckwerts ihnen individuelle Angebote machen und mehr Gelegenheiten für Praktika und soziales Lernen in Teams einräumen. Vorlesungen, die in den letzten Jahren immer abstrakter geworden seien, sollen sich wieder mit konkreten Fragestellungen beschäftigen.

Ob die Rechnung aufgeht und Mathe unter dem Strich wirklich irgendwann zum Lieblingsfach an Schulen wird? 2008 stehen die Vorzeichen dafür besser denn je.

DREI FRAGEN AN: ANNETTE SCHAVAN

„Mathematische Kenntnisse sind unverzichtbar“

Mathe gilt als Angstfach vieler Schüler, Unternehmen klagen über geringe mathematische Kenntnisse, und die Zahl der Studienanfänger geht zurück. Was muss sich ändern?

Die Schulen können Mathematik im Unterricht begreifbar machen und dadurch das Interesse und die Faszination von Kindern und Jugendlichen für die Mathematik stärken. Das funktioniert über eindrückliche Experimente im Unterricht ebenso

wie über fachdidaktisch gelungenes Vermitteln von Basiswissen. Die Deutsche Telekom-Stiftung, neben Wissenschaft im Dialog und der Deutschen Mathematiker-Vereinigung einer der starken Partner im Jahr der Mathematik, engagiert sich besonders im Bereich der Fortbildung von Mathematik-Lehrern. Hier gibt es gute zusätzliche Ansätze, um die Brücke zwischen der Hochschulmathematik, die angehende Lehrer selbst lernen, und der Schulmathematik, die diese Lehrer dann später unterrichten sollen, zu schlagen. Pisa hat gezeigt, dass selbst hochkompetente Schüler im Bereich der Naturwissenschaften in Deutschland ein vergleichbar geringes Interesse dafür aufbringen – genau hier müssen wir ansetzen.

ANNETTE SCHAVAN
Bundesministerin für Bildung und Forschung



Wie wichtig ist dieses Ziel vor dem Hintergrund des viel beklagten Fachkräftemangels?

Gute mathematische Kenntnisse sind unverzichtbar für eine ganze Reihe von Berufen und Studiengängen. Deshalb wollen wir im Jahr der Mathematik vor allem junge Menschen dazu motivieren, einen neuen Zugang zur Mathematik zu finden. Eingerahmt werden die verschiedenen Aktivitäten und Veranstaltungen von einer Reihe längerfristiger Maß-

nahmen: Beispielsweise stärken wir eine Reihe von mathematischen Schüler- und Jugendwettbewerben.

Was muss im Jahr der Mathematik passieren, damit es ein Erfolg wird?

Wir wollen in zahlreichen Veranstaltungen und Projekten zeigen: Mathematik ist spannend. Mathematik ist vielfältig. Mathematik soll im Bewusstsein als wesentliches Element der Allgemeinbildung verankert sein. Man muss kein Genie sein, um die eigene Freude an der Mathematik zu entdecken. Wir wollen außerdem viele Menschen dafür gewinnen, sich als „Mathemacher“ im Jahr der Mathematik zu engagieren.

Die Fragen stellte Jens Tönnemann.

UNSERE THEMEN

- MO ÖKONOMIE
- DI ESSAY
- MI GEISTESWISSENSCHAFTEN
- DO NATURWISSENSCHAFTEN**
- FR LITERATUR

Krankheiten besser verstehen

DÜSSELDORF. „Freie Radikale“ sind keine linksextremistische Terrorgruppe, aber auch sie sorgen durchaus für Unheil. Diese Moleküle lösen in Zellen „oxidativen Stress“ aus, der viele Prozesse im Organismus schädigt. Wissenschaftler des Berliner Max-Planck-Instituts für molekulare Genetik haben jetzt gemeinsam mit Kollegen aus Amsterdam, Bochum und Salzburg einen molekularen Schalter nachgewiesen, der eine Schutzreaktion steuert. In Zukunft könnten diese Beobachtungen zu einem besseren Verständnis menschlicher Krankheiten und des Alterungsprozesses führen, schreiben sie in der aktuellen Ausgabe des „Journal of Biology“.

Freie Radikale sind Moleküle oder Atome, die ein „ungepaartes“ Elektron besitzen und daher extrem leicht mit anderen Molekülen in Zellen reagieren. In biologischem Gewebe lösen sie so gefährliche Kettenreaktionen aus. Dabei verbindet sich ein freies Radikal mit einem Teil eines körpereigenen Proteins, Lipids oder Zuckers und schädigt dadurch dieses Molekül. In manchen Fällen wird dieses wieder als Radikal freigesetzt und kann eine anhaltende Reaktion verursachen, die sich unter Umständen weiter fortsetzt. Dadurch werden für den Körper wichtige Prozesse gestört, und es kann zur Schädigung der Erbsubstanz DNA kommen.

Jede Zelle besitzt einen Vorrat von sogenannten Redox-Kofaktoren, welcher von den zelleigenen Abwehrmechanismen benötigt wird, um freie Radikale zu neutralisieren. Diese Kofaktoren werden allerdings unter schädigenden Bedingungen schnell verbraucht, was zu einem Ungleichgewicht in der Zelle führt. Der von den Wissenschaftlern nachgewiesene Schutzmechanismus wirkt genau diesem Prozess entgegen. Einmal aktiviert, verändert er den Zuckerstoffwechsel dahingehend, dass der Vorrat an Redox-Kofaktoren wieder hergestellt wird.

Unter bestimmten Umständen verbrauchen auch menschliche Zellen in kurzer Zeit viele dieser Redox-Kofaktoren. Das passiert zum Beispiel, wenn sie in Kontakt mit Substanzen kommen, die große Mengen freier Radikale erzeugen, etwa Pestizide oder Bleichmittel. Die Zelle leidet dann unter „oxidativem Stress“. Weitere freie Radikale werden nicht mehr abgefangen und schädigen das Gewebe.

Eine Schlüsselrolle spielt der oxidative Stress beim Alterungsprozess. Durch freie Radikale erzeugte Zellschäden akkumulieren sich im Alter. Aber auch an vielen Krankheiten wie Malaria, Down-Syndrom, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Alzheimer, Parkinson und Krebs ist oxidativer Stress beteiligt. *fk*

Handelsblatt Abonnement

4 Wochen Handelsblatt lesen, über 33% sparen ...

Als Dankeschön für Ihre Bestellung erhalten Sie die Bergmann-Uhr Modell „1920“ gratis dazu.

Handelsblatt DIE WIRTSCHAFTS- UND FINANZZEITUNG

Ihre Top-Vorteile auf einen Blick:

- ▶ **Substanz entscheidet.** Profitieren Sie von den umfassenden und zuverlässigen Berichten unserer 200 Redakteure und Korrespondenten.
- ▶ **Sparen Sie über 33%** und sichern Sie sich die exklusive **Bergmann-Uhr Modell „1920“** als Dankeschön. Sie zahlen nur 24,80 € statt 37,50 €.
- ▶ **Verlagsgarantie:** Ihre Lieferung endet automatisch.
- ▶ **Für Sie kostenlos: Wirtschaftspresse.biz** mit den digitalen Archiven von Handelsblatt und WirtschaftsWoche sowie zahlreichen weiteren Online-Services.
- ▶ **Ein weiterer Vorteil:** Ihr Handelsblatt können Sie in der Regel steuerlich absetzen.

Gleich bestellen unter: www.handelsblatt.com/probeabo oder direkt per Telefon **0 180 5.99 00 10**

0,14 €/Min. aus dem dt. Festnetz (ggf. abweichende Preise aus Mobilfunknetzen)