

# P.M.

WELT DES WISSENS

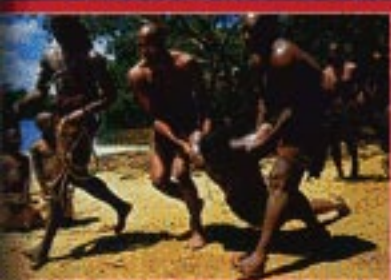


## UNSERE ERDE

Sie ist der feste Boden unter unseren Füßen. Wirklich? P.M. zeigt den Wandel der Erde – von ihren Anfängen bis heute. Und wohin die Reise geht



NOVEMBER 2005 Deutschland 3,00 €



**Sklaverei** Schwarze verdienten dabei kräftig mit. Die andere Geschichte des Sklavenhandels

**Bakterien** Hoch begabt, fleißig und überaus hilfreich. Eine Ehrenrettung!



**Highspeed-Laser** Sie ermöglichen den Blick ins Atom – und liefern verblüffende Erkenntnisse

# Wie entstehen unsere Gedanken und Gefühle?

Die Entschlüsselung des Bewusstseins:  
Noch nie waren die Hirnforscher ihr so nah



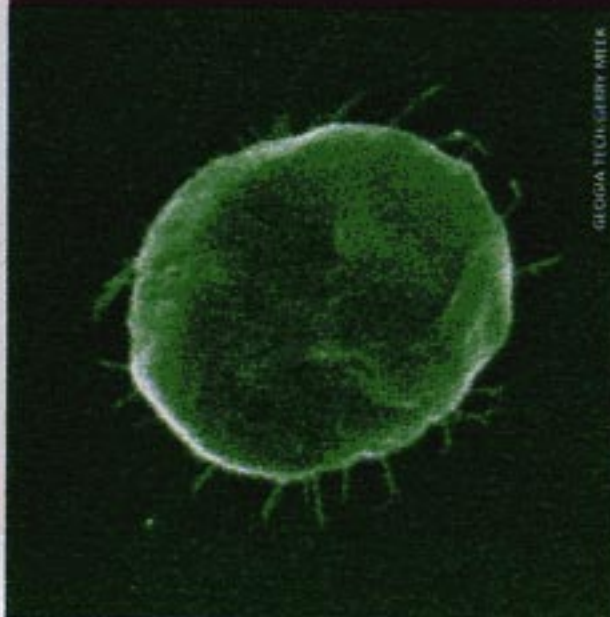
## 70 Die schwarzen Sklavenhändler

Die Sklaverei gilt als eines der großen Verbrechen des weißen Mannes. Aber das ist nur die halbe Wahrheit: Die Weißen hatten viele schwarze Helfer, die am Menschenhandel kräftig mitverdienten. Die etwas andere Geschichte der Sklaverei

K. GRIFFITHS/SHUTTER

## 36 Ein Dankeschön den Bakterien!

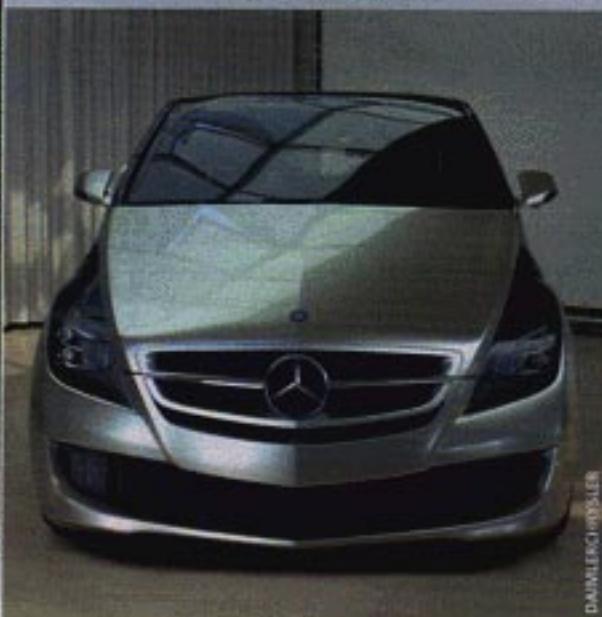
Sie säubern verschmutzte Seen, produzieren Insulin und kompostierbares Plastik – und, und, und. Die Winzlinge haben Fähigkeiten, die sie zu den größten Helfern der Menschheit machen könnten. Es wird Zeit für eine Ehrenrettung!



GREGG TUCKER/SHUTTER

## 62 Visionen auf vier Rädern

Ein internationales Team von Designern und Ingenieuren hat seine besten Ideen in den Mercedes F 600 gesteckt: ein visionäres Stadtauto für Otto Normalfahrer. Vergessen Sie den Benzinpreis – dieser Wagen fährt mit Strom

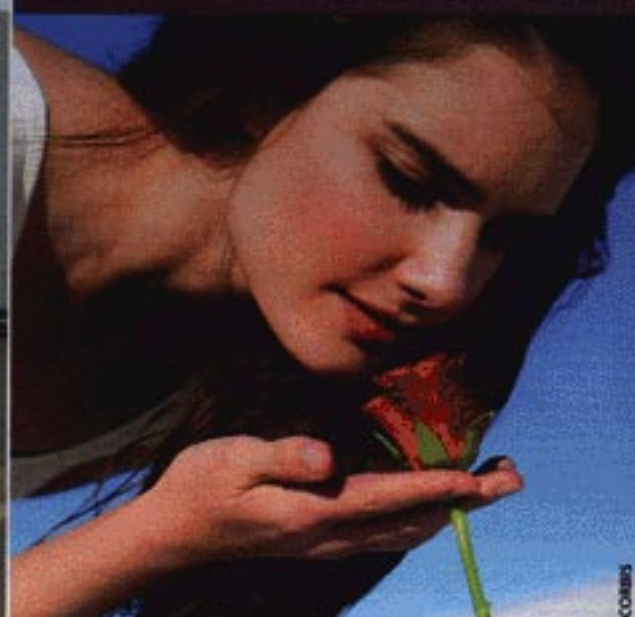


DAIMLER/SHUTTER

## Titel-Geschichte

## 10 Wie entstehen Gedanken und Gefühle?

Unser Bewusstsein – ein Buch mit sieben Siegeln. Bisher. Jetzt wollen Neurowissenschaftler den grauen Zellen mit völlig neuen Methoden auf die Schliche kommen. Noch nie waren wir der Enträtselung des Bewusstseins so nah wie heute!



COMBIS





## 51 Unsere Erde – die geliehene Heimat

Wir glauben, dass wir auf unserem Planeten festen Boden unter den Füßen haben. Ist es wirklich so? Die P.M.-Bildgeschichte zeigt, wie radikal sich die Erde gewandelt hat – und in Zukunft wandeln wird



## 94 Was wollen die neuen Hexen?

Im Märchen waren Hexen bucklige alte Weiber – heute sind sie schön, schick und jung. Die Szene boomt – im Internet, im Film und im Alltag: ein Phänomen, das viele Fragen aufwirft (Foto: Szene aus »Bibi Blocksberg«)



## TITEL-THEMA

### 10 NEUROWISSENSCHAFT

Wie entstehen unsere Gedanken und Gefühle?

### 36 MIKROBIOLOGIE

Bakterien sind wundervoll!

### 46 NEUE SERIE: GESELLSCHAFT IM WANDEL

Teil 1: Wie klug können wir noch werden?

### 51 GEOLOGIE & BIOLOGIE

Unsere Erde: Wo kommt sie her – wo geht sie hin?

### 62 AUTOMOBIL

Mercedes lüftet das Geheimnis um sein Auto der Zukunft

### 70 GESCHICHTE

Es gab sie wirklich: Schwarze Sklavenhalter

### 80 EXTREME TECHNIK

Jetzt möglich: Der Blick ins Atom

### 88 INNOVATIONSOFFENSIVE

## P.M. INNOVATIONS OFFENSIVE

Wir präsentieren die Kandidaten für den W.I.N. Award  
Wo bitte geht es zu neuen Ideen?

### 94 GESELLSCHAFT

Die neuen Hexen

## RUBRIKEN

- 18 Logik-Trainer
- 20 Wissenschaft aktuell
- 44 Fragen & Antworten
- 68 Bücher
- 69 Rätsel
- 77 Sternstunden der Wissenschaft
- 78 Impressum & Leserbrief
- 79 P.M.-Service & Auflösung
- 100 Zitate
- 106 Vorschau



Die 7 Rätsel des Bewusstseins

# *Wie entstehen unsere Gedanken*

**P**hilosophen haben sich 2000 Jahre lang Gedanken über das Problem des Bewusstseins gemacht. Aber das hat uns nicht viel weiter gebracht«, konstatiert Christof Koch, einer der weltweit renommiertesten Bewusstseinsforscher. Deshalb gehen er und viele andere Neurowissenschaftler einen anderen Weg: Diese noch junge Forschungsdisziplin will das Bewusstsein jetzt mit rein naturwissenschaftlichen Methoden erklären. Ein Weg, der weit und mühsam sein wird – und voller Steine. Denn bevor die Wissenschaftler die Tür zur Erkenntnis öffnen können, müssen sie mindestens sieben Rätsel lösen.

**Rätsel Nr. 1 WAS IST DAS EIGENTLICH: BEWUSSTSEIN?** Jeder kennt Schmerz, Lust, Wärme, Farben, den Geschmack von Süßem, den Duft von Rosen. Kurzum: Jeder glaubt zu wissen, was Bewusstsein ist – weil jeder eines hat. Das Problem dabei: Bringt nur das Gehirn diese Empfindungen, dieses Bewusstsein hervor? Ist die Aktivität von Nervenzellen identisch mit dem Gefühl selbst? Oder entsteht die Empfindung unabhängig von der Nervenaktivität? Ist Bewusstsein also etwas Übergeordnetes, Geistiges – letztlich Unerklärliches?

Christof Koch, Professor für Informationsverarbeitung und neuronale Systeme am California Institute of Technology (Cal-





*Generationen von Forschern und Philosophen  
haben sich am Rätsel Bewusstsein die Zähne  
ausgebissen: Ist es ein Produkt des Gehirns?  
Oder bleibt es als »reiner Geist« letztlich  
unerklärbar? Und wo im Gehirn sitzt es?  
Die neue Disziplin der Neurowissenschaft  
hat jetzt verblüffende Instrumente entwickelt,  
um diese und viele andere Fragen zu  
beantworten: Noch nie waren wir einer  
Lösung der Rätsel näher als heute!*

VON MANON BAUKHAGE

# *und Gefühle?*

tech), bringt das Paradigma der Neurowissenschaft auf den Punkt. In seinem Buch »Bewusstsein – ein neurobiologisches Rätsel« stellt er klipp und klar fest: »Bewusstsein erwächst aus den neuronalen Merkmalen des Gehirns.« Seit einigen Jahren verfügen die Hirnforscher über Instrumente, um unter der Schädeldecke die rätselhafte »Heimat unseres Ich« zu erkunden und Indizien für ihre These zu sammeln.

Doch der Anspruch der Hirnforschung, eines Tages das Bewusstsein physikalisch-mathematisch erklären zu können, ist umstritten. David Chalmers, Philosoph an der University of Tucson, US-Bundesstaat Arizona, hält ihn sogar für »reine Magie«.

Dass unser Gehirn Bewusstsein produzieren soll, sei wie die Verwandlung von Wasser in Wein. Denn Bewusstsein basiere zwar auf dem materiellen Gehirn, lasse sich aber nicht darauf reduzieren. Wie der Einzelne die Qualität rot oder grün, eckig, spitz oder scharf empfinde, bleibe der Analyse der Gehirnforscher prinzipiell verborgen. Die Empfindung sei nur dem Empfindenden selbst zugänglich. In dieser Sicht erscheinen Bewusstseinszustände als rein geistige Phänomene, die wir letztlich nicht erklären können. »Genau das glaubt sicher auch heute noch die Mehrheit der Menschen auf diesem Planeten«, vermutet Koch. »Sie meinen, dass Bewusstsein etwas ist, was die Wissenschaft nicht erfassen kann.«



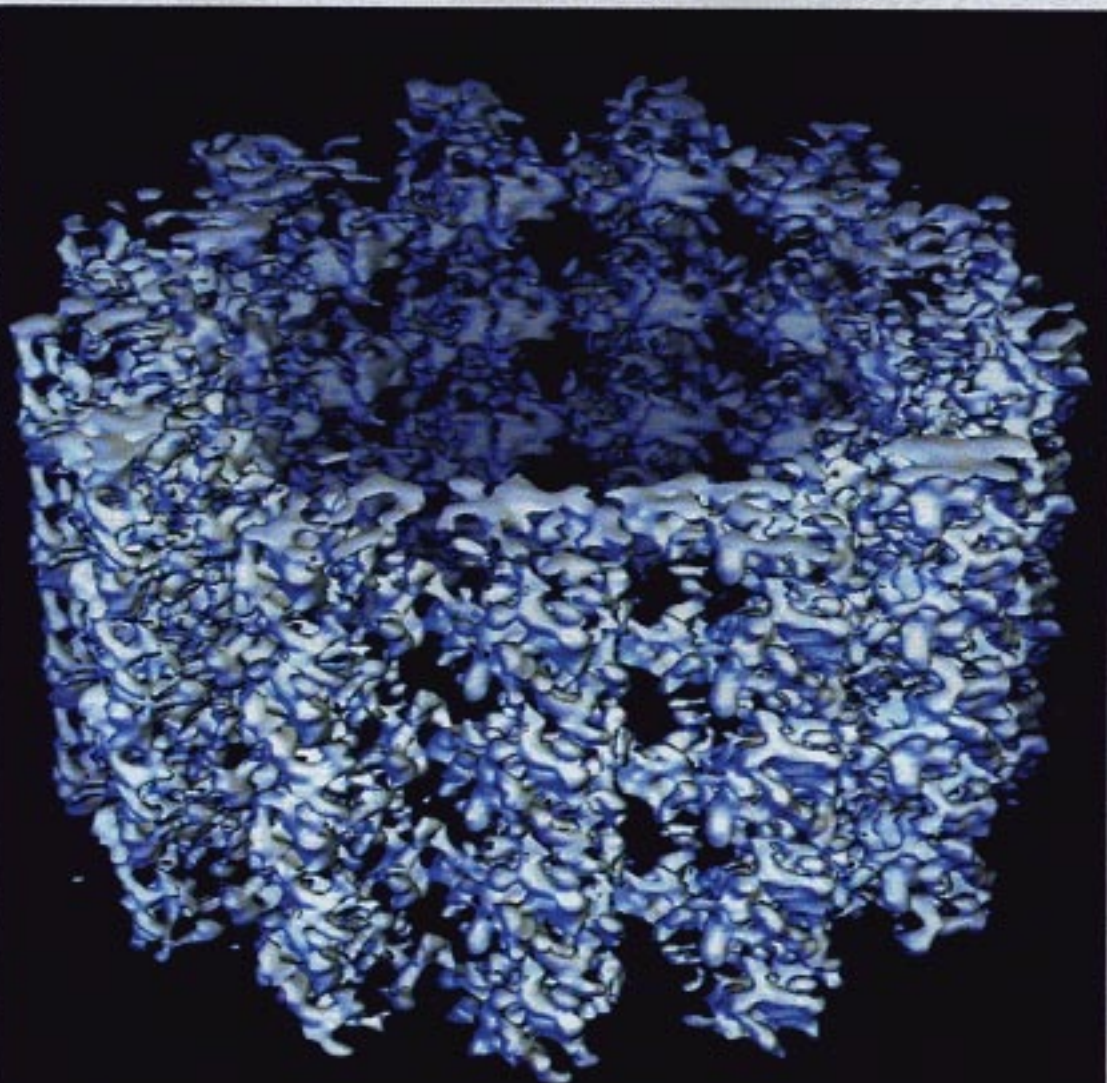
**Rätsel Nr. 2 REICHEN DIE BEKANNTEN NATURGESETZE AUS, UM BEWUSSTSEIN ZU ERKLÄREN?** Die zentrale Frage der Hirnforscher lautet: Wie wird aus »Wasser« (den Neuronen-Blitzen und der Gehirn-Chemie) »Wein« – also Bewusstsein? Alle Neurowissenschaftler sind sich im Klaren: Es wird wohl Jahrzehnte dauern, bis sie dieses Rätsel lösen können. Doch zugleich sind sie davon überzeugt, dass alle Vorgänge im Gehirn auf den bekannten Naturgesetzen beruhen, die mit den bekannten mathematischen Gesetzen entschlüsselt werden können. »Ich glaube nicht, dass wir eine neue Mathematik brauchen«, sagt der Berliner Neurobiologe Professor Andreas Herz.

Der anerkannte Mathematiker Roger Penrose von der Oxford University dagegen glaubt, dass nur die immer noch rätselhafte Quantenphysik in der Lage ist, menschliches Bewusstsein zu erklären. Denn verantwortlich dafür, dass der Geist aus dem Gehirn hervorgehe, seien Quantenprozesse in den so genannten Mikrotubuli: drei bis vier millionstel Millimeter dünne Röhren aus Eiweißmolekülen, die jede Nervenzelle im Körper durchziehen. Allerdings konnte Penrose bisher keinen biophysikalischen Mechanismus nachweisen, der seine These stützt.

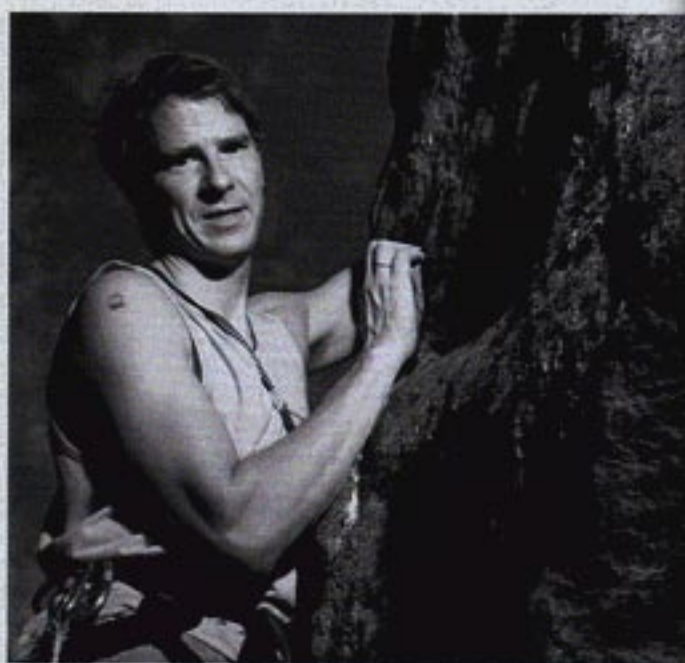
**Rätsel Nr. 3 SPIEGELT SICH IN GEHIRN-SCANS DAS BEWUSSTSEIN WIDER?** Funktionelle Magnetresonanztomogra-

fie (fMRT) und Elektro-Enzephalografie (EEG) haben einen detaillierten Blick in die oberste Organisationsebene des Gehirns eröffnet, vor allem in die Großhirnrinde (Neokortex) – so das Resümee von elf führenden deutschen Hirnforschern in ihrem 2004 veröffentlichten »Manifest« über den Stand der Gehirnforschung. Dank der neuen bildgebenden Verfahren wissen die Forscher heute, welche Areale des Neokortex für welche Leistungen zuständig sind – z. B. für das Verstehen von Sprache oder das Analysieren von Bildern. Und sie wissen auch, dass Fähigkeiten wie Sprechen, Denken oder Ich-Bewusstsein nicht bestimmten Hirnregionen allein zugeordnet werden können: All diese Leistungen werden in zum Teil weit auseinander liegenden Regionen erbracht – von sich ständig verändernden Netzwerken aus Milliarden Nervenzellen mit jeweils Tausenden von Kontaktstellen (Synapsen). Bewusstsein ist also das Ergebnis einer gewaltigen Gemeinschaftsarbeit. Das Gehirn hat für höhere Fähigkeiten keine Zentrale.

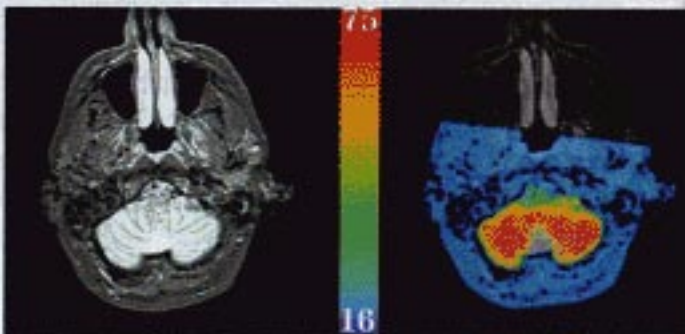
Die Vorgänge auf der untersten Ebene einzelner Zellen und Moleküle werden den Forschern ebenfalls immer deutlicher – auch wenn längst noch nicht alles entschlüsselt ist. So entdeckten sie, wie neuronale Signale weitergeleitet werden: Winzige Öffnungen in der Zellwand, die »Ionenkanäle«, lassen Ionen passieren oder nicht – und beeinflussen damit die elekt-



**»QUANTEN-BEWUSSTSEIN«** Der britische Mathematiker Roger Penrose glaubt, dass Mikrotubuli die Frage nach der Herkunft des Bewusstseins beantworten. Diese Röhren aus Eiweißmolekülen (oben: Computersimulation), die alle Neuronen durchziehen, sind nur millionstel Millimeter dünn. In ihnen soll aus Materie Geist entstehen – wie, das könne ausschließlich die Quantenphysik erklären



**»NEURONEN-BEWUSSTSEIN«** Prof. Dr. Christof Koch (o.) glaubt, dass unser Geist aus der Aktivität von Neuronen entsteht. Der Neurowissenschaftler forscht mit modernsten bildgebenden Verfahren, die bereits einiges zum Verständnis der Hirntätigkeit beigetragen haben. Auf seiner Homepage gewährt er Einblicke in sein eigenes Gehirn. Unten links: ein Magnetresonanztomografie-Schnittbild. Daneben ein SPECT-Bild: Es misst die Blutströme (rot = stark; blau = schwach)





rischen Impulse, die von einem Neuron zum anderen fließen.

Doch die »Welt« zwischen oberster und unterster Organisationsebene, wo es um das Zusammenwirken von Tausenden oder

## Millionen von Nervenzellen arbeiten zusammen: Wie ein **Künstler** formen sie im Gehirn ein Modell, das wir als »rote Rose« erleben

Millionen von Zellen geht, wo das Gehirn quasi seine eigentliche Arbeit verrichtet – diese Welt ist immer noch vollkommen geheimnisvoll. Die hier stattfindenden »Kommunikationsprozesse« größerer Neuronenverbände sind zwar die Grundlage der Prozesse auf der obersten Ebene, die wir als »bunte Gehirnbilder« scannen – aber ein Spiegel, der das Bewusstsein 1:1 abbildet, sind



**WAHRNEHMUNG**  
Riechen, Sehen und Fühlen produzieren elektrische Ströme und erhöhen den Blutdurchfluss im Gehirn: Neurowissenschaftler können diese Vorgänge so genau »abbilden« wie nie zuvor

die Scans nicht. Fast demütig bekennen die Gehirnforscher in ihrem Manifest: »Nach welchen Regeln das Gehirn arbeitet; wie es die Welt so abbildet, dass unmittelbare Wahrnehmung und frühere Erfahrung miteinander verschmelzen; wie das innere Tun als »seine Tätigkeit« erlebt wird und wie es zukünftige Aktionen plant – all dies verstehen wir nach wie vor nicht einmal in Ansätzen. In dieser Hinsicht befinden wir uns gewissermaßen noch auf dem Stand von Jägern und Sammlern.«

Um in diese geheimnisvolle Zwischenwelt des Gehirns einzudringen, wollen die Gehirnforscher in den nächsten Jahren genauer untersuchen, wie das Zusammenspiel Tausender Nervenzellen funktioniert. Erst wenn das gelingt, werden die großen Fragen nach dem Ich, dem Bewusstsein und dem Willen zu beantwortet sein.

**RÄTSEL NR. 4 WIE FORMEN »FEUERNDE« NEURONEN EINE »ROTE ROSE«?** Wenn wir eine Rose als »rot« empfinden, liegt der Grund keineswegs darin, dass die von den Augen ausgehenden elektrischen Impulse an einer bestimmten Stelle des Gehirns das Erlebnis »rote Rose« produzieren. Vielmehr werden die ankommenden Daten zuvor im Gehirn »verrechnet«: Erst das Resultat dieser Berechnungen wird schließlich vom Menschen als rote Rose erlebt. Dazu wird alles aktiviert, was wir mit »rot« und mit »Rose« verbinden – jede längst vergessene Erinnerung an das erste Rendezvous, den Rosenstrauß am Hochzeitstag usw. Aus den »elektrischen Mustern« dieses Neuronenfeuers entsteht im Gehirn das »Modell« einer roten Rose. Doch wie schafft es das Gehirn, Millionen von Nervenzellen in einer solchen abgestimmten Weise »feuern« zu lassen? Wie kommt es, dass das Gehirn gewissermaßen wie ein Künstler agiert und ein (Neuronen-)Objekt formt, das wir dann als »rote Rose« erleben?



»Dieser Umwandlung liegen mathematische Regeln zugrunde, nach denen das Gehirn immer komplexere Muster bildet, bis hin zu Gedanken und Bewusstsein«, sagt der Neurobiologe Henry Markram, Direktor des Brain Mind Institute der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL). »Diesen Regeln müssen wir auf die Spur kommen, um daraus Gleichungen ableiten zu können, die den Code zur Entschlüsselung des Gehirns bilden. Die Suche nach diesem Code ist für uns die Suche nach dem Heiligen Gral der Gehirnforschung.« Den Neuronen-Code zu knacken, haben sich die EPFL und IBM im »Blue Brain Project« (s. Kasten) zur Aufgabe gemacht. Ziel: Mithilfe eines Supercomputers soll erstmals der aus Sicht der Forscher zentrale Baustein des Gehirns simuliert werden: die »neokortikale Säule«, eine bestimmte Formation von Neuronen im Neokortex.

Was hat es damit auf sich? Dass der Großhirnrinde eine zentrale Rolle bei der Entschlüsselung aller höheren mentalen Phänomene zukommt, ist unter Gehirnforschern schon lange unum-

stritten. Vor fünf Millionen Jahren hat sich bei Säugetieren ein großer »Neokortex-Sprung« vollzogen: Die Großhirnrinde, die eine sechslagige Struktur hat, wurde immer größer. Beim Menschen macht sie heute über 80 Prozent des Gehirnvolumens aus. In Relation zur Körpergröße haben wir von allen Lebewesen den größten Neokortex. Er stellt die äußere Schicht des Großhirns dar und umhüllt die anderen Teile des Gehirns wie ein Mantel. Man könne sich den Neokortex als »zwei drei Millimeter dünne Pfannkuchen von jeweils etwa 35 Zentimeter Durchmesser vorstellen, die zusammengeknüllt in den Schädel gestopft wurden«, sagt Christof Koch.

Eine der wichtigsten Entdeckungen bei der Untersuchung der Großhirnrinde gelang vor etwa 30 Jahren dem kanadischen Neurobiologen David Hubel und seinem schwedischen Kollegen Torsten Wiesel. Sie erhielten 1981 den Nobelpreis für den Nachweis, dass die Neuronen der Großhirnrinde in »neocortical columns« (neokortikale Säulen) angeordnet sind.

## »BLUE BRAIN PROJECT«: DIE AUFREGENDE SUCHE NACH DER HEIMAT DES »ICH«



**HENRY MARKRAM**  
Der Leiter des »Blue Brain Project« arbeitet mit mehreren der weltweit schnellsten Computer

Der Neurobiologe Henry Markram, Direktor der École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), geht davon aus, dass die **neokortikalen Säulen** die zentralen Bausteine der Großhirnrinde (Neokortex) sind: winzige, baumartig verzweigte Einheiten aus jeweils 10 000 Neuronen, die durch 50 Millionen Synapsen miteinander verbunden sind. Die Kommunikation zwischen den Nervenzellen der Säulen funktioniert laut Markram nach festen mathematischen Codes – egal,

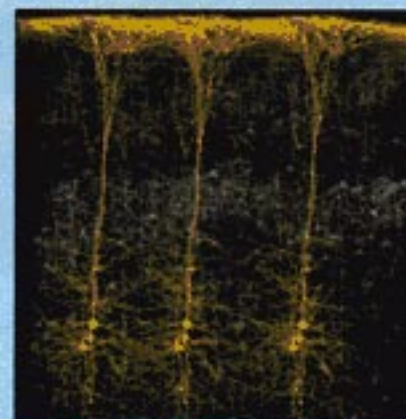
ob es um Sehen, Hören, Sprechen oder Denken geht. Der Forscher glaubt deshalb, dass die Entschlüsselung dieser Codes auf die Spur zur »Quelle des Bewusstseins« führt. Um die Codes zu knacken, arbeitet die EPFL mit IBM im »Blue Brain Project« zusammen: An Supercomputern soll die Arbeit der neokortikalen Säulen simuliert werden. Markram: »Wir wollen jene elektrischen Codes, die unser Gehirn verwendet, um die Welt abzubilden, in Echtzeit sichtbar machen.«

Die Basis der **Simulation** sind Daten, die die Forscher in Lausanne seit über zehn Jahren aus den Gehirnen von zwei Monate alten Ratten gewonnen haben. Dazu wurde Tausenden von Versuchstieren ein winziger Teil des Neokortex herausgeschnitten und in eine Lösung gelegt, die das Zellgewebe zwölf Stunden lang am Leben hält. Dann wurden einzelne Neuronen isoliert und mithilfe von Infrarotstrahlen unter dem Mikroskop sichtbar gemacht: Dank eines injizierten Färbemittels konnten die Forscher verfolgen, auf welche Wei-

se die Neuronen miteinander kommunizieren. Das so gewonnene Datenmaterial ist **weltweit einmalig** – es soll jetzt per Computer zu einer virtuellen neokortikalen Rattensäule hochgerechnet werden. Nach welchen Codes die Neuronen darin kommunizieren, will man in zwei Jahren entschlüsselt haben.

Im nächsten Schritt dient das Modell der neokortikalen Säule als Schablone, die im Computer millionenfach vervielfältigt wird: So lässt sich eine ganze Gehirnoberfläche simulieren und ihre **Neuronen-Kommunikation beobachten**. Die Forscher gehen davon aus, dass diese Schablone später einmal auch mit Daten aus dem Gehirngewebe von Katzen und sogar Menschen »gefüttert« werden kann. Auf diesem Weg hofft Markram, der »Formel der Neuronen-Kommunikation« im Hirn des Homo sapiens immer näher zu kommen – bis er den Schlüssel zum Bewusstsein gefunden hat. Ein gigantisches Vorhaben, »denn wir müssen die Evolution am Computer sozusagen noch ein-

mal aufrollen, um zu verstehen, wann und wie sich der Code der kortikalen Säulen von Ratten über Katzen und Affen bis zum Menschen geändert hat«. Um den Neuronen-Code richtig »lesen« zu können, seien die gegenwärtigen Konzepte der Neurowissenschaft aber noch nicht ausreichend. »Dazu bedarf es einer **Synthese-Neurowissenschaft**«, sagt Markram: »Wir haben das Gehirn in tausend Einzelteilen analysiert, um die Puzzlesteine zusammenzusetzen, müssen so viele Disziplinen wie möglich zusammenarbeiten.«

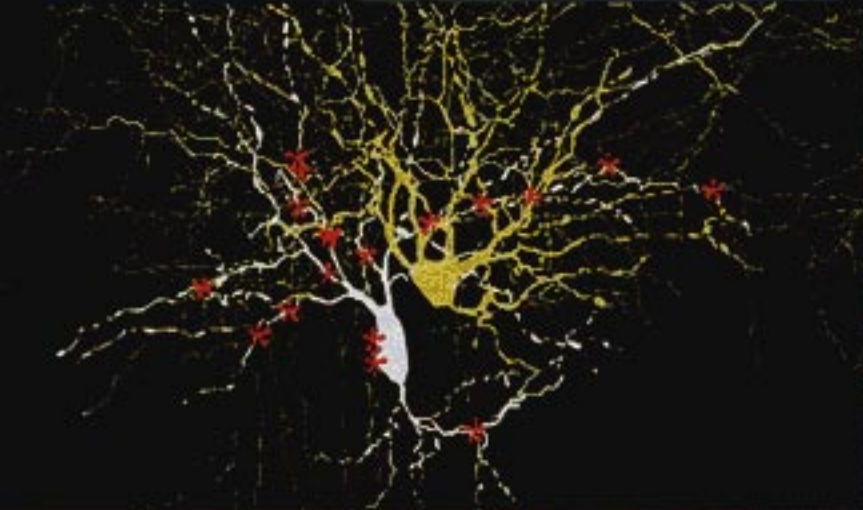


**»NEOKORTIKALE SÄULEN«**  
Diese Formationen von Neuronen kommunizieren nach einem mathematischen Muster. Sind sie die Säulen unseres Bewusstseins?





**GEHIRN-SIMULATION**  
Mit diesem IBM-Supercomputer will das »Blue Brain Project« erstmals die Arbeit von Tausenden neokortikalen Säulen simulieren – in Echtzeit! Dann »denkt« das Elektronengehirn genauso wie ein entsprechendes Areal eines echten Gehirns. 2008 sollen erste Ergebnisse vorliegen



**GEHIRN-ARCHITEKTUR**  
Die meisten Nervenzellen sind so genannte Pyramiden-Neuronen (r.). Jede kommuniziert über verästelte Fortsätze mit Zehntausenden anderen Neuronen, sodass sich Netze bilden (l.). Weil die »Gesprächspartner« in weit entfernten Gehirnregionen liegen können, ergibt sich eine astronomische Komplexität. Diese zu simulieren ist nur durch jahrelange Rechenarbeit von Supercomputern möglich



IBM, EPFL LAUSANNE (2)

Etwa 2,5 Millionen solcher baumartig verzweigten Säulen finden sich im menschlichen Neokortex, und jede hat einen Radius von einem halben Millimeter und eine Länge von etwa zwei Millimetern. In einer einzigen »drängen sich, in sechs Schichten angeordnet, etwa 10 000 Nervenzellen«, erklärt der Gehirnforscher Wolf Singer. »Und jede dieser Nervenzellen kommuniziert mit durchschnittlich 20 000 anderen.« Verblüffender noch: »Die Gesprächspartner können dabei in unmittelbar benachbarten Säulen, aber auch in weit entfernten Hirnstrukturen liegen.« Dies ergebe eine »astronomisch anmutende Komplexität, die der des Universums nicht nachsteht«.

Die Hoffnung der Forscher, diesen Datenwust entschlüsseln und simulieren zu können, beruht auf zwei Entdeckungen. Erstens: Die Neuronen folgen bei ihrer Verschaltung innerhalb der Säulen festen Regeln (die im Detail aber noch unbekannt sind). Zweitens: Diese Regeln sind für alle Säulen gleich – egal, ob es um Sehen, Hören, Sprechen oder Denken geht. Markram glaubt deshalb, über das Verständnis der neokortikalen Säulen zur »Quelle des Bewusstseins« zu gelangen. Die Entschlüsselung des Neuronen-Netzwerks der neokortikalen Säulen sei in ihrer Bedeutung vergleichbar mit der Landung des Menschen auf dem Mond und der Entzifferung des Erbguts. Denn wenn die aufwändigen

Simulationen auf dem IBM-Computer zeigen, wie die Großhirnrinde jene elektrischen Muster bildet, die wir z. B. als rote Rose wahrnehmen – dann wäre laut Markram bewiesen, »dass Nervenzellen so etwas Geistiges wie Bedeutung zuweisen können«.

*Ob Sehen, Hören, Sprechen, Denken:  
Neuronen arbeiten stets nach denselben  
Regeln. Steckt dahinter ein universeller  
**Code** unseres Bewusstseins?*

Andere Neurowissenschaftler halten das Simulationsprojekt von Markram allerdings nicht für den Königsweg zur Entschlüsselung des Bewusstseins. Man werde nur dann einen entscheidenden Schritt vorankommen, wenn in Experimenten gezielt in das Gehirn eingegriffen werde. Bewusstseinsforscher Koch: »Man muss im Gehirn mit feinsten Elektroden Signale kleiner

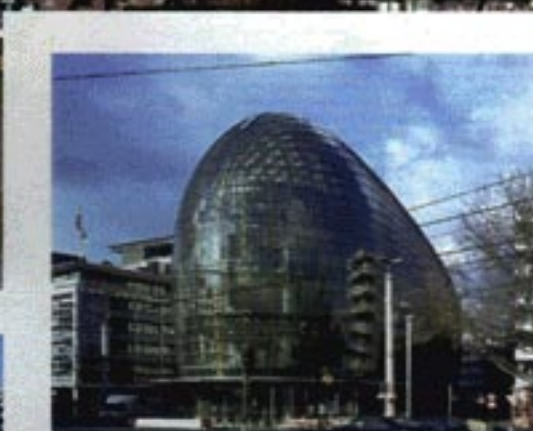
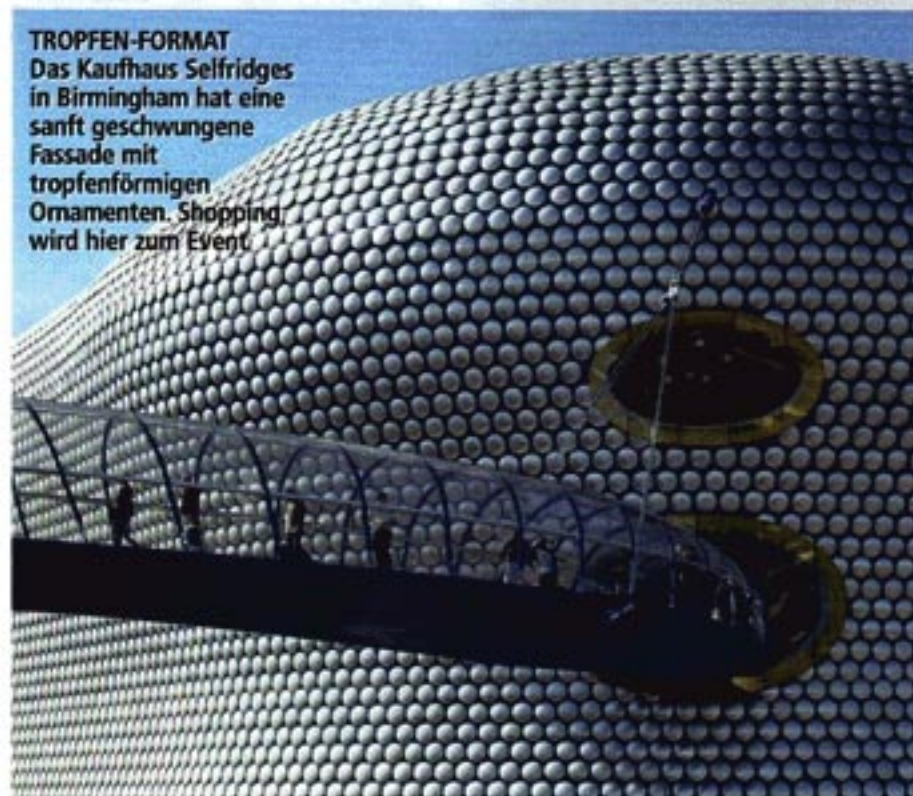


**TROPFEN-ARCHITEKTUR:  
DIE RUNDEN FORMEN KOMMEN**

# Hochhäuser mit Sex-Appeal



**TROPFEN-FORMAT**  
Das Kaufhaus Selfridges  
in Birmingham hat eine  
sanft geschwungene  
Fassade mit  
tropfenförmigen  
Ornamenten. Shopping  
wird hier zum Event



**GLÄSERNE KUGEL**  
Oben: Ein 170 Meter  
hoher Ball aus Glas, mit  
luftigen Hohlräumen im  
Inneren – so sah der  
Entwurf von United  
Architects für die  
Europäische Zentral-  
bank in Frankfurt aus  
(hier eine Simulation).  
L.: Der gerade eingeweihte  
Rundbau des  
Kaufhauses Peek &  
Cloppenburg in Köln

■ **BAUMEISTER** sind nicht länger an rechtwinklige Konstruktionen gebunden – auf dem Vormarsch sind tropfenförmige und sanft geschwungene Bauten. Eindrucksvolle Beispiele dieser »Blob«-Architektur (engl.: dicker Tropfen) sind die Kaufhäuser Peek & Cloppenburg in Köln oder Selfridges in Birmingham. Für diese neue Bauform sind die Architekten auf Hochleistungsrechner angewiesen: Sie assistieren

beim Entwurf und der Berechnung der Statik; mit computergestütztem Design (CAD) gelingen dreidimensionale Entwürfe und anschauliche Darstellungen. Auch Bauzeit und Kosten lassen sich leichter am Computer berechnen, der sogar langfristige Materialermüdung simuliert. Besonders Hochhäuser »blühen auf« durch das neue Design: Architekten verabschieden sich vom traditionellen Würfel und spie-





len mit geschwungenen oder verdrehten Formen. So baut der US-Architekt Daniel Libeskind in Mailand einen Wolkenkratzer, der sich wie eine aufrecht stehende Banane krümmt. Für Stabilität sorgt – von außen unsichtbar – ein senkrecht stehender Betonkern. Greg Lynn, Pionier der Blob-Architektur, hält die organischen Formen für zweckmäßiger, ästhetischer und natürlicher – »schließlich kennt

die Natur keinen rechten Winkel«, sagt er. Die Europäische Zentralbank in einer gläsernen Kugel, dieses Design fiel in Frankfurt durch – in Köln dagegen zog das Kaufhaus Peek & Cloppenburg in einen aus 6800 unterschiedlichen Glasplatten gefertigten Bau, der einem lang gezogenen Tropfen ähnelt.

[www.future-systems.com](http://www.future-systems.com)  
[www.daniel-libeskind.com/projects/pro.html?ID=47](http://www.daniel-libeskind.com/projects/pro.html?ID=47)

**HOHLSPIEGEL**  
 Mit diesem avantgardistischen Design setzt der Architekt Daniel Libeskind in Mailand neue Akzente. Sein gekrümmter Wolkenkratzer (Mitte) ist Teil des dreiteiligen Fiera-Projekts (hier ein Modell). Es wird 2014 fertig gestellt





### SHUTTLE-NACHFOLGER

# Neues Raumschiff soll bis zum Mars fliegen

■ **2025 WOLLEN DIE** Amerikaner auf dem Mars landen. Für diese Reise plant das Luft- und Raumfahrtunternehmen Lockheed Martin eine neue Raumfähre, das »Crew Exploration Vehicle« (CEV). Das Fahrzeug besteht aus drei Teilen, die einzeln in den Weltraum geschossen und dort montiert werden. Dieses Stufenkonzept verspricht mehr Sicherheit. Der Dreiteiler ist insgesamt 25 Meter lang und 40 Tonnen schwer. Die Mannschaftskabine an der Spitze des Raumschiffs hat eine Titanhaut, bietet sechs Astronauten Platz und lässt sich im Notfall von den beiden anderen Stufen abkoppeln, um mithilfe eines eigenen Antriebs davonzufiegen.



**DREITEILER IM ALL**  
Der mögliche Nachfolger der Raumfähre besteht aus Tank und Motor (1), Versorgungsmodul (2) und Mannschaftskabine (3)

Das mittlere Modul enthält Versorgungssysteme wie Geräte zur Strom- und Luft-erzeugung, während in der Heckstufe Tanks und Haupttriebwerke untergebracht sind. Vor der langen Marsmission soll die neue Raumfähre zunächst bei einem Mondflug ihr Können unter Beweis stellen.

[www.lockheedmartin.com](http://www.lockheedmartin.com)

NASA



PER INTERNET

## Düfte à la carte

**AROMA-BAR**  
Im Computer sucht man sich die gewünschte Duftnote, die der Generator (o.) aus sechs Grundgerüchen kreiert

■ **JAPANER KÖNNEN** sich fast jeden erdenklichen Wohlgeruch in der Wohnung oder im Büro kredenzen lassen. Diesen Service bietet der NIT-Konzern. Abonnenten bekommen von der Firma einen Duft-Generator zugeschickt, der sechs verschiedene Aromaöle enthält: Lavendel, Teebaum, Zitronengras, Grapefruit, Pfefferminz, Rosenholz. Daraus lassen sich fast unendlich viele Gerüche mischen. Per Internet wählt man sich in eine zentrale »Aroma-Bar« ein und wählt eine Duftnote, die Intensität und die Dauer. Der Generator erhält darauf ebenfalls per Internet ein bestimmtes Signal, das ihn in Betrieb setzt. Automatisch werden die Aromaanteile den Speichern entnommen und verdampft.

[www.ntt.com/contact\\_e/form56.html](http://www.ntt.com/contact_e/form56.html)

# 3 Monate Flatrate gratis!¹



**Nokia 6230i**

mit O₂ Genion nur 49,99 €²



**Samsung SGH-E350**

mit O₂ Genion nur 9,99 €²

# O₂

Jetzt bestellen unter 01805. 50 01 01\*  
oder [www.o2online.de](http://www.o2online.de)

1) Mit der Genion-Flatrate für mtl. 9,99 € (wird Ihnen bei Vertragsabschluss bis zum 31.03.06 die ersten 3 Monate erlassen) telefonieren Sie aus der Homezone für 0 Cent/Min. ins dt. Festnetz und Netz von O₂ Germany (außer Sonderuf-Nr., Rufumleitungen und Mailboxweiterverbindungen). Mindestlaufzeit 24 Monate, Kündigungsfrist für beide Seiten 30 Tage, für Sie innerhalb der ersten 3 Monate jederzeit fristlos kündbar. Das Angebot ist zunächst befristet bis 31.03.06. Im Übrigen siehe Hinweistext 2. 2) Gilt bei Abschluss eines 24-Monats-Vertrages im Tarif O₂ Genion/ProfiCard. Folgekosten pro SIM-Karte: Anschlusspreis 24,99 €, mtl. Grundgebühr von 4,99 € bis 24,99 €, Standard-Inlandsverbindungen von 0,03 €/Min. (gilt für Gespräche aus der Homezone ins Festnetz derselben Ortsvorwahl) bis 0,69 €/Min., Taktung aus der Homezone 60/60, unterwegs 60/10. Wo in Deutschland die Homezone im GSM-Netz von O₂ Germany (nicht verfügbar im Partner-Netz von T-Mobile) zur Verfügung steht, erfahren Sie bei uns oder unter [www.o2online.de](http://www.o2online.de). Handy-Angebote nur in O₂ Shops bis 31.10.05 erhältlich. Solange der Vorrat reicht, nicht bei Inanspruchnahme von Sonderkonditionen.  
\*0,12 €/Min. aus dem dt. Festnetz powered by BT





LIGHTSHOW ZUM MITMACHEN

## Science Days und P.M. präsentieren Faszination Licht

■ **WOHER KOMMT DAS LICHT?** Wie funktioniert der Laser im DVD-Player? Was hat ein Handy mit Polarisation zu tun? P.M. präsentiert auf den fünften Science Days die Wanderausstellung »Faszination Licht«. Diese macht vom 20. bis 22. Oktober im Europa Park in Rust bei Freiburg Halt. Ausstellungsstücke zum Anfassen rund um Quanten, Photonen und Laserstrahlen zeigen optische Technologien zum Anfassen. Experimentierwerk-

stätten und Shows finden an allen drei Tagen von 9 bis 17 Uhr statt. Die Führungen werden von P.M.-Redakteur und Physiker Peter Ripota begleitet. P.M. – vertreten durch einen Stand – unterstützt als Medienpartner die diesjährigen Science Days. Sie werden seit fünf Jahren durchgeführt vom Förderverein Science und Technologie e.V., der Naturwissenschaften als spannendes Event in Szene setzt.

[www.science-days.de](http://www.science-days.de) • [www.faszinationlicht.de](http://www.faszinationlicht.de)

### RADARTECHNIK

## Tacho für Jogger und Skater

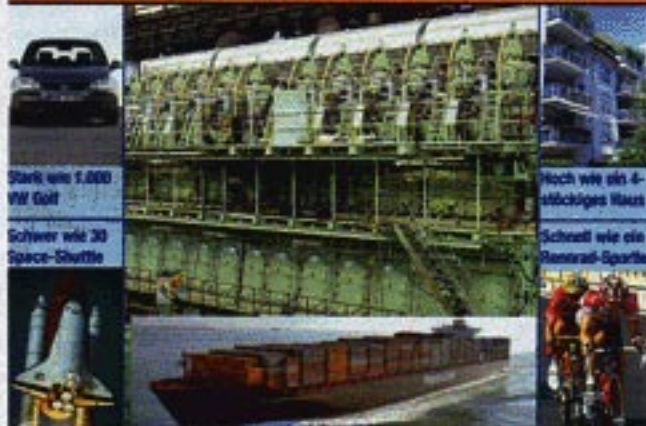
■ **WIE SCHNELL IHRE** Füße sie tragen, können Jogger von nun an exakt per Radar kontrollieren: Beim neuen Radartachometer RSS (Radar Speed Sensor) der Firma Sonic Instruments trägt der Läufer ein 50 Gramm schweres Gerät am Gürtel, das schwache Radarstrahlen aussendet. Der integrierte Sensor empfängt die vom Boden reflektierten Strahlen. Aus der Frequenzverschiebung der ausgesendeten und eingehenden Strahlen berechnet der Tachometer das Lauftempo des Joggers und funkt es zu einer Uhr am Handgelenk. Der Radartacho funktioniert auch beim Radfahren, Skilaufen oder Inlineskaten.

[www.sonicinstruments.com](http://www.sonicinstruments.com)

**RADAR AM GÜRTEL** Die schwarze Box sendet Strahlen aus, aus denen die Uhr Tempo und Strecke ermittelt



### FOTO AKTUELL



#### ■ DER STÄRKSTE MOTOR DER WELT

Seine 2146 Tonnen entsprechen dem Gewicht von 30 Raumfähren, mit 13,4 Metern erreicht er die Höhe eines vierstöckigen Hauses; die 93 500 PS Leistung entsprechen der von 1000 Golf TDI. Der zwölfzylindrige Diesel-Koloss – eine Entwicklung der Augsburger Firma MAN B&W – steckt im Bauch des Frachters »Colombo Express«, auf den 8750 Container passen. Der deutsche Supermotor schiebt Schiff und Ladung mit 50 km/h über die Weltmeere – das ist das Durchschnittstempo eines Radrennfahrers.

[www.manbw.com](http://www.manbw.com)

# NEWS

### FINGERNAGEL ALS

**SPEICHER** Japanische Ingenieure brennen mit einem Laser bis zu fünf Megabit als winzige Datenpunkte auf den Fingernagel. Mit bloßem Auge unsichtbar, können sie von einem Fluoreszenz-Mikroskop gelesen werden. Auf dem Nagel lassen sich zum Beispiel der Ausweis oder Krankendateien eingravieren.

[www.tokushimau.ac.jp/English/english\\_top.html](http://www.tokushimau.ac.jp/English/english_top.html)

### ÜBER DEN AIRPORT

**ROLLERN** Der »Hammesfahrrer« ist ein Koffer mit eingebautem Tretroller. Dieser lässt sich mit ein paar Griffen ausklappen.

[www.guidohammesfahr.de/main/index.html](http://www.guidohammesfahr.de/main/index.html)

### NATUR-KONZERT

Eine CD des Musikverlags Edition Ample hat die Melodien des Wassers eingefangen, darunter: Gewitterprasseln, Bachgeplätscher, Gequake an einem Froschweiher, Rauschen einer Trinkwasserversorgung.

[www.tierstimmen.de](http://www.tierstimmen.de)

### REPARATUR PER

**HANDY** Die MCoIP Box ermöglicht die Fernwartung von Produktionsanlagen. Alle wichtigen Maschinendaten werden an einen zentralen Server geschickt. Auf ihn kann das Servicepersonal mit dem Mobiltelefon zugreifen und Störfälle beheben.

[www.pse.siemens.at/apps/pseauftritt/ge/pseinternet.nsf?Open](http://www.pse.siemens.at/apps/pseauftritt/ge/pseinternet.nsf?Open)

### BLITZFLUCHT

Blattläuse, die häufig von Räubern angegriffen werden, zeugen vermehrt Nachkommen mit Flügeln, um damit der Gefahr flugs entrinnen zu können

[www.uni-jena.de/ecology.html#index.html](http://www.uni-jena.de/ecology.html#index.html)



DIE NEUE MOTIVATIONSFORMEL

## Gemeinsinn entsteht aus Eigensinn

■ **WAS MOTIVIERT MENSCHEN DAZU,** sich freiwillig für Gemeinschaften zu engagieren? Wissenschaftlich erwiesen ist, dass es nicht reicht, an den Gemeinsinn zu appellieren. Wirklich aktiv wird nur, wer auch für sich persönlich etwas aus seiner Tätigkeit gewinnen kann. Der Methodenexperte Wolfgang Fänderl bringt dies in seinem Leitfaden »Beteiligung übers Reden hinaus!«\* auf die Formel: Wenn Können, Mögen,

Wollen das Müssen, Dürfen, Sollen überwiegen, entsteht eine selbstbestimmte und sinnorientierte Motivation. Hat dagegen das zweite Verben-Trio die Oberhand, ist die Motivation fremdbestimmt, und freiwilliges Handeln wird eher torpediert. Richtig verstandener Gemeinsinn wirkt dreifach: Er kommt einem selbst, dem Lebens- oder Berufspartner und der weiteren Gemeinschaft, von der Familie bis zur

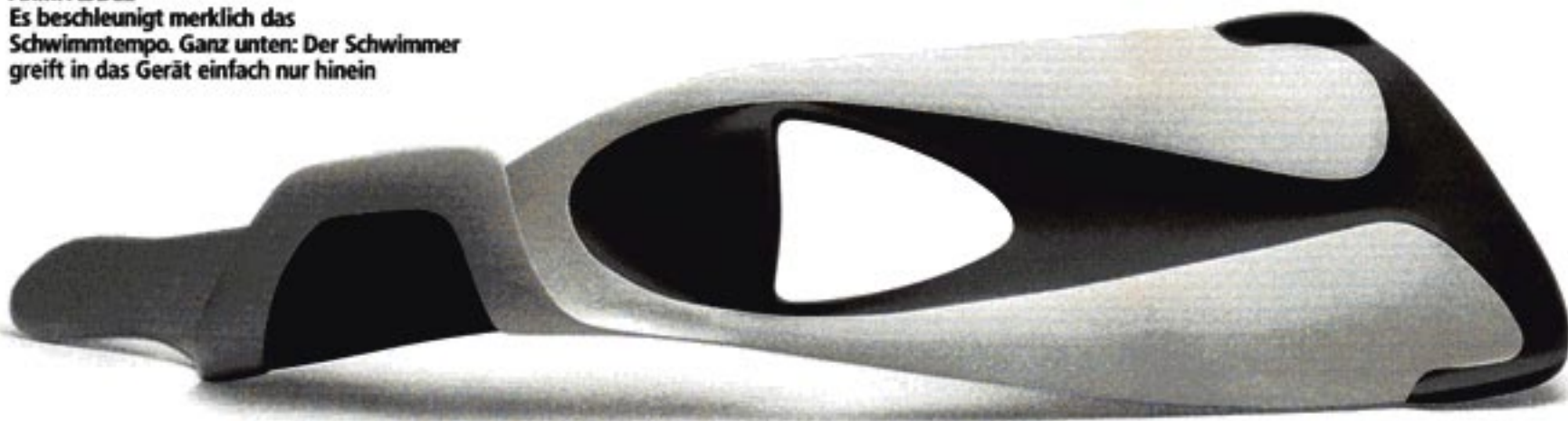
Umwelt, zugute. Die im Buch vorgestellten Verfahren – erarbeitet in einem Forschungsprojekt der Bertelsmann-Stiftung und des Centrums für angewandte Politikforschung (Uni München) – sollen die Zusammenarbeit von Menschen in Kommunen, Firmen, Vereinen, Schulen effektiver und nachhaltiger machen.

\*J Bertelsmann-Stiftung 2005, 28 Euro

[www.gemeinsinn-werkstatt.de](http://www.gemeinsinn-werkstatt.de)

### ARMPADDEL

Es beschleunigt merklich das Schwimmtempo. Ganz unten: Der Schwimmer greift in das Gerät einfach nur hinein



### MEHR TEMPO IM WASSER

## Schwimmflossen für die Hände

■ **DER BRAUNSCHWEIGER** Designer Lenart Behrmann hat eine Idee entwickelt, wie Schwimmer höhere Geschwindigkeiten als bisher erreichen können: mit Flossen für die Hände. Die Schwimmhilfen namens »Liquix« werden am Unterarm befestigt, mit seinen Händen greift der Schwimmer in die Flossen hinein und führt damit Kraulbewegungen aus. Zusammen mit den Fußflossen bewirkt das eine erhebliche Tempoerhöhung. Für sein »Armpaddel«, das auch Behinderten und Querschnittsgelähmten im Wasser hilft, sucht Behrmann noch einen Hersteller.

[www.liquix.de](http://www.liquix.de)



### REIFEGRAD-BESTIMMUNG

## Laser »schmeckt« süße Früchtchen

■ **EIN LASER SOLL** den Reifegrad von Früchten bestimmen – mittels Infrarot-Wellen. Der Prototyp des US-Forschungszentrums für Landwirtschaft bestrahlt Äpfel mit Lichtwellen von 680 bis 940 Nanometer Länge. Je nach dem Zuckergehalt des Obstes werden die Strahlen unterschiedlich reflektiert. So entsteht ein Streumuster, das mit Detektoren aufgefangen und

ausgewertet wird – quasi der »Fingerabdruck« der Früchte: Je süßer sie sind, umso größer ihr Reifegrad. Mit der neuen Methode könnten Bauern in Zukunft jede Frucht einzeln auf ihre Qualität prüfen – bislang müssen sie auf Stichproben vertrauen, die sie selbst verkosten. Das Zuckermessgerät schafft allerdings erst zwei Äpfel pro Sekunde.

[www.ars.usda.gov/research/pr](http://www.ars.usda.gov/research/pr)



### ZINK ALS SOLARSPEICHER

## Sonne in der Dose

■ **EIN HOHLSPIEGEL** und ein Schmelztiegel haben einen Solarreaktor entstehen lassen, mit dem Forscher des Schweizer Paul-Scherrer-Instituts (PSI) Zinkoxid zu reinem Zink reduzieren. Die Energie, die diese chemische Abspaltung kostet, liefert der gebündelte Lichtstrahl. Er erhitzt in dem Schmelztiegel das weiße Zinkoxid auf 1200 °C, bis dieses sich von seinem Sauerstoff trennt. Trifft das reine Metall mit Sauerstoff aus der Luft oder im Wasser wieder zusammen, tritt eine Reaktionsumkehr ein: Die Energie, die in die Reduktion des Zinkoxids geflossen ist, wird wieder freigesetzt. Den Schweizern ist es also gelungen, Solarenergie in einem grauen Pulver einzufangen, zu transportieren und jederzeit wieder zu »entfesseln«. Das Verfahren, »Solzinc« getauft, erreicht einen Wirkungsgrad von 20 Prozent –



**PULVER SPEICHERT SOLARENERGIE** In dem Tiegel befindet sich Zinkoxid. Mit Sonnenstrahlen wird es auf 1200 Grad Celsius erhitzt, bis sich der Sauerstoff abspaltet. Kommt das Pulver mit Luft zusammen, wird die hineingesteckte Energie wieder freigesetzt

60 Prozent hält PSI-Mitarbeiter Christian Wierker für realistisch. Mit dem Material lassen sich Brennstoffzellen betreiben, in denen das Zink mit Luftsauerstoff wieder zu Zinkoxid reagiert. Bei dieser Oxidation des Metalls wird bis zu zehnmal mehr Energie frei, als herkömmliche Blei- oder Cadmium-Batterien liefern können. »Damit werden wir Strom billiger herstellen als in Photovoltaik-Anlagen«, hofft Wierker. [www.pre.ethz.ch/cgi-bin/main.pl?research?project7](http://www.pre.ethz.ch/cgi-bin/main.pl?research?project7)

# NEWS

### ROBOTERSCHUTZ BEI WM

Der »Ofrodetect« soll bei der Fußballweltmeisterschaft im Juli 2006 vor Terroranschlägen schützen. Die Maschine gleicht einem Mini-Panzer und spürt radioaktive Stoffe und Giftgase auf.

[www.roboswatch.de:8080/home/de/outdoor.jsp](http://www.roboswatch.de:8080/home/de/outdoor.jsp)

### KRANKHEITEN DER ZUKUNFT

Zu den häufigsten Todesursachen zählen Mediziner künftig Folgeerscheinungen von Diabetes, Übergewicht und Alzheimer. Die Gefahr von Tuberkulose, HIV/Aids, Hepatitis, Malaria und Grippewellen steigt in den nächsten zehn Jahren. Kinderkrankheiten wie Masern, Röteln, Mumps und Windpocken gehen wegen Impfmüdigkeit nicht zurück.

[www.vfa.de/de/index.html](http://www.vfa.de/de/index.html)

### GANOVEN IM RUHESTAND

Kriminelle setzen sich meist mit 50 Jahren zur Ruhe. Wenn sie die Frau ihres Lebens finden, oft schon früher. Das ergab eine soziologische Studie über die Lebenswege von 500 Bostoner Verbrechern.

[jlaub@crim.umd.edu](mailto:jlaub@crim.umd.edu)

### KLUGER PULLOVER

Schweizer Forscher kombinieren Textilien mit elektrisch leitfähigen Fasern zu Kleidung, die über eingewebte Sensoren Körperfunktionen kontrolliert. Bald sollen uns Pullover anzeigen, wann es Zeit zum Trinken ist.

[www.empa.ch](http://www.empa.ch)

### MOND-URLAUB

Das will das US-Unternehmen Space Adventures für 100 Millionen Dollar anbieten. Drei Personen können in einer russischen Sojuskapsel in neun Tagen zum Erdtrabanten fliegen.

[www.deepspaceadventures.com](http://www.deepspaceadventures.com)

### VOR 540 MILLIONEN JAHREN

## Qualle und Mensch haben gemeinsame Ahnen

■ **ÜBERRASCHENDE ERKENNTIS:** Die glibbrigen Meerestiere haben zum Teil das gleiche Erbgut wie wir. Kopf, Muskeln sowie Organe sucht man bei ihnen zwar vergeblich, und ihre Symmetrie ähnelt der von Fahrradreifen – nicht der von den »zweiseitig-gleichen Bilateria«, zu denen die Gattung Mensch zählt. Dennoch ist der Homo sapiens mit den Nesseltieren verwandt, sagt der Biologe Mark E. Martindale von der Universität Hawaii. Er entdeckte in Quallen die gleichen Gene, welche beim Menschen die Bildung der Kopf-Fuß-Achse sowie der Vorder- und Rückseite auslösen. In den Tieren veranlassen diese den Aufbau eines Nervensystems, das wie das menschliche Gehirn in spezielle Regionen aufgeteilt ist. Daraus schließt der Evolutionsforscher Kevin J. Peterson vom Dartmouth College: Bilateria und Quallen müssen sich fast zeitgleich vor rund 540 Millionen Jahren aus einem gemeinsamen Vorfahren entwickelt haben.

[www.hawaii.edu/zoology/faculty/martindale.htm](http://www.hawaii.edu/zoology/faculty/martindale.htm)

[www.dartmouth.edu/~mcb/faculty/peterson.html](http://www.dartmouth.edu/~mcb/faculty/peterson.html)

**GEN-ELITE**  
Quallen haben zum Teil die gleichen Erbanlagen wie Menschen

PHOTO: RESEARCH/ISTOCK/ALAMY



WELTREKORD MIT BRENNSTOFFZELLE

# Mit einem Gramm Wasserstoff 20 km weit

■ **DAS SCHWEIZER »PAC CAR II«** hält den Weltrekord für treibstoffarmes Fahren: Nur 1,02 Gramm Wasserstoff verbrauchte das dreißig Kilogramm leichte Gefährt auf einer zwanzig Kilometer langen Fahrt; dabei hielt es ein konstantes Tempo von 30 km/h. Wenn Benzin den gleichen hohen Wirkungsgrad von Wasserstoff hätte, käme der aerodynamisch elegant gestylte Weltrekordler mit einem Liter 5385 Kilometer weit, mit acht Litern könnte er einmal den Erdball umrunden. Das Versuchsfahrzeug der Eidgenössischen TH Zürich fährt mit einer Brennstoffzelle. Darin verbindet sich Wasserstoff mit Sauerstoff zu Wasser. Dabei entsteht Strom, der zwei E-Motoren antreibt. Bei den großen Autoherstellern, die ebenfalls mit Wasserstofffahr-

REIBUNGSLOS

Mit einem Tempo von konstant 30 km/h zog »Pac Car II« seine Runden

PAC CAR II



zeugen experimentieren, wurde der Rekord mit großem Interesse registriert. Bis zum ersten serienmäßigen Wasserstoffauto dürfen allerdings noch zehn Jahre vergehen. [www.paccar.ethz.ch](http://www.paccar.ethz.ch)

## EXPERIMENT AKTUELL: LAIEN HELFEN FORSCHERN

EUROPAS SCHNELLSTER RECHNER

»Mare Nostrum« steht in einer Kapelle in Barcelona. Bald wird er mit anderen Computergiganten zu einem globalen Rechner fusionieren



## Die Suche nach Außerirdischen – machen Sie mit!

■ **EINE GLOBALISIERUNG** besonderer Art macht die kostenlose BOINC-Software möglich: Jeder PC-Besitzer kann nicht genutzte Rechenpower seines Geräts der Wissenschaft zur Verfügung stellen und auf diese Weise große Forschungsprojekte unterstützen. Als Dank dafür darf er deren Entwicklung auf seinem Bildschirm – in der ersten Reihe – mitverfolgen. P.M.-Experimentator und Physiker Kosta Schinarakis hat das ausprobiert, mit einem acht Jahre alten Computer, der die zusätzli-

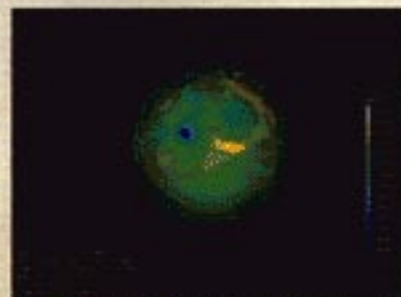
che Rechnerei mühelos verkraftete. Die erforderliche Software ist in wenigen Minuten heruntergeladen, auch Computerlaien können sie rasch installieren – in wenigen Minuten wird der Rechner Teil eines globalen virtuellen Supercomputers.



AM HEIM-PC LIVE DABEI Molekülfaltung bei Proteinen (1), Gravitationswellen explodierender Sterne (2), Fahndung nach E.T. (3)

BOINC rechnet unbemerkt im Hintergrund, während man im Internet surft oder E-Mails schreibt. Regelmäßig verbindet sich das Programm mit dem Internet, holt neue Datenpakete zur Auswertung und schickt Ergebnisse zurück an einen Zentralrechner. Hier laufen alle Fäden zusammen, die Resultate von Aber tausenden Rechnern werden wie ein Mosaik zusammengesetzt. Auf der BOINC-Internetseite kann man sich die Projekte ansehen, denen man Rechenzeit gespendet hat, ihre Hintergründe, die Fortschritte und die neuesten Ergebnisse erfahren. Der Klassiker ist das SETI-Projekt, das nach außerirdischen Signalen in gespeicherten Radiosignalen aus dem All sucht. Über fünf Millionen Computernutzer haben das schon am eigenen Monitor verfolgt – noch war aber keine außerirdische Nachricht dabei. Ganz irdisch bleibt das Projekt ClimatePrediction@home. Ein Computermodell der Erde simuliert, wie Treibhausgase das Klima beeinflussen, welche Zonen sich am stärksten aufheizen, wo sich Hurrikans aufbauen. Medizinisch Interessierte werden bei BOINC Kronzeugen eines der wichtigsten Forschungsprojekte überhaupt: Sie können beobachten, wie Proteine sich falten – je besser die Wissenschaft das versteht, desto gezielter lassen sich Erkrankungen

bekämpfen. Und ein besonders ehrgeiziges Projekt: Der weltgrößte Teilchenbeschleuniger LHC wird in drei Jahren in einem 27 Kilometer langen Tunnel bei Genf Atomkerne »pulverisieren«. Wie 1200 Magnete von je 30 Tonnen Gewicht dann die Crashes steuern, das simulieren die Physiker schon jetzt mit Prozessoren nicht ausgelasteter Heim-PCs. So groß ist der Bedarf der Forschung nach Rechenleistung, dass die virtuellen BOINC-Netzwerke inzwischen schon ihre Grenzen erreichen. Das gilt auch



RECHENPOWER SPENDEN Dafür können Privatleute Klimamodelle auf ihrem Monitor begutachten

für die realen Supercomputer wie »Mare Nostrum« in Barcelona – Europas schnellsten Rechner. Diese schwächelnden Rechengiganten wollen jetzt von BOINC lernen: Geplant ist, sie ebenfalls miteinander zu vernetzen, bis alle Geräte eines Tages zu einer riesigen globalen Rechenanlage verschmelzen.

[www.boinc.de](http://www.boinc.de)



### FUSSBALLSTADIEN

## Grünes Licht für künstliches Grün

■ **DIESER RASEN BRAUCHT** weder Licht noch Wasser. Fußballfelder aus grünem Kunststoff wirken täuschend echt und besitzen die gleichen technischen Eigenschaften wie Naturrasen: Stoßdämpfung und Rollwiderstand des Belags sind so ausgelegt, dass der Ball sich darauf verhält, wie der Spieler es gewohnt ist. Seit diesem Sommer darf Fußball laut FIFA offiziell auf künstlichem Grün gespielt werden. Bei Länderspielen sollte der Kunstrasen aus zwei Schichten bestehen: aus einer stoßdämpfenden Kunststoffunterlage und den darauf befindlichen Rasenmatten, die nach dem Verlegen mit insgesamt 150 Tonnen Sand und Gummigranulat gefüllt werden. Aus diesem »Boden« ragen zwei Arten von Polyethylen-Halmen: Die eine ist weich und ebenso lang wie natürlicher Fußballrasen; die andere ist steifer und etwas kürzer – sie sorgt dafür, dass das Grün nicht platt getreten wird. Die Vereine sparen mit dem Kunststoffbelag viel Geld, denn in den großen Stadien muss Naturrasen bis zu viermal jährlich erneuert werden. Grund: Durch die immer enger an den Spielfeldrand gebauten Tribünen und die Überdachung der Arenen bekommt das Gras weniger Licht und Luft für die Regeneration. Kunstrasen verursacht nur ein Viertel der Unterhaltskosten, weil er bloß einmal pro Woche mit einer Maschine gebürstet werden



**FUSSBALLSPIELEN AUF PLASTIK**  
Der Kunstrasen wird in langen Bahnen verlegt. R.: Die Halme sind aus Fasern, darunter ist ein Stoßdämpfer aus Sand und Gummi

muss, um die Granulatfüllung neu zu verteilen. Der Belag ist bei jeder Witterung bespielbar, im Winter kann er mit normalen Räumfahrzeugen vom Schnee befreit werden. In Tests befindet sich derzeit ein leichter und mobiler Synthetikerasen, der sich wie ein Teppich aus- und wieder zusammenrollen lässt.

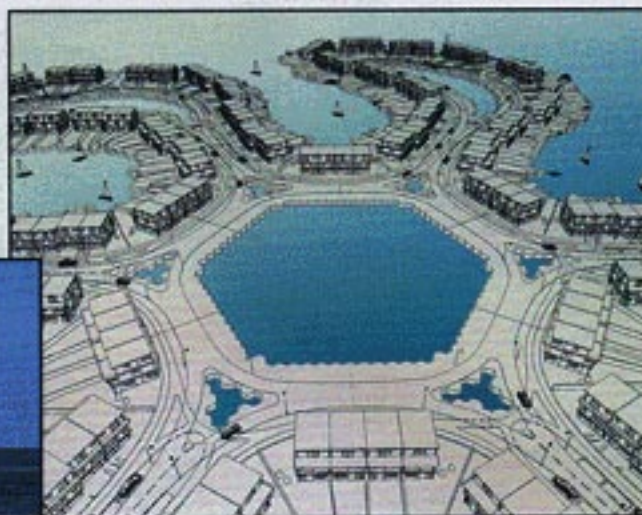
[www.astroplay.de](http://www.astroplay.de)

[www.fifa.com/de/marketing/licensing/index/0,1315,17,00.html](http://www.fifa.com/de/marketing/licensing/index/0,1315,17,00.html)



### FLUTKATASTROPHEN-SCHUTZ

## Leben in schwimmenden Städten



**WASSERFEST**  
Ganz links: Ein Haus auf schwimmenden Fundamenten wird zu seinem Standort geschleppt. Daneben: Aus den Häusern und floßartigen Grundflächen lässt sich eine ganze Stadt im Meer erbauen

■ **WIE DIE MISSISSIPPI-STADT** New Orleans liegen auch große Teile der Niederlande unter dem Meeresspiegel – die Zunahme von Unwettern und ansteigende Wassermassen könnten den Deichen des Landes eines Tages schwer zu schaffen machen. Dem drohenden Untergangs-Szenario setzt der Geophysiker Ties Rijken sein Rettungskonzept »H2ope« entgegen, ein Wortspiel aus Wasser und Hoffnung. Dafür hat der Holländer schwimmende, garantiert unsinkbare Fundamente entwickelt. In deren Beton baut er so viel Styropor ein, dass sie trotz extremer Belastung durch Aufbauten nicht untergehen können. Grundeinheiten

sind Plattformen von acht Quadratmeter Fläche. Diese lassen sich zu beliebig großen Arealen verbinden, auf denen Häuser, Gärten und Straßen angelegt werden. Bei einer Überflutung würden die Plattformen wie Flöße aufschwimmen, bei sinkenden Pegeln auf dem Boden wieder aufsetzen. Alternative: Die Häuser lassen sich in Häfen auch schwimmend, wie Hausboote, parken. Technisch ist die Konstruktion ausgereift – doch sie wirft juristische Fragen auf: Die Behörden haben Probleme mit dem rechtlichen Status dieser Konstruktion. Ein Haus, das auf dem Wasser schwimmt, gilt nicht als Grundstück.

[www.abc.arkenbouw.nl](http://www.abc.arkenbouw.nl)

## NEWS

### SPRACH-ARTISTIK

Wer die Prostituierte lieber Eröstess nennen möchte, die Feuersbrunst Konflagration (lat.) oder die Sauerei eine Cochonnerie (frz.: cochon = Schwein), sollte das »Andere Fremdwörterlexikon« konsultieren. Darin findet er unter 20 000 Begriffen das passende Fremdwort für alle Gelegenheiten.

[www.piper.de](http://www.piper.de)

**ROCK IM OP** Kranke, die bei Operationen ihre Lieblingsmusik hören dürfen, brauchen bis zu einem Drittel weniger Narkosemittel.

[por.med.yale.edu/listings/kain.html](http://por.med.yale.edu/listings/kain.html)

**P.M.-Leser mit neuen Erfindungen erreichen**

**P.M.-Redakteur**

Wolfgang C. Goede unter:  
[goede.wolfgang@muc.guj.de](mailto:goede.wolfgang@muc.guj.de)



Forscher

# »BAKTERIEN

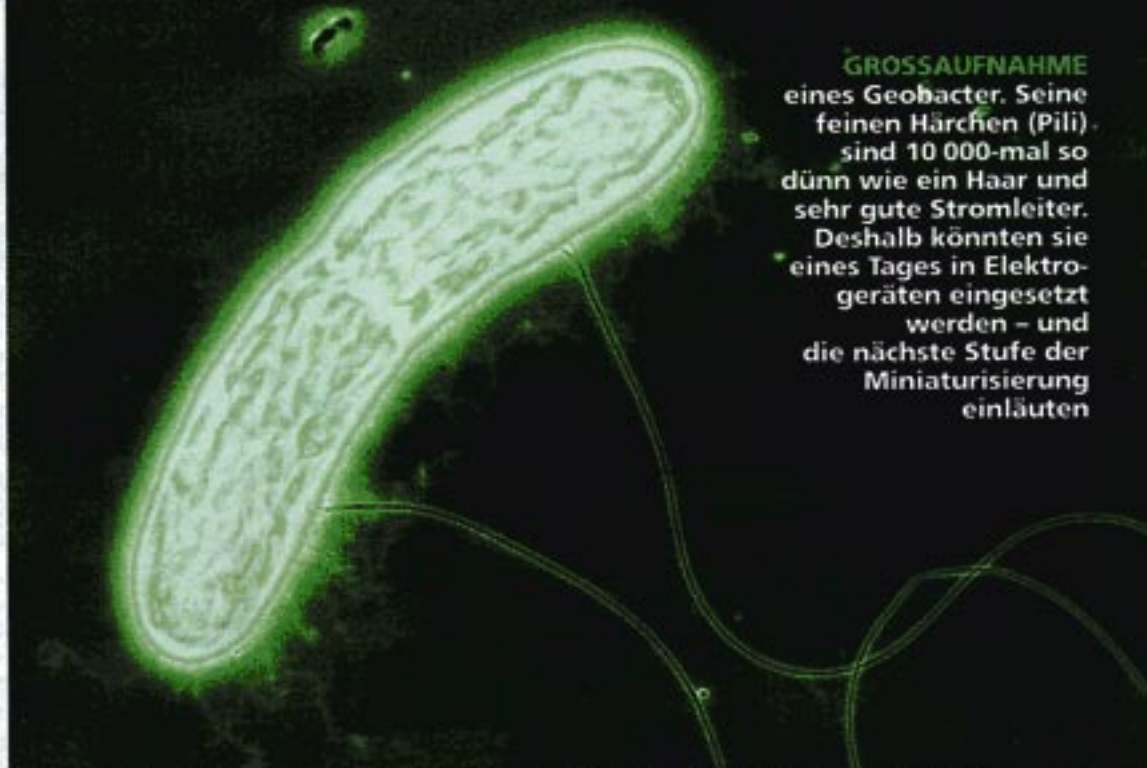
EINE ANSAMMLUNG  
von Geobacter-Mikroben unter dem  
Mikroskop. Jedes der Stäbchen-  
bakterien ist nur zwei Mikrometer  
lang, also 0,002 Millimeter. Zugege-  
ben, sie sind ziemlich klein, aber hoch  
begabt mit erstaunlichen Fähigkeiten



zentration oder im polaren Eis. Allein 300 verschiedene Bakterien leben in unserem Mund und Darm. Die erste industrielle Nutzung der Mikroben war gegen den Menschen gerichtet: Der eingebürgerte Brite Chajjim Weizmann, der später erster Präsident Israels wurde, isolierte zwischen 1912 und 1914 das »Clostridium acetobutylicum«, das im Gärungsprozess von Mais- oder Weizenmaische die Lösungsmittel Aceton und Butanol erzeugte – zwei wichtige Chemikalien für die Herstellung von TNT für Bomben im Ersten Weltkrieg.

Ganz und gar friedlichen Zwecken dient der im Schlamm lebende »Geobacter«. Er gilt heute als dasjenige Bakterium mit den meisten Anwendungsmöglichkeiten. Derek Lovley, Mikrobiologe an der Universität von Massachusetts, entdeckte diesen Keim 1987 auf dem Grund des Potomac-Flusses in Washington D.C.: »Ich hätte nie gedacht, dass mich ein einzelnes Bakterium so lange fesseln würde«, sagt Lovley. Inzwischen arbeiten 50 Wissenschaftler für ihn.

Was ist das Besondere an Geobacter? Eine seiner Fähigkeiten besteht darin, Rost aus Wasser und Erde zu atmen – und dabei Strom zu produzieren: »Er atmet Eisenoxid wie der Mensch Sauerstoff«, erklärt



**GROSSAUFNAHME** eines Geobacter. Seine feinen Härchen (Pili) sind 10 000-mal so dünn wie ein Haar und sehr gute Stromleiter. Deshalb könnten sie eines Tages in Elektrogeräten eingesetzt werden – und die nächste Stufe der Miniaturisierung einläuten



**DER LEBENSRAUM** der Geobacter sind Mineralien. Hier siedeln die Bakterien auf Magnesiumoxid



**EINE KOLONIE** von Geobacter-Mikroben auf einer Elektrode, mit der radioaktives Grundwasser entseucht wird

## Geobacter gilt als **ALLESKÖNNER** unter den Bakterien. Der Winzling reinigt radioaktiv verseuchtes Grundwasser und erzeugt sogar **STROM**

Lovley. Beim menschlichen Stoffwechsel werden Elektronen aus der Nahrung auf den eingeatmeten Sauerstoff im Blut übertragen – die Nahrung wird dadurch »verbrannt« und in Energie umgesetzt. Der Unterschied beim Stoffwechsel des Geobacter besteht darin, dass dieser die Elektronen nicht auf Sauerstoff überträgt, sondern auf Eisenoxid z. B. im Boden – die Atmung findet also außerhalb des Zellsellers statt.

Damit das funktioniert, bildet das Bakterium so genannte Pili aus: extrem feine Fäden – 10 000-mal so dünn wie ein menschliches Haar und mit 20 Mikrometer Länge zehnmal so lang wie der Geobacter selbst. Mit den Nanodrähten dockt

er am Metalloxid an, lässt die Elektronen aus der Nahrung dorthin fließen – und produziert auf diese Weise Strom.

Aber nicht die Stromerzeugung an sich ist für die Wissenschaft interessant, sondern der Stromleiter – die Nanodrähte. Man will jetzt herausfinden, unter welchen Bedingungen dem Geobacter besonders lange Pili wachsen. In Bakterienfarmen sollen die Nanodrähte dann geerntet und vielleicht sogar zusammenschweißt werden – um später als Hardware in Geräten eingesetzt zu werden: Damit wäre eine nächste Stufe der Miniaturisierung möglich. Lovley, der die Pili gerade erst entdeckt hat, schwärmt schon jetzt: »Eines Tages können wir die

Nanodrähte vielleicht in Massen produzieren und in Mini-Elektrogeräten, Sensoren und mikrobiellen Brennstoffzellen verwenden.«

**GEOBACTER KANN NOCH MEHR:** Er holt via Atmung giftige lösliche Uranoxide aus dem Grundwasser. Seit drei Jahren laufen erfolgreiche Tests mit dem Bakterium in einer stillgelegten Uran-Mine im US-Bundesstaat Colorado. Die Reinigung mit Pumpen und Filtern dauert Dekaden und setzt die Arbeiter der radioaktiven Strahlung aus. Damit Geobacter diesen Job übernimmt, hat Lovley Acetat ins uranverseuchte Grundwasser der Mine gepumpt. Dieses Salz der Essigsäure





**ER ENTDECKTE** die verblüffenden Fähigkeiten des Geobacter: der US-Mikrobiologe Derek Lovley. Durch Zufall stieß er auch auf *Rhodospirillum rubrum*: eine Bakterie, die Zucker in Elektrizität verwandelt

**ERFOLGREICHER TEST** in einer stillgelegten Uranmine in Colorado: Hier wurde *Geobacter* erstmals zur Dekontaminierung von radioaktiv verseuchtem Grundwasser eingesetzt



fressen die Bakterien besonders gern – es regt sie zu schnellem Wachstum an. Beim Atmen transferieren sie Elektronen auf die Uranionen und verwandeln sie so in eine nicht lösliche Form, die sich im Sediment ablagert und nicht ins Grundwasser sickern kann.

**UM DAS URAN** gänzlich aus der Natur zu entfernen, hat Lovley einen weiteren Trick entwickelt. Er steckt eine negativ geladene Graphitelektrode in den Boden, die die positiv geladenen Uranionen wie ein Magnet anzieht: Sie lagern sich dadurch nicht im Sediment, sondern an der Elektrode ab – zieht man sie aus dem Boden, ist die Verschmutzungsgefahr des Grundwassers gebannt. Bis Lovley seine bakterielle Uranvernichtung zu einer Großtechnologie weiterentwickeln kann, mit der sich die rund zwei Milliarden Liter radioaktiv verseuchten Grundwassers in den USA reinigen lassen, werden aber noch Jahre vergehen.

Andere Einzeller werden ebenfalls als

Saubermänner eingesetzt: Sie fressen Öl- und Benzinreste aus dem verseuchten Boden von alten Tankstellen. Oder Vinylchlorid – eine der am weitesten verbreiteten Chemikalien überhaupt und extrem gefährlich. Dieses Gas entsteht u. a. bei der Produktion von PVC (zum Beispiel für Dachrinnen, Computergehäuse, Bodenbeläge oder Fensterrahmen) und in chemischen Renigungen. Rund sieben Milliarden Kilogramm Vinylchlorid gelangen allein in den USA jährlich in die Luft. Da es leicht wasserlöslich ist, sickert es außerdem durch das Erdreich ins Grundwasser, wo es über Hunderte von Jahren nicht abgebaut wird. Es erregt selbst in kleinen Mengen Nervenschäden oder Krebs. Ein kurzer Kontakt reicht aus, um Schwindel, Übelkeit und Kopfschmerz auszulösen.

Frank Löffler, Mikrobiologe bei der Firma Georgia Tech, fand unter Tausenden von Mikroben das geeignete Gegenmittel gegen Vinylchlorid: den Stamm BAV1 der »Dehalococcoiden«-Bakterie. Sie frisst

Wasserstoff und atmet Chlor – vom supergiftigen Vinylchlorid lässt sie nur das harmlose Gas Ethen übrig, das in hoher Konzentration auf Menschen wie Lachgas wirkt. Jetzt wird weitergeforscht, unter welchen Bedingungen die Bakterie am schnellsten wächst oder die größtmögliche Menge Schadstoff abbaut. Löffler träumt davon, eines Tages mit den Dehalococcoiden auch Umweltgifte wie PCB angehen zu können, die ebenfalls auf Chlor basieren – »doch wir stehen erst ganz am Anfang«.

**AUCH DIE MEDIZIN** bedient sich der winzigen Helferchen – etwa bei der Herstellung von Insulin. Dieses normalerweise in der Bauchspeicheldrüse produzierte Hormon regelt den Zuckerhaushalt im Blut. Zuckerkranken, deren Blut zu wenig Insulin enthält, wurde seit Beginn des 20. Jahrhunderts geholfen, indem man ihnen tierisches Insulin von der Kuh oder dem Schwein spritzte. Heute übernehmen genetisch veränderte »E. coli«-Bakterien die



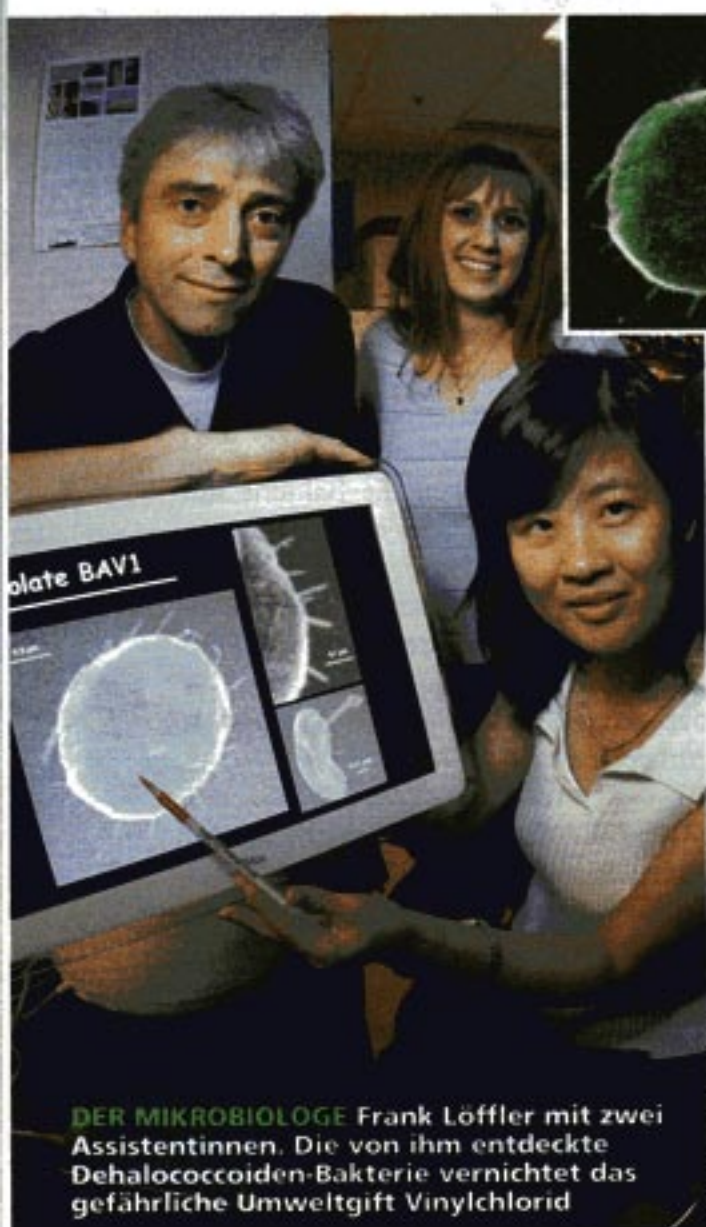
Insulin-Produktion. Im Labor schneidet man aus der DNA der Bakterien mithilfe von Enzymen einen Teil heraus und setzt das für die Insulin-Bildung verantwortliche menschliche Gen ein. Dann lässt man die Mikroben in einer Nährlösung aus Hefe heranreifen. Sind sie groß genug, erhalten sie die der Milchsäure verwandte Chemikalie IPTG als Nahrung – diese schaltet das eingepflanzte Gen ein, das produzierte Insulin speichert der Einzeller. Vermehren sich die Bakterien, bilden auch ihre Nachkömmlinge Insulin – so entsteht das begehrte Hormon in großen Mengen. Schließlich werden die Mikroben getötet und aufgebrochen, das Insulin wird extrahiert und gereinigt. Millionen von Diabetikern verdanken heute den organischen Insulinfabriken ein Mittel, das besser verträglich ist als das von der Kuh oder dem Schwein. Inzwischen werden auf die gleiche Weise auch Wachstumshormone

und das Anti-Viren-Mittel Interferon gewonnen.

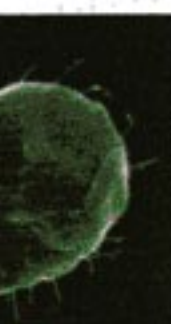
Strom aus Zucker – das schafft ein Bakterium namens »Rhodoferrax ferrireducens«. Lovley hat es durch Zufall gefunden, als er in einer unterirdischen Wasserader im US-Bundesstaat Virginia ganz andere Mikroben suchte. Zu seiner Überraschung verschlang das Bakterium mit Vorliebe alle Arten von Zucker. Normalerweise braucht Rhodoferrax ferrireducens für seinen Stoffwechsel Sauerstoff – ist aber keiner vorhanden, atmet es auch

arden Kilowattstunden Strom aus Landwirtschaftsabfällen gewonnen – genug, um den Bundesstaat Colorado mit Strom zu versorgen. Die Biomasse wird verbrannt, um Dampf zu erzeugen, der Turbinen antreibt: ein Verfahren, das nur 20 bis 40 Prozent der Energie in den Abfällen in Strom umsetzt. Bei der bakteriellen Stromerzeugung wäre die Ausbeute viel größer. Noch arbeiten die Keime allerdings zu langsam, um industriell eingesetzt zu werden. Aber Lovley ist zuversichtlich: »Es gibt jede Menge Möglichkeiten für

**Kunststoffe aus ERDÖL sind »out«.**  
**Mikroben erzeugen Plastik, das**  
**kompostierbar ist: Dazu brauchen**  
**sie nur ZUCKER oder ESSENSRESTE**



**DER MIKROBIOLOGE** Frank Löffler mit zwei Assistentinnen. Die von ihm entdeckte Dehalococcoiden-Bakterie vernichtet das gefährliche Umweltgift Vinylchlorid



andere Stoffe in der Umgebung wie Eisen oder Graphit: Es leitet Elektronen aus der Nahrung dorthin – Strom fließt.

Diesen Prozess machte sich Lovley zunutze: Er setzte eine Rhodoferrax-Kultur in einen Tank, in dem Elektroden (genauer: positiv geladene Anoden) aus Graphit hingen. Wurden die Bakterien mit Glukose, Fruktose oder Xylose gefüttert, kam ihr Stoffwechsel in Gang – sie atmeten Graphit, indem sie (negativ geladene) Elektronen zur Anode schickten. Der so entstandene Strom war durchaus nennenswert: Aus einem einzigen Zuckerwürfel gewann die Rhodoferrax-Bakterie genügend Energie, um ein Handy vier Tage lang in Betrieb zu halten.

»DIE EFFIZIENZ IST BEMERKENSWERT«, sagt Leonard Tender vom Naval Research Laboratory in Washington D.C. Deshalb macht er schon weitergehende Pläne für den Einsatz der Mikroben: »Langfristig können wir zur Gewinnung alternativer Energie das Verbrennen von Biomasse durch Bakterien ersetzen.« Alternative Energie ist auch in den USA ein großes Geschäft: Pro Jahr werden hier 37 Milli-

Verbesserungen. Allein wenn wir eine Elektrode aus porösem Graphit einsetzen, die eine größere Oberfläche besitzt, verdreifachen wir die Geschwindigkeit.«

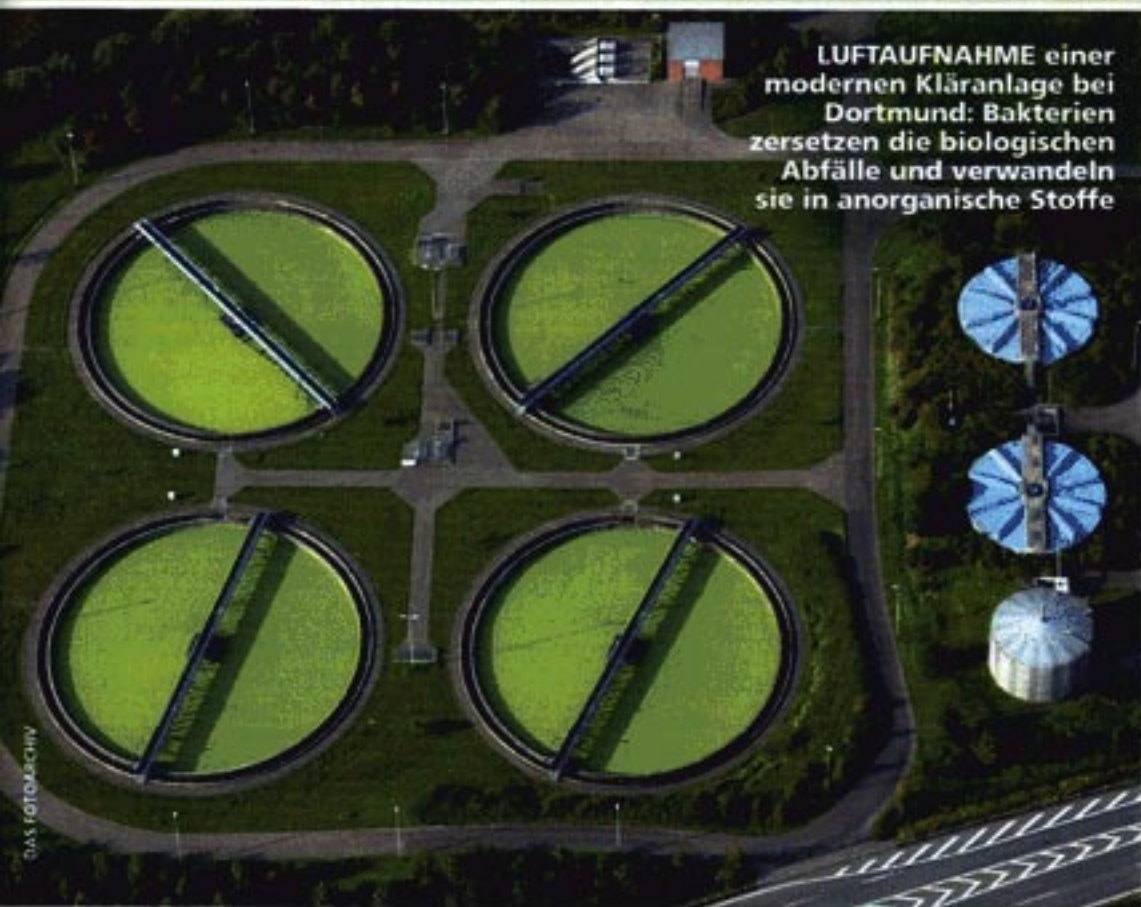
Aus Zucker können Bakterien nicht nur Strom gewinnen – sondern auch Kunststoff. Zurzeit wird das synthetische Material noch aus Erdöl hergestellt – doch die explodierenden Ölpreise machen die Produktion extrem teuer. Außerdem ist Plastik aus Erdöl ein Umweltproblem: Es verrottet nicht. Ganz anders Kunststoff, den Mikroben aus Zucker erzeugen: Er ist kompostierbar. Die US-Firma Metabolix hat ein Verfahren zur Herstellung von abbaubarem Plastik entwickelt – hält aber seine Methode und den Namen der verwendeten Bakterien streng geheim. Bekannt ist lediglich, dass der bakteriell gewonnene Kunststoff zu feuchten Hygienetüchern und Tampons verarbeitet wird.

Mehr weiß man über die Methode, mit der der aus Hongkong stammende Wissenschaftler Jian Yu an der Universität von Hawaii arbeitet: Er veranlasst das Bakterium »Ralstonia eutropha«, aus Essensresten Plastik zu produzieren. Yu sammelte in der Cafeteria seiner Universität die Küchenabfälle ein und gab sie den Mikroben zu fressen. Dabei setzte er ein zweistufiges Verfahren ein. In einem Bioreaktor ließ er die Abfälle 20 Tage lang fer-





**EINE DICKE SCHICHT** von Fett und schmierigem Unrat bedeckte diesen kleinen Abwasserteich neben einer Industrieanlage in Florida (ganz oben). Um das Gewässer zu retten, setzten Mitarbeiter des Mikrobiologen William Hadley Fett fressende Bakterien ein. Milliarden der Winzlinge säuberten den verdreckten Teich, indem sie die Fettstoffe in Kohlendioxid und Wasser verwandelten (oben)



**LUFTAUFNAHME** einer modernen Kläranlage bei Dortmund: Bakterien zersetzen die biologischen Abfälle und verwandeln sie in anorganische Stoffe

mentieren, dabei bildeten sich verschiedene organische Säuren, darunter Milchsäure. Diese wanderten durch eine Membran in einen zweiten Bioreaktor, in dem *Ralstonia eutropha* wartete: Für das Bakterium sind die Säuren ein willkommenes Nahrungsmittel. Wenn es ordentlich futtert, speichert es die dabei aufgenommene Energie, ähnlich wie Menschen Fett oder Pflanzen Stärke speichern: Es lagert PHA (Polyhydroxyalkanoat) ein – einen Polyester, der viele Eigenschaften von Polyethylen besitzt. Verantwortlich für die Plastikproduktion ist ein Gen, das die Forscher inzwischen isolieren konnten.

Nach 80 Stunden besteht die Bakterie zu 73 Prozent aus Kunststoff, das im Labor mit Enzymen herausgelöst werden kann. Je nachdem, welche Säuren die Mikrobe gefressen hat, bekommt das PHA andere Eigenschaften – so lässt sich ganz gezielt hartes oder elastisches Plastik herstellen. »Ein tolles Verfahren«, sagt Jian Yu, »weil unser Rohstoff nichts kostet, das Plastik verrotten kann und bei der Produktion kein Müll entsteht – die Reste dienen als Dünger.«

**DEN HUNGER VON MIKROBEN** nutzt auch William Hadley: Zu den Mitarbeitern seines Unternehmens Environmental Biotech im US-Bundesstaat Florida gehören Fett fressende Bakterien – deren Name Betriebsgeheimnis ist. Hadley suchte sie aus rund 250 Stämmen aus, deren Vorliebe für schwere Kost bekannt ist. Dann trainierte er die Winzlinge darauf, besonders große Mahlzeiten zu verzehren. Wenn sie das 75fache herkömmlicher Bakterien zu sich nehmen können, sind sie reif für den Einsatz: Hadley pumpt sie bei seinen Kunden regelmäßig in die Abflussrohre, um Verstopfungen vorzubeugen. Die Einzeller schmausen sich nämlich begeistert durch die Fettablagerungen, sodass alles im Fluss bleibt – ohne Chemie. Das Verfahren klingt einfach, »doch es erforderte jahrelange Forschung, bis die Bakterien effizient und zuverlässig arbeiteten«, erzählt der Firmenboss. Zuverlässig heißt auch, dass die Fettfresser nach getaner Arbeit nicht irgendein Unheil anrichten: Nach 50 Zellteilungen sind sie wieder harmlos wie eh und je – und eine Zellteilung passiert alle 15 Minuten.

Environmental Biotech boomt: Zu den



**STOLZ ZEIGT** der amerikanische Forscher William Hadley die von ihm gezüchteten Fett fressenden Bakterien. Unten: Die kleinen Putzteufel verhindern, dass sich in Abflussrohren solche Ablagerungen bilden – ohne Einsatz von Chemie



ENVIRONMENTAL BIOTECH (2)

## Die **SAUBERMÄNNER** unter den Bakterien werden systematisch auf das **GROSSE FRESSEN** trainiert: Sie vertilgen Fettreste in Abflüssen und verhindern so Verstopfungen

Kunden gehören McDonald's und Tausende andere Restaurants, die Stadt Waltham in Massachusetts und diverse Supermärkte in Großbritannien. Mehr als 40 Wissenschaftler arbeiten in den Firmenlabors. Mit mehreren Franchise-Partnern ist das Unternehmen heute in zehn Ländern tätig und erzielt 25 Millionen Dollar Umsatz. Wenn Hadley seine Bakterien in alle Welt verschickt, ist Tempo oberstes Gebot: Die kleinen Putzteufel halten sich selbst im tiefgekühlten Zustand nur 14 Tage.

Ebenso aktiv in Sachen Sauberkeit ist »Prochlorococcus«. Diese am häufigsten vorkommende Cyanobakterie, eine Algenart, findet sich auch in den Meeren, wo sie noch in 200 Meter Tiefe Photosynthese betreibt und dabei im Meerwasser gelöstes Kohlendioxid zu Sauerstoff veratmet. Das kann industriell genutzt werden – in Fabriksschloten: Wenn man sie hier ansiedelt, können sie das Treibhausgas aus dem Rauch holen. Besonders geeignet, weil hitzeresistent, sind Prochlorococcus-Stämme, die David Bayless, Ingenieur an der

Ohio-Universität, in den heißen Geysiren des Yellowstone-Nationalparks fand: Wer in 55 Grad Celsius heißem Wasser überlebt, dem machen auch die Temperaturen im Schornstein nichts aus.

**BAYLESS' IDEE:** Die Fabrikabgase werden zunächst mit Filtern von Schwefel und Asche gereinigt, dann auf 55 Grad Celsius abgekühlt und durch einen Bioreaktor mit den Bakterien geleitet. Die Menge der Mikroben muss genau auf die Abgasmenge abgestimmt werden, um den erwünschten Reinigungseffekt zu erzielen. Das Problem, genügend Licht für die Photosynthese und das Wachstum der Algen in den Abgasschacht zu bringen, will Bayless mit Spiegeln lösen: Sie fangen das Sonnenlicht ein und bündeln es, dann wird es über Glasfaserkabel in den Schornstein hinuntergeleitet. In vier Jahren will der Ingenieur so weit sein, dass seine bakterielle Abgasreinigung in einem echten Fabriksschlot getestet werden kann.

Ebenfalls einige Jahre wird es noch dauern, bis »Chlamydomonas« ihre Arbeit

aufnehmen kann. Diese Bakterien setzen Wasserstoff aus Wasser frei, wenn sie durch Photosynthese wachsen und weder Sauerstoff noch Schwefel zum Atmen finden. Der Wasserstoff könnte als wichtige erneuerbare Energiequelle in Brennstoffzellen und damit in unseren Autos eingesetzt werden. Der bakterielle Prozess wäre umweltfreundlicher als die Gewinnung von Wasserstoff durch Elektrolyse, weil dabei keine schädlichen Treibhausgase entstehen. Zurzeit arbeiten die Wissenschaftler daran, Chlamydomonas genetisch so zu verändern, dass ihre Wasserstoffproduktion im industriellen Maßstab möglich wird.

**WELTWEIT FORSCHEN** Hunderte Labors von Universitäten und Unternehmen nach neuen Einsatzmöglichkeiten von Bakterien. Doch die meisten der winzigen Lebewesen dienen uns bereits seit Menschengedenken – völlig unbemerkt. »Die kleinen Gesellen sind überall«, sagt Kristien Mortelmans, »wir sollten sie nicht als Übeltäter einschätzen, denn nur wenige machen uns krank.« Wer sich zum Schutz vor Mikroben die Hände mit antibakterieller Seife wasche, mache sich etwas vor, sagt die Mikrobiologin: »Erstens bleiben noch immer Millionen übrig. Und zweitens bilden sie einen Schutzschild, der die wirklich bösen Keime abwehrt.« ★

### INTERNET-ADRESSEN

► Viele Links zu Bakterien:  
[www.infochembio.ethz.ch/links/mikrobio\\_bakterien.html](http://www.infochembio.ethz.ch/links/mikrobio_bakterien.html)

► Weitere Informationen und Links finden Sie unter  
[www.pm-magazin.de](http://www.pm-magazin.de)



# FRAGEN & ANTWORTEN



PATRICIA KLARFELD, BOCHUM:

## Warum gibt es so wenig schwarze Schafe?

■ **SCHWARZE SCHAFE** gelten als Außenseiter – heute. Aber ursprünglich waren die Wolllieferanten in der Mehrzahl braun, schwarz oder braunschwarz gescheckt. Viel wichtiger als der Look der Schafe erschienen früheren Züchtern Menge und Qualität der Wolle sowie das Fleisch der Tiere. Versprach ein schwarzer Widder die besten Nachkommen, kam er zum Einsatz. Auch wenn eine Rasse vom Ausster-

ben bedroht war, mussten Vertreter nah verwandter Rassen einspringen – egal, ob schwarz oder weiß. Dunkle Wolle war in bestimmten Gegenden sogar sehr begehrt, beispielsweise in Tirol für die traditionellen Trachten. Doch mit der zunehmenden Industrialisierung ging der Trend im 19. und 20. Jahrhundert immer mehr zur weißen Wolle. Grund: Sie kann ohne chemische Vorbehandlung – und

deshalb wesentlich billiger – gefärbt werden. So wurden vermehrt Schafe gezüchtet, deren Haut und Haar nicht pigmentiert sind – heute stellen die weißen Merinos bei uns fast 30 Prozent der Herden. Doch auch im Erbgut blütenweißer Schafe finden sich immer noch Spuren der dunklen Vorfahren. Setzen sich deren Gene durch, werden schwarze Lämmer geboren. Die scheinen es mit ihren

weißen Verwandten nicht immer leicht zu haben. »Berichten zufolge werden sie von ihren Artgenossen wegen ihrer dunkleren Wolle manchmal für einen Hund oder einen Wolf gehalten und deshalb gemieden«, sagt Tierzuchtextperte Henrik Wagner, Koordinator für bedrohte Schafrassen in der Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen. Ob die Redewendung vom schwarzen Schaf, also einem ungeratenen und aus der Reihe tanzenden Mitmenschen, darauf zurückgeht, dass die farblichen Außenseiter in der Herde für Unruhe sorgten oder von den Züchtern nicht erwünscht waren, ist unklar. Auf jeden Fall haben schwarze Schafe ihren schlechten Ruf zu Unrecht. Auch heute noch werden schwarze Rassen gezielt von Liebhabern gezüchtet: in Bayern das schwarze Bergschaf, in Mecklenburg-Vorpommern das Rauwollige Pommersche Landschaf und in Hessen, Hamburg und Berlin das schwarze Skudden-Schaf.

SV BILD/STERN

MAXIMILIAN GRUBER, MÜNCHEN:

## Gibt es wirklich ein Dixieland?

■ **OB IM BIERGARTEN**, auf Ausflugsdampfern oder Volksfesten: Überall erklingt auch bei uns der eingängige und flotte Gute-Laune-Jazz, kurz Dixie genannt. Den Namen verdankt dieser Jazz-Stil seinem Entstehungsort, den amerikanischen Südstaaten – diese werden seit Ende des 19. Jahrhunderts von US-Bürgern auch als Dixieland bezeichnet. Namensgeber ist der britische Landvermesser Jeremiah Dixon. Zusammen mit seinem Landsmann Charles

Mason hat er von 1763 bis 1767 die Grenze zwischen Maryland und Pennsylvania vermessen. Die daraus resultierende »Mason-Dixon-Linie« wurde im amerikanischen Bürgerkrieg als Grenze zu den Südstaaten, kurz Dixieland, angesehen. Eine andere Theorie sieht den Ursprung des Namens in den alten Zehn-Dollar-Noten der Bank of Louisiana: Auf der Rückseite stand dort das französische Wort »dix« für 10 – die Südstaaten seien nach ihren

Geldscheinen als Dixieland bezeichnet worden. Jazz-Fans schließlich haben für das Wort noch eine dritte, romantischere Erklärung: Die Bezeichnung Dixieland gehe auf eine alte Sage der schwarzen Sklaven zurück. Dixy hieß danach ein legendärer weißer Farmer, der seinen Sklaven ungewöhnlich viele Rechte – so auch die, Musik zu machen – eingeräumt hatte. »Dixy's Land« war in der harten Sklavenwelt ein anderes Wort für »Paradies«.

HABEN SIE  
NOCH MEHR FRAGEN?  
SUCHEN SIE SCHNELLE  
ANTWORTEN?  
DANN LESEN SIE



**JETZT  
AM KIOSK**



INES WALLER, PER E-MAIL:

## Warum heißen Haarwaschmittel »Shampoo«?

■ **»AFTER SHAVE«, »Body Lotion«, »Peeling-Creme«** – der Trend ist klar: Für Kosmetik und Körperpflege-Produkte benutzen wir immer selbstverständlicher englische Bezeichnungen. Doch das Wort Shampoo ist ursprünglich nicht englisch – es kommt aus Indien. Champo heißen dort die traditionellen Kopfmassagen mit Haarwasser oder Ölen. Englische Kolonialherren und ihre Gattinnen übernahmen die wohltuende Sitte gern, ließen sich von Bediensteten das Haarwaschmittel einmassieren. So kam der Begriff ins englische Mutterland, bezeichnete dort zunächst noch die Kopfmassage, die exklusive Friseursalons anboten – bald aber auch das Haarwaschmittel, mit dem der Kopf eingeseift wird. Übrigens hat noch ein weiteres Wort aus Indien über England den Weg in die deutsche Spra-



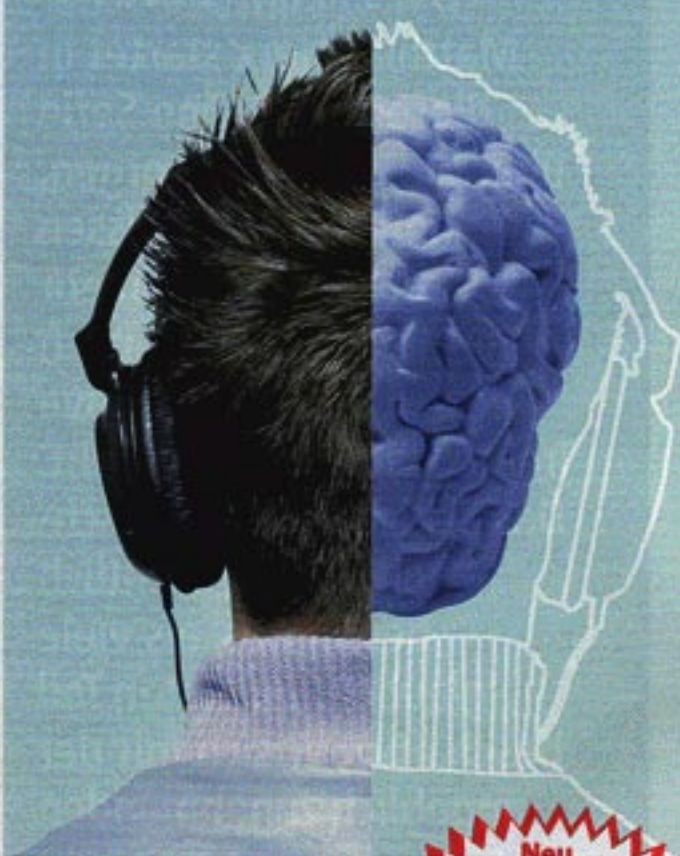
che gefunden. Wenn in traditionsbewussten Familien in der bevorstehenden Advents- und Weihnachtszeit wieder Punsch getrunken wird, ist damit eigentlich ein indisches Getränk gemeint: Punsch geht auf das Hindi-Wort panc (= fünf) zurück. Aus den fünf Grundzutaten Arrak, Zucker, Zitrone, Zimt, Tee wird in Indien mit Wasser ein traditionelles Heißgetränk hergestellt. Das Rezept und das Wort importierten englische Seefahrer schon im 18. Jahrhundert nach Europa.

CLEMENS BURMEISTER, KÖLN:

## Was ist »filibustern«?

■ **GEMEINT IST DAMIT EINE TAKTIK**, mit der zum Beispiel bei öffentlichen Diskussionen ein Gegner daran gehindert wird, zu Wort zu kommen. Oder: Eine politische Minderheit verhindert im Parlament, dass Abstimmungen über Mehrheitsanträge stattfinden können. Konkret bedeutet das: Vertreter der Minderheit blockieren die Sitzung durch stundenlange Vorträge. Dabei müssen sie nicht einmal sachbezogen reden – sie können auch über Hobbys

und Kindheitserinnerungen sprechen oder einfach Witze erzählen. Filibustern ist zum Beispiel im amerikanischen Senat eine gängige Strategie. Der Filibuster-Rekord liegt dort bei 24 Stunden und 18 Minuten, aufgestellt 1953 von Senator Strom Thurmond. Das Wort »Filibuster« kommt vom niederländischen vrijbouter = Freibeuter. Franzosen machten daraus »flibustier« und bezeichneten damit die um 1850 in der Gegend der französischen Antillen aktiven Seeräuber. Anfang des 20. Jahrhunderts tauchte das Wort als Ausdruck für »Zeitpiraterie« auf. Im Bundestag ist die Taktik aber nicht möglich: Die Redezeit der Abgeordneten liegt zwischen fünf Minuten und höchstens zehn Minuten bei angemeldeter Redezeit. Wer überzieht, wird vom Parlamentspräsidenten ermahnt und die jeweilige Überziehungsdauer der Partei bei späteren Redezeiten abgezogen.



Im Buchhandel  
und unter  
[www.pm-magazin.de/shop](http://www.pm-magazin.de/shop)  
erhältlich.

Neu,  
jetzt für nur  
**29,90 €**



Die komplette Reihe:  
**Szenen, die Geschichte machten**

Fünf CD's mit einer Gesamthördauer von über 5 Stunden. Zu hören sind 46 spannende und unterhaltsame Episoden, die von Christian Schult gesprochen werden.

**Gut zu wissen.**



# GESELLSCHAFT IM WANDEL

Der Zukunftsforscher Matthias Horx startet in diesem Heft eine Serie über unser Leben morgen. Seine These: Wir wissen heute sehr viel mehr über die Zukunft als noch vor 20 Jahren. Negative Trends haben sich gedreht. Das Schicksal der Menschheit sieht wesentlich besser aus, als viele glauben. Im ersten Teil beschäftigt er sich mit der angeblich zunehmenden »Verblödung« der Gesellschaft. Und kommt zu einem überraschenden Ergebnis



## Wie klug können wir noch werden?

**D**ie Frage nach der menschlichen Klugheit ist so alt wie die Zivilisation – und wurde meist negativ beantwortet. Schon zu Zeiten Senecas (4 v. Chr. – 65 n. Chr.) ging man von einer großen Masse von Dummen aus und einer winzigen, zu geistigen Leistungen fähigen Elite. Als Ursachen für diesen schlechten Proporz wurden neben der Erblehre auch »natürliche« Prozesse genannt, die den Menschen faul, konservativ und lernunwillig machen.

Im 21. Jahrhundert können wir unseren Lebensunterhalt nicht mehr durch Feldarbeit, Fließbandarbeit oder klassische Büroarbeit bestreiten – sondern nur durch eigenständige Intelligenzleistungen. Deshalb ist die Frage nach dem geistigen Potenzial der Menschheit für uns so entscheidend wichtig geworden, dass wir uns mit dem alten Bild von der dummen Masse nicht begnügen dürfen.

Ausgerechnet jetzt heißt es aber wieder, die Menschheit werde jeden Tag ein wenig

blöder. Kinder mutierten angeblich zu faulen, Süßigkeiten fressenden Monstern und das »Unterschichtenfernsehen« würde die Menschheit endgültig verblöden. Stimmt das? Nein. Unterm Strich und über lange Zeit gemessen wird die Menschheit sogar immer klüger. Der neuseeländische Professor James R. Flynn kam, auf Grund von Langfrist-Daten in 20 Ländern der Erde, zur erstaunlichen Erkenntnis: Die Intelligenz der Bevölkerung in den meisten Ländern erhöht sich unaufhörlich. Flynn fand Anstiege zwischen fünf und 30 Punkten in nur 25 Jahren. Die Deutschen etwa verbesserten sich von 1954 bis 1981 um 17 Punkte – im Reich der Intelligenzmessung eine beachtliche Punktzahl.

**DIE REIHENUNTERSUCHUNGEN** Flynn wurden nicht fortgesetzt, und einige neuere Untersuchungen lassen eher ein Abflachen der Klugheits-Kurve vermuten. Doch die vier wesentlichen Trends, die in den meisten Ländern der Erde für die Intelli-

genzentwicklung gesorgt haben, sind konstant geblieben.

**Ernährung:** Ihre Qualität hat sich für den allergrößten Teil der Menschheit in den letzten Jahrzehnten massiv verbessert. Dabei sind es gerade die hochkalorischen und zuckerreichen Nahrungsmittel, welche die geistige Leistungsfähigkeit steigern – solange man sie nicht besinnungslos in sich hineinstopft. Radikal zurückgegangen sind dagegen die »Intelligenzkiller« – die schweren infektiösen Kinderkrankheiten.

**Bildung:** Noch Anfang des 20. Jahrhunderts ging in den ländlichen Regionen Europas kaum jedes zweite Kind in die Schule, seitdem hat sich der weltweite jährliche »Input« an schulischer Bildung in die Menschen verzwanzigfacht.

**Erziehung:** Weit verbreiteten Vorurteilen zum Trotz kümmern sich Eltern heute mehr um ihren Nachwuchs als in der Vergangenheit. Fragen der Kindererziehung werden in den Wohlstandsnationen in einem weitaus höheren Ausmaß





NICHOLAS PRIOR / GETTY IMAGES

**COMPUTER-KIDS** Schon für die Jüngsten kann mediales Lernen Hirntraining sein, das sie fit macht für die Anforderungen der globalisierten Welt

Widerhaken. Das Werkzeugarsenal des Cromagnonmenschen umfasste dann schon kleine Klingen, Angelhaken, Flöten, Kalender. Werkzeuge, Höhlenwände, der eigene Körper wurden verziert, man schnitzte Figürchen von Tieren und nackten Frauen. Doch wie war es zu diesem »Großen Sprung« gekommen? Richard Dawkins, der berühmte Evolutionsbiologe, führt in seinem Buch »Der entzauberte Regenbogen« drei wesentliche Gründe an.

Erstens: Die Entwicklung der Sprache war in einer Umgebung voller Gefahren ein entscheidender Überlebensvorteil. Zum Beispiel beim Jagen von Großwild, wo man nun hoch arbeitsteilige Prozesse koordinieren konnte, aber auch als »Medium« in Rankämpfen und bei der Reproduktion.

Zweitens, so Dawkins, entwickelte sich unser Hirn durch die optische Repräsentation der Umwelt. Die ersten Bilder waren Abbildungen von Tieren und – Karten! Wer »innere Karten« als Orientierungshilfe hat, kann besser Fährten lesen – und erfolgreicher jagen.

Drittens: Unser übergroßes Hirn formte sich nach Dawkins nicht nur durch die Gene, sondern auch durch einen »zweiten Replikator« – die »Meme«. Mit diesem Wort bezeichnet er kulturelle Muster, Bilder, Symbole, Traditionen; alles, was auf dem Wege der Imitation, des Lernens und Weitergebens an andere Menschen kopiert werden kann. Ähnlich wie wuchernde Software benötigen Meme immer größere und schnellere Hardware-Speicher. So entsteht unser großes Hirn gewissermaßen als Anpassung an den radikal wachsenden Speicherbedarf symbolischer Prozesse.

Einen weiteren Grund für das Wachstum der Intelligenz beschreibt der Psychologe George Loewenstein. In »The Psychology of Curiosity« (1994) definiert er das menschliche Lernen als Lustprozess. In unseren Hirnen, so Loewenstein, ist ein individuelles Set von Mustern verankert,

*Wer gern lernt,  
schwimmt im Glück  
der körpereigenen  
Drogen. Ein Gefühl,  
das wir auch  
im hohen Alter noch  
erleben können*

mit denen wir uns ein schlüssiges Bild unserer Umgebung machen. Stoßen wir auf ein äußeres Signal, das im Widerspruch zu dieser »inneren Ordnung« steht, wird eine Kaskade neuronaler Ausschüttungen in Gang gesetzt, welche die Synapsen aufnahmefähig für neue Muster und Verbindungen machen. Dann erzeugt das Hirn einen »Schwarm« vielfältiger Lösungsmodelle, entscheidet sich schließlich für eines davon und verankert diese neue These im Gedächtnis. Dabei werden Dopamine ausgeschüttet und eine Welle von neuronalen Glücksgefühlen erzeugt: Aha, ich habe es erkannt!

**LERNEN IST ALSO** nicht jener mühsame Prozess des »Auswendiglernens«, zu dem wir ihn in unseren Schulen gemacht haben. Es ist eine Form körpereigenen Drogen-genusses! Tatsächlich ist die Plastizität des Hirns auch viel größer als früher angenommen. »Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans nimmermehr« erweist sich als falsch. Die neuere Hirnforschung zeigt, dass Gehirnzellen sich sehr wohl vermehren können und dass wir bis ins hohe Alter gern lernen – nur eben anders.

Im Kontext der globalen Informationswelt wird der Geist unaufhörlich stimuliert, herausgefordert, in Lernstress versetzt. Er antwortet darauf mit einem alten evolutionären Muster – mit immer filigraneren, spezialisierteren Fähigkeiten. Unter anderem auch mit einer »Anpassung«, die auf den ersten Blick wie eine Beschränkung wirkt: mit so genannten Inselbegabungen.

In einer der schönsten Beschreibungen menschlicher Wahrnehmungsmöglichkeiten, »Supergute Tage« von Mark Haddon, wird die Reise des jungen Christopher von einem Vorort von London in die Innenstadt geschildert. Ein kurzer Bahntrip – aber ein Rausch von Sinneseindrücken, gegen die jeder Drogentrip nur ein müdes Nieseln ist! Christophers Geschichte rührt deshalb so tief, weil wir spüren, dass auch in unserem eigenen Inneren eine hypersensible Seele wohnt, die zu ungeheuren Wahrnehmungsleistungen fähig ist.

Christopher leidet unter der Asperger-Krankheit, einer Variante aus dem Formenkreis des Autismus. Aspergertum hat in schicken urbanen Kreisen fast Kultstatus bekommen, »Du bist Asperger« ist in

als früher ernst genommen und diskutiert.

Mediale Vernetzung: Gerade die Massenmedien, oft für ihre Verdummungsfunktion gescholten, tragen direkt und indirekt zur »Weltbildung« bei. Neueste Forschungen zeigen, dass die kritisierten Videospiele enormes »Hirntraining« darstellen; sie üben komplexes, strategisches, multifaktorielles Denken und Handeln.

Um weitere Prognosen über die Entwicklung menschlicher Intelligenz machen zu können, muss man sich klar machen, wie – und aus welchen Gründen – sie überhaupt entstanden ist.

Vor etwa 75 000 Jahren fand im heutigen Kenia statt, was die Anthropologen den »Großen Sprung« nennen. Archäologische Funde aus dieser Zeit dokumentieren gegenüber früheren Funden einen dramatischen Wandel: Jetzt erfanden die frühen Menschen das Erfinden. In einer Höhle im östlichen Kongo entdeckte man kunstvoll gefertigte Werkzeuge aus Knochen: Dolche, Pfeile und Speerspitzen mit



London eine halb zynische, halb bewundernde Metapher für: Du bist hoffnungslos übersensibel, aber du bist auch toll und interessant!

In der neueren Forschung setzt sich der Gedanke durch, dass der so genannte Autismus viel weiter verbreitet ist als bisher angenommen. So halten Autismusforscher wie Simon Baron-Cohen zum Beispiel ausgeprägte Männlichkeit für eine milde Form von Autismus. Auch Genies oder große Talente werden inzwischen oft als »sanfte Autisten« betrachtet.

Im berühmten Film »Rain Man« ist die Hauptfigur, gespielt von Dustin Hoffman, in der Lage, die Anzahl von aus der Schachtel gefallenen Streichhölzern in Sekundenbruchteilen zu bestimmen. Er gehört zu jenen ungewöhnlichen Menschen, die heute nicht mehr wie früher »idiots savants« (wissende Idioten) genannt werden, sondern nur »Savants«. Diese Menschen zeigen uns, dass im menschlichen Hirn unglaubliche Fähigkeiten schlummern, die sogar mit Hochleistungscomputern mithalten können. Denkbar wäre es, solche

## Die Wissensgesellschaft stimuliert unseren Geist permanent. Werden wir eines Tages so schnell denken wie Hochleistungscomputer?

Fähigkeiten gezielt hervorzurufen, indem man das Gehirn »zerlegt« und die Einzelteile zu verstärkter Aktivität antreibt. Robyn Young von der australischen Flynnders-Universität experimentiert seit vielen Jahren mit Magnet-Stimulationen. Wenn er bestimmte Hirnareale bei seinen Testpersonen anregt, können sie plötzlich genial Tiere zeichnen oder sekundenschnell Wochentage bis ins Jahr 15 000 bestimmen. Niels Birbaumer von der Universität Tübingen ist noch einen Schritt weiter gegangen: Er schult Probanden, ihre Gehirnaktivität wissentlich so weit zu kontrollieren, dass sie etwa einen Cursor auf einem Bildschirm mental kontrollieren können.

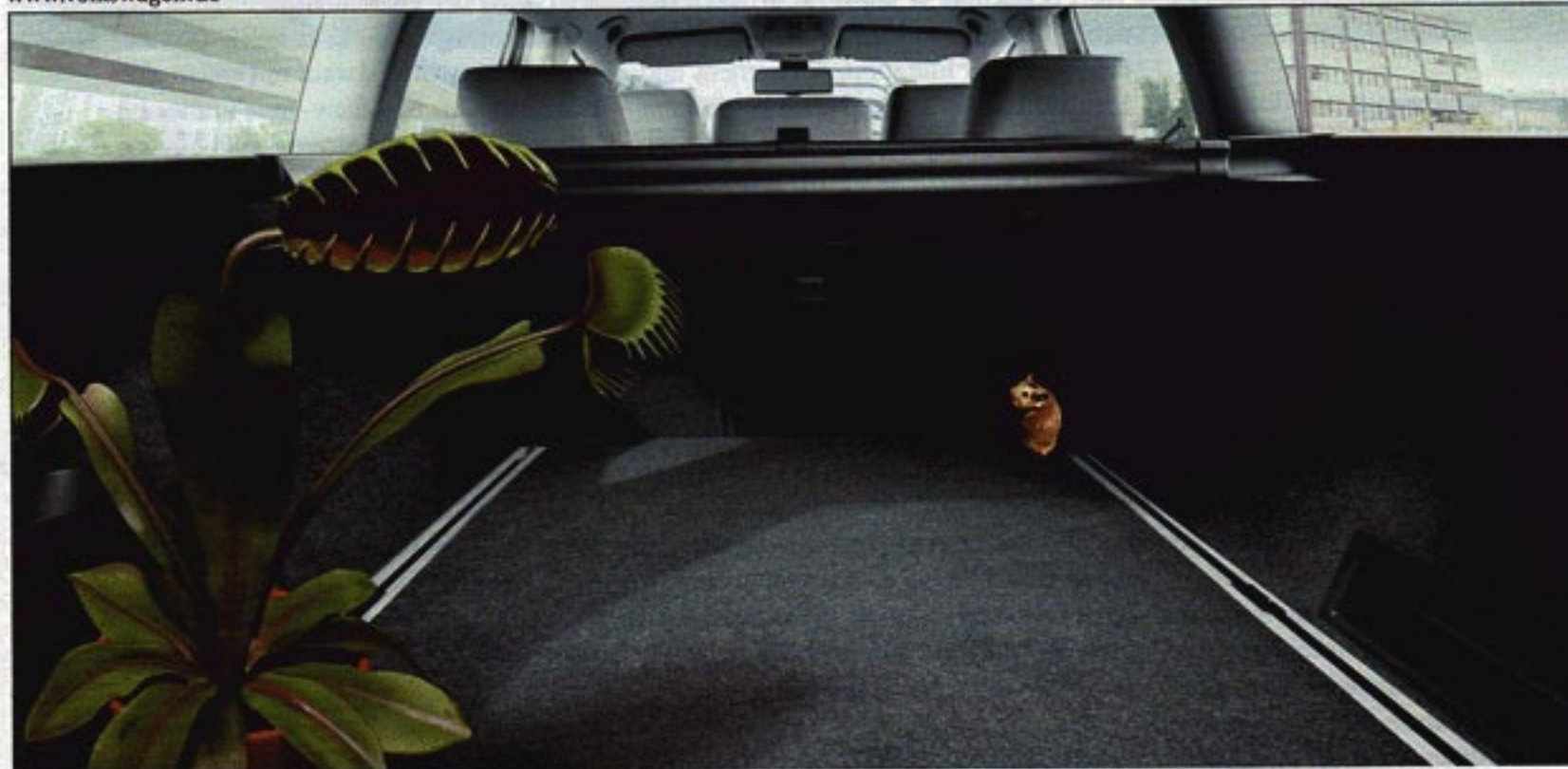
Kündigt sich hier vielleicht eine »geistige Mutation« der Menschheit an? Werden in den Teams großer Unternehmen in Zukunft womöglich Savants und Asperger

sitzen, die mit rasender Geschwindigkeit Teilphänomene durchdringen, deren Komplexität ansonsten nicht zu bezwingen wäre? Lassen sich womöglich einzelne geistige Leistungen verbessern, ohne den »Gesamtzusammenhang« des Gehirns zu gefährden — und damit schwere Verhaltensstörungen zu riskieren? Vieles deutet jedenfalls darauf hin, dass immer mehr Menschen »Inselbegabungen« entwickeln — womöglich eine Antwort des Gehirns auf unsere neue, hochdifferenzierte Umwelt.

**EINE WEITERE ENTSCHEIDENDE Frage** im 21. Jahrhundert: Bleibt Hochbildung die Sache von Minderheiten, oder können ganze Gesellschaften en bloc »hoch gebildet« werden? Während wir in Deutschland noch über die Frage »Darf man Eliten fördern?« nachdenken, haben andere Gesellschaften sich längst entschieden.

In Finnland erreichen schon jetzt 85 Prozent der 20-Jährigen einen tertiären Bildungsabschluss (Abitur) und sind hochschulberechtigt. 71 Prozent beginnen ein

www.volkswagen.de



**Der neue Passat Variant. Schön und schön groß.**



Studium, 65 schließen es ab (Deutschland 34/25/18).

In Südkorea, Taiwan und Singapur ist der Bildungsgrad der Bevölkerung heute breiter und höher als in Zentraleuropa. In China steigt die Quote der tertiären Bildung steil an und wird bereits in zehn Jahren die 40-Prozent-Marke erreichen.

In Australien studieren nach der OECD-Statistik (2004) 77 Prozent, in Schweden 75 Prozent und in den USA 64 Prozent der jungen Generationen. In Irland, dem wachstumsstärksten Land Europas in den letzten Jahrzehnten, absolvieren sechs von zehn jungen Bürgern ein Studium.

Spätestens seit PISA wissen wir, dass diese Entwicklungen nicht nur auf lasche Prüfungskriterien zurückzuführen sind und dass am Ende nicht Millionen von akademischen Arbeitslosen stehen. Im Gegenteil. Jedes Jahr an zusätzlicher Bildung, das eine Bevölkerung im Durchschnitt genießt, steigert das Bruttosozialprodukt nachweislich um drei bis sechs Prozent.

Die Wissensgesellschaft ist also keine Utopie. In der global vernetzten Medien-

**HERAUSFORDERUNG**  
In einigen asiatischen Ländern ist der Bildungsgrad höher als in Mitteleuropa. In China werden bald 40 Prozent der 20-Jährigen das Abitur haben (Deutschland heute: 34 Prozent)



CAMELOT / PHOTONICA / GETTY IMAGES

und Wirtschaftswelt hat sie mächtige Generatoren, Verbündete und Sponsoren. Sie bleibt allerdings an Bedingungen geknüpft: Erstens müssen wir unser Verständnis vom Lernen als eine begrenzte Aufgabe der Jugend überwinden. Zweitens sollten wir verstehen, dass Lernen ein lebendiger, interaktiver Prozess ist, der mit Neugier, Spannung und auch Stress zu tun hat. Wir müssen unsere Schulen und Universitäten radikal verändern – sodass sie

Schulen des »Lebenslernens« werden. Im Kern geht es um nichts Geringeres als ein neues Menschenbild. Die Evolution des Menschen – die Evolution des Hirns – ist nach vorn hin offen. ★

#### INTERNET-ADRESSEN

► Auf der Suche nach der Intelligenz:  
[www.quarks.de/intelligenz](http://www.quarks.de/intelligenz)

► Weitere Informationen und Links finden Sie unter  
[www.pm-magazin.de](http://www.pm-magazin.de)



Beim neuen Passat Variant müssen Sie sich nicht entscheiden. Weder zwischen Eleganz und Größe noch zwischen Individualität und Flexibilität. Dank seines aufregenden Designs und seines variablen Gepäckraums, der mit einem optionalen Gepäckmanagement-Paket unterteilt werden kann. Und dank vier attraktiver Ausstattungslinien. Nur eine Entscheidung müssen Sie noch treffen: wann Sie ihn Probe fahren. Weitere Informationen unter 01802/Volkswagen (0,06 €/Anruf).



Aus Liebe zum Automobil



UNSERE ERDE

# Wo kommt sie her – wo geht sie hin?

vor 4,5 Mrd. Jahren

## GEBURT

Vor viereinhalb Milliarden Jahren entstehen die Planeten des Sonnensystems, darunter auch ein glühender, flüssiger »Ball«, der sich später zur Erde verfestigen wird. Dieses neugeborene Gebilde ist einem pausenlosen Bombardement von Meteoriten ausgesetzt. Bis daraus der »Blaue Planet« wird, müssen noch Millionen Jahre vergehen.

Sie ist unsere Heimat, der Boden unter unseren Füßen, ein uraltes Symbol für Beständigkeit. Doch das erweist sich immer mehr als Illusion. Je mehr Geologen und Biologen über die Biografie unseres Planeten herausfinden, desto deutlicher wird: Die Erde – und mit ihr das Leben – verändert sich ständig. Wie sah es auf ihr vor Jahrmillionen aus? Was wird in Hunderten von Jahrmillionen von ihr noch übrig sein – und von uns? Ein Bericht über gute und schlechte Zeiten und über Veränderungen, die jetzt anstehen – in naher und ferner Zukunft

VON PETER RIPOTA



vor 4,5 Mrd. Jahren

»Und die Erde war wüst und leer.«  
Die Bibel beschreibt die  
Anfänge unseres Heimatplaneten  
poetisch – und korrekt



↑ DICKE LUFT

Die irdische Atmosphäre ist so dicht wie heute auf der Venus. Staubteilchen, Reste von Meteoriteneinschlägen, verhüllen die Sicht auf den Weltraum. Der aus der Erde herausgeschlagene Mond steht riesengroß am Horizont – in einer Entfernung von nur etwa 100 000 Kilometern. Noch gibt es keine Ur-Meere, die er bewegen könnte. Aber seine Kräfte zerren an der hauchdünnen Erdkruste, die sich zaghaft zwischen den Magmaströmen bildet. Wie eine Wunde reißt diese immer wieder auf; ein Leben, selbst in einfachsten Formen, ist nicht möglich.

HÖLLENFEUER →

Noch immer liefern sich auf der Erde zerstörerische und aufbauende Kräfte einen erbitterten Kampf. Erste zusammenhängende Landmassen werden, kaum dass sie sich bilden, wieder vernichtet. Asteroiden und Meteoriten prasseln herunter, reißen riesige Löcher in die Kruste. Gigantische Vulkane sind entstanden, übergießen den jungen Boden mit glühender Lava.



vor 4,4 Mrd. Jahren



**vor 4,3 Mrd. Jahren**

#### ← DER ERSTE REGEN

Nach der großen Hitze folgt – endlich – Erfrischung. Weil sich die Atmosphäre allmählich abkühlt, kondensiert der in ihr gespeicherte Wasserdampf: Es regnet, regnet, regnet ... Noch ist die Erde so heiß, dass das Wasser sofort verdampft. Doch immer wieder kommt neuer Regen nach; der Boden kühlt langsam ab. Wasser sammelt sich in gigantischen Lachen, aus denen Ozeane werden – die Wiege des irdischen Lebens. Auch wenn niemand weiß, wie (und wo) sich erste Lebewesen entwickelt haben, sicher ist: Ohne diese riesigen Wassermassen hätten sie keine Chance gehabt!

**vor 3,9 Mrd. Jahren**

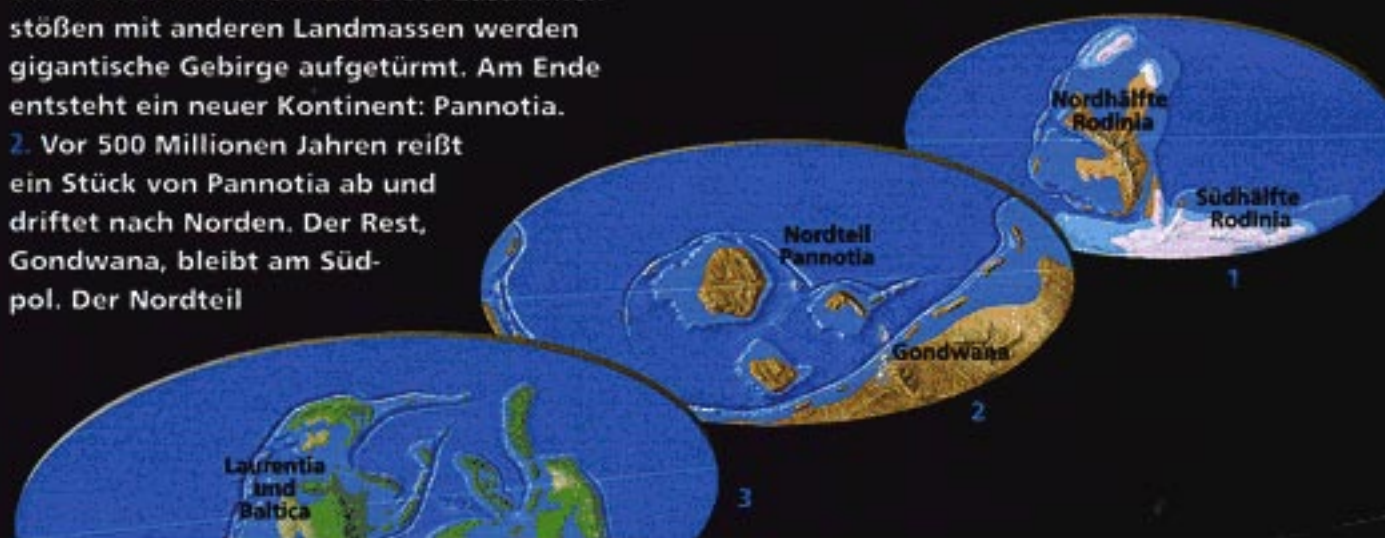
#### LEBENSZEICHEN →

In den Ozeanen ist zum ersten Mal eine stabile, lebensfreundliche Umwelt auf der Erde entstanden. Jetzt kann das Leben beginnen. Es startet scheinbar bescheiden: mit Einzellern ohne Zellkern und ohne Atemwege, denn noch existiert kein Sauerstoff in der Atmosphäre. Doch schon diese allerersten Lebewesen besitzen eine raffinierte Fähigkeit: Sie können die unterschiedlichsten Nährstoffe ihrer Umgebung verwerten – Schwermetalle ebenso wie Phosphor, Schwefel oder Methan. Ein Beweis für die Kraft des Lebens: Einige dieser Ur-Wesen – Bakterien, die bakterienähnlichen Archäa und blaugrüne Algen – existieren noch heute.

#### DIE GESCHICHTE DER KONTINENTE (TEIL 1)

1. Vor 750 Millionen Jahren bricht eine riesige zusammenhängende Landmasse, der Kontinent Rodinia, auseinander. Die Spaltung dauert 150 Millionen Jahre. Bei Zusammenstößen mit anderen Landmassen werden gigantische Gebirge aufgetürmt. Am Ende entsteht ein neuer Kontinent: Pannotia.
2. Vor 500 Millionen Jahren reißt ein Stück von Pannotia ab und driftet nach Norden. Der Rest, Gondwana, bleibt am Südpol. Der Nordteil

zerbricht und versinkt. 3. Vor 400 Millionen Jahren bilden sich die ersten Kontinente: Laurentia (Nordamerika) und Baltica (Nordeuropa); Avalonia (Großbritannien; hier verdeckt).





vor 3,7 Mrd. Jahren

**LANDUNG** Flache Meerwasserbecken werden zu »Entwicklungslaboren« für Pflanzen und Tiere, die auf dem Land leben können. Viele Lebewesen passen sich an die Gezeiten mit dem rhythmischen Kommen und Gehen des Wassers an, die Trockenheitsphasen machen sie fit für den »Landgang«. Pioniere sind vor allem Kolonien von Bakterien und Algen. Ihre Kalkabscheidungen bilden kleine Kuppeln, so genannte »Stromatolithen«, noch heute in Australien zu sehen.



6

vor 2,3 Mrd. Jahren

vor 530 Mio. Jahren

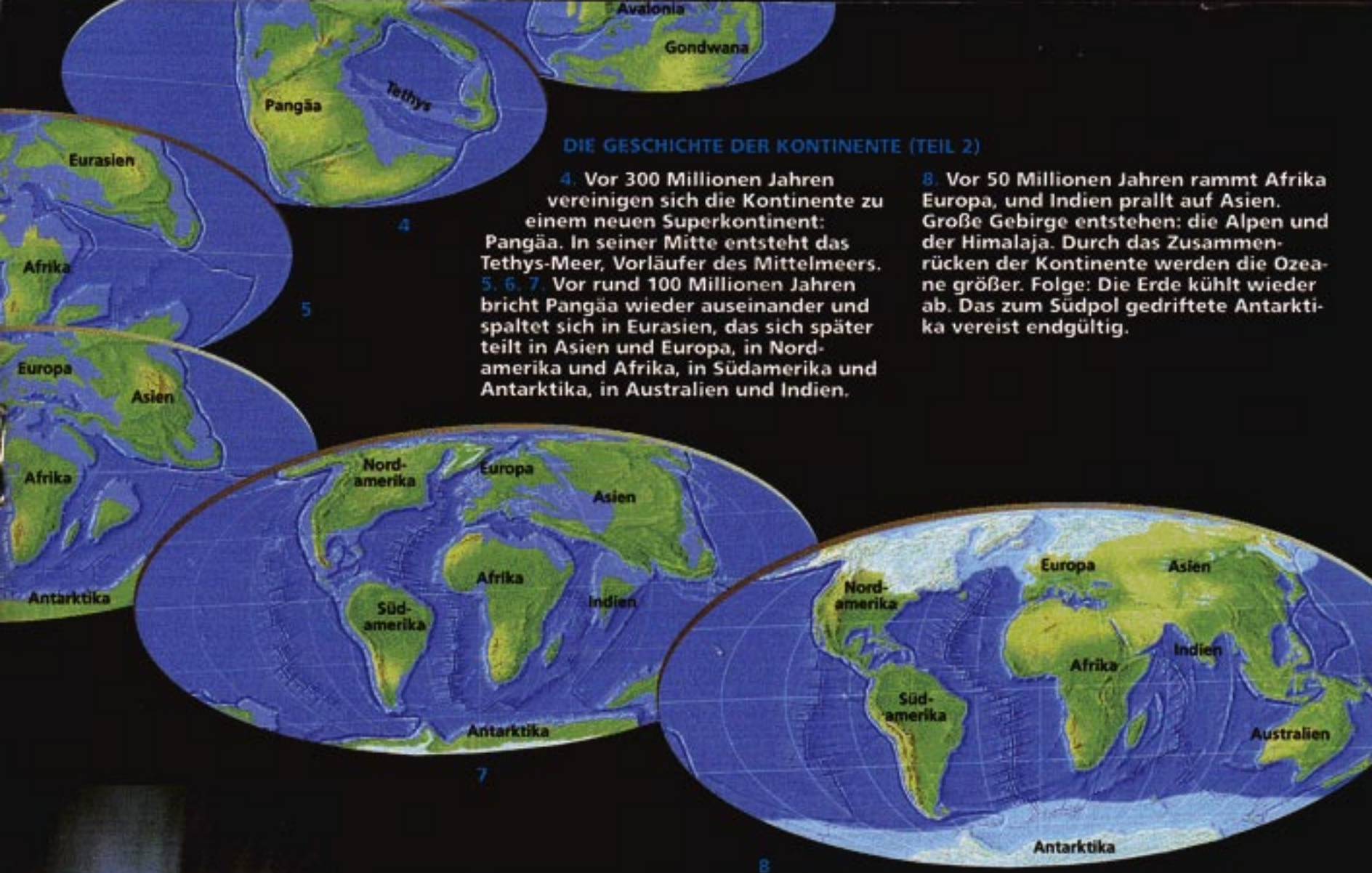
#### LEBENSFÜLLE →

Als »kambrische Explosion« bezeichnen Wissenschaftler die erstaunliche Vielfalt an Lebensformen, die vor 570 bis 500 Millionen Jahren (Kambrium) scheinbar aus dem Nichts entstehen. Vor allem in den Tiefen der Meere boomt das Leben. Im »Burgess Shale« in Kanada hat man fantastisch erhaltene Fossilien solcher Meerestiere gefunden, wie »stachelbewehrte Pflanzenfresser« und »zahnmaulbesetzte Jäger«. Doch die bizarren Lebewesen, denen die Erde in dieser langen Periode gehört, sterben alle aus.



↑ **FROST** Eine der ersten Eiszeiten bedeckt die Erde mit dicken Gletschern. Paläontologen vermuten: Weil die Vegetation sich ausbreitet hat, ist der Bedarf an  $\text{CO}_2$  gestiegen – womöglich die Ursache für eine schleichende Abkühlung. Ab jetzt werden solche Kälteperioden immer wieder auftreten – mal mehr, mal weniger lang und tödlich. Doch jedesmal, wenn die Temperaturen danach endlich wieder steigen, startet das Leben einen neuen Versuch.





## DIE GESCHICHTE DER KONTINENTE (TEIL 2)

4. Vor 300 Millionen Jahren vereinigen sich die Kontinente zu einem neuen Superkontinent: Pangäa. In seiner Mitte entsteht das Tethys-Meer, Vorläufer des Mittelmeers.  
5. 6. 7. Vor rund 100 Millionen Jahren bricht Pangäa wieder auseinander und spaltet sich in Eurasien, das sich später teilt in Asien und Europa, in Nordamerika und Afrika, in Südamerika und Antarktika, in Australien und Indien.

8. Vor 50 Millionen Jahren rammt Afrika Europa, und Indien prallt auf Asien. Große Gebirge entstehen: die Alpen und der Himalaja. Durch das Zusammenrücken der Kontinente werden die Ozeane größer. Folge: Die Erde kühlt wieder ab. Das zum Südpol gedriftete Antarktika vereist endgültig.

### vor 420 Mio. Jahren

→ **TRAUMWETTER** Für viele Millionen Jahre – vor ca. 435 bis 410 Millionen Jahren – spannt sich ein azurblauer Himmel über die Erde. In den warmen und relativ flachen Meeren beginnt eine Hoch-Zeit für unterschiedliche Wasserwesen. Die Trilobiten (untere Bildhälfte) sind jetzt die »Herren der Welt«. Schon während der »kambrischen Explosion« tauchten erste Exemplare auf, nun entwickeln sie eine überwältigende Vielfalt. 15 000 Arten haben Experten bis jetzt beschrieben, jährlich werden neue entdeckt. Die vor der Saurierzeit wieder ausgestorbenen kleinen Gliederfüßer dienen heute als »Leitfossilien« für die Altersbestimmung von Gesteinsschichten.



### vor 360 Mio. Jahren

Die ersten Lebewesen erobern das Land – doch die ersten Eiszeiten vernichteten sie wieder



#### ← ERSTE SCHRITTE

Im Erdzeitalter »Devon« bilden sich permanente Feuchtgebiete – eine ideale Umgebung für Lebewesen, die sich schon kurze Landspaziergänge zutrauen. Vorsichtig verlassen die ersten Amphibien das Wasser und suchen in der üppigen Vegetation nach Nahrung. Doch zum Schlafen, zur Laichablage und zum Überwintern kriechen sie in ihr vertrautes Element zurück.



vor **225** Mio. Jahren

#### GROSSES STERBEN →

Das »Perm«-Zeitalter geht mit einem schweren Rückschlag zu Ende: 95 Prozent aller Wasserwesen und 75 Prozent der Landtiere sterben aus, darunter auch einige Vorläufer der späteren Dinosaurier. Ursache: unbekannt! Vermutlich wirkten verschiedene Faktoren zusammen: Vulkanausbrüche, Sauerstoffentzug in den Meeren, saurer Regen. Die Erde ist wieder wüst und (fast) leer.



## Erst passiert eine Katastrophe – dann ist die Erde für viele Millionen Jahre ein Paradies. Auch für Dinos

vor **170** Mio. Jahren



#### ← AUFSTEIGER

Es ist wieder schön auf der Erde, im »Jura«-Zeitalter beginnt eine der längsten Wärmeperioden in der Geschichte der Erde. Das Leben kann neue Experimente wagen. Flugsaurier (Pterosaurier) tauchen auf – Echten, die sich dank kräftiger Flughäute in die Luft erheben können. Ein Prachtexemplar: das sieben Meter lange Pteranodon. Ob der lange Kamm auf dem Kopf als Flughilfe für die schweren Tiere diente – darüber wird in der Forschung heftig diskutiert.



↓ **LEBENS Lust** Das »goldene Zeitalter« geht weiter, die Vielfalt auf der Erde nimmt immer mehr zu. In den warmen, aber nicht zu heißen Temperaturen breiten sich Palmen und gigantische Farne aus; sie bilden ausgedehnte Regenwälder und Dschungel. Hier finden Insekten, Wirbeltiere und Pflanzenarten ideale Lebensräume. Die neue »Krone der Schöpfung«: Saurier. Sie vermehren sich ungehindert, erobern die Erde, das Wasser und die Luft.

**vor 90 Mio. Jahren**



**VOR DER KATASTROPHE** → Die Saurier sind auf dem Höhepunkt ihrer Entwicklung. Jetzt rumpeln neben den kleinen Echsen auch riesige Kolosse durch die Regenwälder, darunter der Tyrannosaurus Rex, Vorbild zahlreicher Filme (»Godzilla«) und Horrorgeschichten. Im Schatten der Saurier lebt ein kleines nachtaktives Tier, das heute als Vorläufer aller Säugetiere gilt. Bald wird sich erneut zeigen: Nichts ist ewig auf der Erde. Wieder einmal naht das totale Aus – gefolgt von einem Neuanfang.



**vor 80 Mio. Jahren**



#### ← **GEHEIMNISSE**

Ein Saurierskelett wird ausgegraben. Zahlreiche Funde haben es möglich gemacht, das Aussehen der »Donnerechsen« exakt zu rekonstruieren. Doch wie diese Wesen sich bewegt und vermehrt haben, ob sie Pflanzen, Aas oder Frischfleisch fraßen, wissen wir nicht.



**vor 65 Mio. Jahren**



#### ← KOLLISIONSKURS

Am Ende der Kreidezeit passiert eine Mega-Katastrophe: Ein Riesenmeteorit oder Komet rast auf die Erde zu. Im Golf von Mexiko, wo er – nach Meinung vieler Forscher – einschlug, ist heute ein 175 Kilometer großer Krater zu sehen. Als Beweis für

den Einschlag gilt vielen Geologen eine dicke Schicht des seltenen Metalls Iridium an der Grenzschrift von der Kreide- zur Tertiärzeit. Die Wucht des Aufpralls übersteigt die menschliche Vorstellungskraft, die Folgen für das irdische Leben kommen einem Weltuntergang gleich.

#### IMPACT →

Der Meteorit schlägt auf, die Erde bebt, Feuerstürme wüten, der aufgewirbelte Staub verdunkelt die Atmosphäre, das Sonnenlicht kann nicht mehr durchdringen. Es wird kalt. Saurer Regen fällt vom Himmel. Für Tiere und Pflanzen beginnt wieder einmal das große Sterben. Nur kleinere Lebewesen und Meerestiere werden diesen »nuklearen Winter« überleben. Ob allerdings auch die Saurier durch diese Katastrophe zugrunde gingen, ist nicht sicher. Anderen Theorien zufolge sind sie schon vorher ausgestorben, als Folge einer Krankheit oder weil ihre biologische Uhr abgelaufen war.

**vor 65 Mio. Jahren**



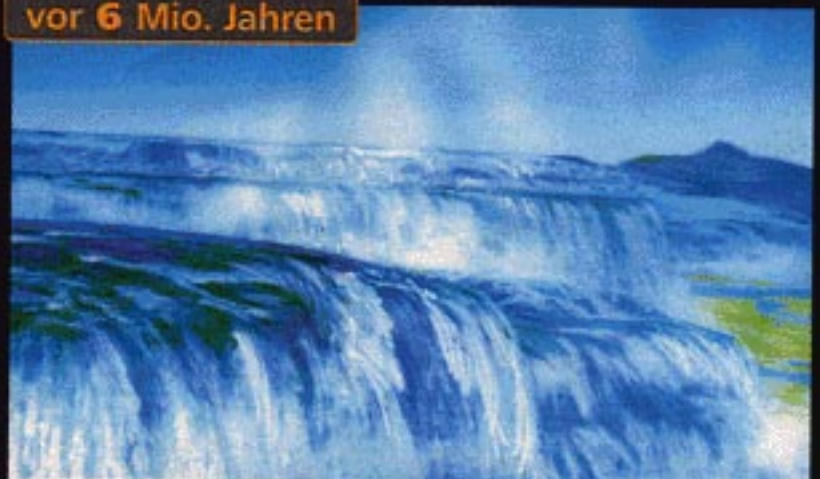
**vor 50 Mio. Jahren**



#### ← FRÜHLING

Ganz allmählich »erholt« sich die Erde, eine Zeit der Ruhe kehrt ein. Bei milden Temperaturen können sich Flora und Fauna aufs Neue entfalten. Das Verschwinden der alles dominierenden Dinosaurier hat den Weg frei gemacht für neue Entwicklungen im Tierreich. Die große Ära der Säugetiere beginnt, erste Großsäuger wandern durch die blühenden Landschaften, darunter Pflanzenfresser wie das Mylodon, ein gigantischer Verwandter der heutigen Faultiere. Die Erde zeigt sich wieder von ihrer schönen Seite – doch ein sicherer Ort ist sie auch jetzt nicht. Immer wieder werden Eiszeiten auftreten, deren Folgen wir bis heute spüren.

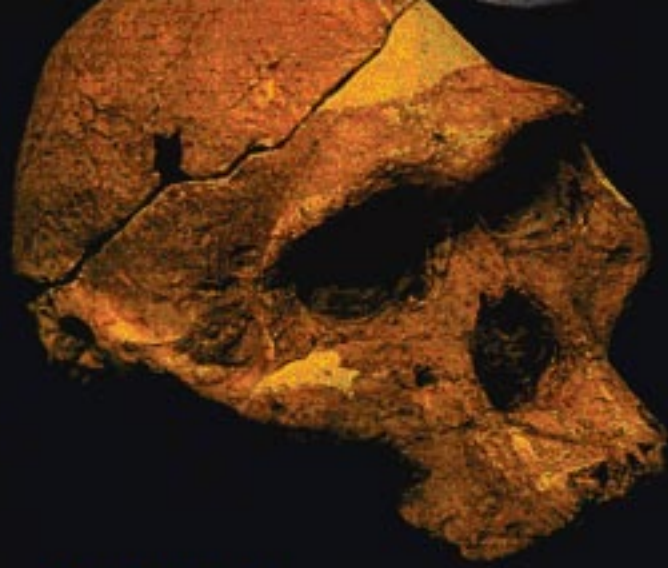
**vor 6 Mio. Jahren**



#### SINTFLUT →

Eine neue Katastrophe, doch diesmal ist sie lokal begrenzt: Der Atlantik durchbricht die Meerenge von Gibraltar und stürzt wie ein gigantischer Wasserfall in ein fast ausgetrocknetes Riesenbecken – das Mittelmeer entsteht. Ganze Landstriche werden überflutet, Lebewesen und Pflanzen verschwinden unter den gewaltigen Wassermassen. Doch an den Küsten des neu gebildeten Meeres entwickelt sich bald wieder neues Leben. Es ist zwar noch lange hin – doch hier bereitet sich der Boden für eine besonders fruchtbare menschliche Zivilisation, die bis heute existiert.





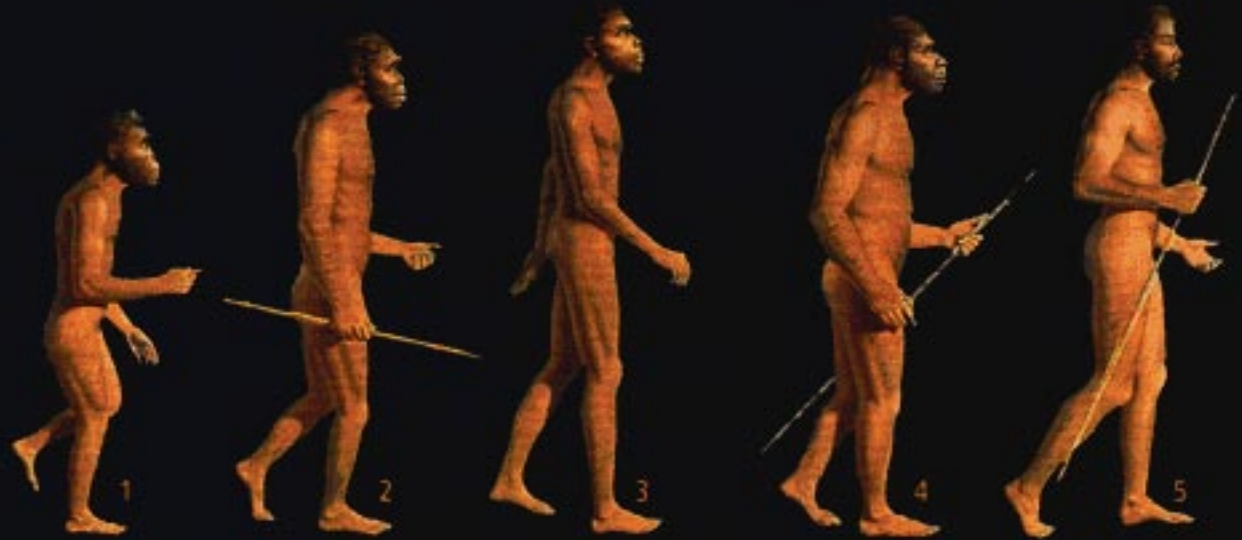
#### ← DER ERSTE

In Afrika ist es passiert: Der Mensch betritt die Erde. Der »Australopithecus africanus« (links: ein Schädel) gilt als erster richtiger Hominide, also als Vorläufer der heutigen Menschen. Vor drei bis zwei Millionen Jahren lebt er in der südafrikanischen Savanne, ist eineinhalb Meter groß und geht aufrecht. Wir wissen immer noch wenig über ihn und andere unserer Vorfahren. Aber eines ist sicher: Sie bekamen Lust, ihre Heimat zu verlassen – und in die Welt auszuschwärmen.

**vor 3 Mio. Jahren**

#### ENTWICKLUNG →

1 HOMO HABILIS, vor rund zwei Millionen Jahren (1,5 Meter groß, 50 Kilogramm schwer). 2 HOMO ERECTUS: Er wandert aus Afrika aus und besiedelt die Welt. 3 HOMO HEIDELBERGENSIS lebt vor 200 000 Jahren in Südafrika; er ist der unmittelbare Vorfahr des modernen Menschen. 4 NEANDERTALER: Er ist um ein Drittel schwerer als wir; stirbt aus unbekannten Gründen aus. 5 HOMO SAPIENS: Er taucht vor 100 000 Jahren auf. Von ihm stammen die europäischen Cromagnonmenschen ab; ihre ältesten Spuren reichen 40 000 Jahre zurück.



## Der Mensch betritt die Erde und macht sich zum Herrscher der Welt. Er ist die Krone der Schöpfung – glauben wir



#### HEUTE

#### ← HEUTE

Wieder einmal ist unser Planet ein angenehmer Ort zum Leben. Doch täuschen wir uns nicht: Geologisch gesehen befinden wir uns in einer Zwischeneiszeit. Niemand weiß, wie lange diese noch andauern wird. Trotz Treibhauseffekt und zunehmender Erderwärmung: Die nächste Eiszeit kommt bestimmt!

#### GESCHICHTE DER KONTINENTE (TEIL 3):

Die Erde heute – doch der Wandel geht weiter: In Ostafrika driften die Kontinentalplatten auseinander, der Graben vergrößert sich; Indien schiebt sich nach Norden, der Himalaja wächst; Nordamerika und Europa entfernen sich immer weiter voneinander.



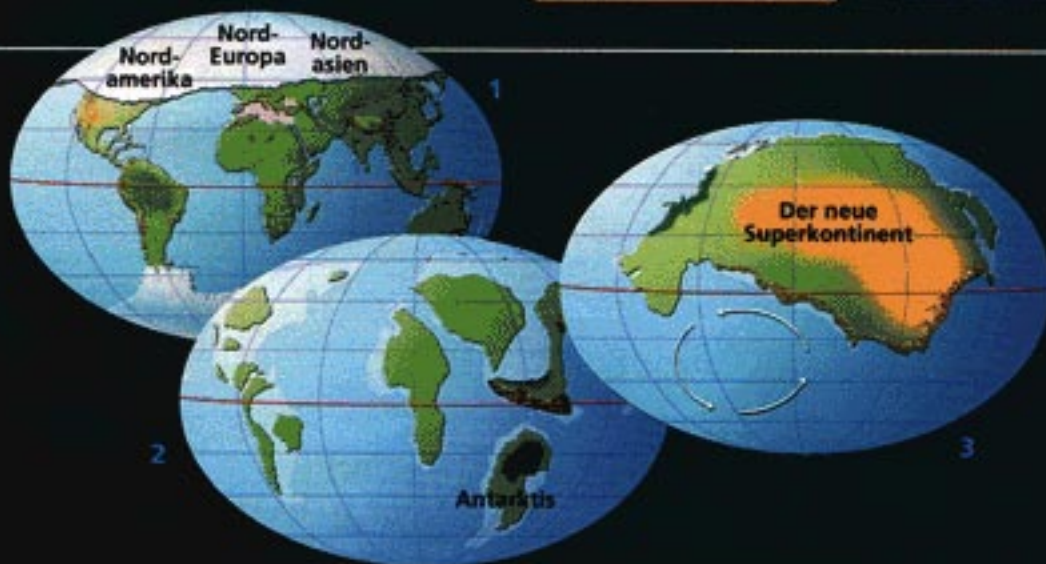


#### MORGEN? →

Die Meeresspiegel werden nach einer großen Eiszeit überall sinken und teilweise austrocknen – vermuten die Forscher. Zurück bleiben strahlend weiße, salzbedeckte Flächen, unfruchtbar und lebensfeindlich. Doch auch hier wird sich das Leben durchsetzen und neue Formen entwickeln. »Salzdrachen«, flugfähige Echsen, besiedeln jene Salzwüste, die von unserem geliebten Mittelmeer übrig ist. Doch die Menschen – einst angetreten, um sich die Erde »untertan« zu machen – gibt es zu dieser Zeit wahrscheinlich nicht mehr. Sie sind der Eiszeit erlegen – oder haben sich selbst ausgerottet.



in 5 Mio. Jahren



#### GESCHICHTE DER KONTINENTE (TEIL 4)

1. In spätestens fünf Millionen Jahren kommt die neue Eiszeit. Große Teile der nördlichen Halbkugel werden ganz von Gletschern bedeckt.
2. Die Antarktis driftet nach Norden und erwärmt sich. Als Folge von Vulkanausbrüchen heizt sich die Erde insgesamt auf. Überall entstehen heiße, feuchte Dschungel.
3. In 200 Millionen Jahren entsteht ein neuer Superkontinent. In den Küstenregionen ist es erträglich, im Landesinneren herrschen Dürre und extrem hohe und tiefe Temperaturen. Nur Insekten können dort überleben.

in 4 Mrd. Jahren

#### ENDE UND ANFANG? →

In rund vier Milliarden Jahren drohen kosmische Katastrophen, über deren Folgen nur spekuliert werden kann. Die »ausgebrannte« Sonne bläht sich zu einem Roten Riesen auf und stirbt. Ohne die wärmenden Strahlen des Muttergestirns schwebt die Erde als kalter Ball durchs All. Lebewesen wird es auf ihr kaum noch geben. Und so wird wohl niemand Zeuge eines weiteren nahenden Unheils sein: Unsere Heimatgalaxie – die Milchstraße – stößt mit der Andromeda-Galaxie zusammen. (Bild: die herannahende Andromeda mit ihren Myriaden von Sternen.) Diese gigantische Kollision könnte für die Erde das endgültige Aus bedeuten. Aber auch der Anfang sein für neues Leben – irgendwo, irgendwann ...





## Mercedes lüftet das Geheimnis

Die Studie des Stuttgarter  
Stadttauto für den urbanen  
als schöner Traum auf der



**Unzählige Skizzen** und Entwürfe wurden angefertigt, bis die Form des Forschungsfahrzeugs »im Kasten« war. Dieses Unikat entstand in globaler Arbeitsteilung: Die äußere Karosserieform wurde von japanischen Designern entworfen, die Innenausstattung stammt aus Italien und der Antrieb mit verbesserter Brennstoffzellentechnik aus Ulm. Mit Aufhebung der Geheimhaltung dieses Projekts hat der CC006 auch seinen Namen geändert: Er heißt jetzt F 600





# »CC006«

## um sein Auto der Zukunft

Konzerns hatte keinen Exoten zum Ziel – sondern ein kompaktes  
Lebensstil von morgen. Und das Beste daran: Es existiert nicht nur  
Papier – es fährt schon. Mit Strom!

VON WOLFGANG STEGERS





SPACIGE Innen-  
ausstattung: Der  
gläserne Fahr-  
gasträum bietet  
beste Rundum-  
sicht. Weil auch  
die Glasflächen  
der Seitenfens-  
ter so groß sind,  
ist nur der Teil  
unterhalb des  
schwarzen Rah-  
mens beweglich.  
Die Kontursitze  
lassen sich auch  
in der Breite ver-  
stellen und sind  
mit einem gelb  
eingefärbten  
Kunststoff-Gel  
weich gepolst-  
tert. Das Cockpit  
hat ein großes  
Display – und  
einen zentralen  
Bedienknopf  
mit Personen-  
Identifizierung:  
Das Radio z. B.  
dürfen Fahrer  
und Beifahrer  
bedienen – die  
Tempo-Automat-  
tik nur der Fahrer



## Die Passagiere sitzen »upper cl

**N**orbert Weber ist zu beneiden. Nicht nur, weil er eines der weltweit drei Designstudios von DaimlerChrysler leitet und sich ausdenken darf, wie Mercedes-Modelle innen aussehen könnten. Sondern auch, weil er in einem Ambiente arbeitet, das idyllischer nicht sein könnte: in einer schlossähnlichen Villa aus dem 18. Jahrhundert direkt am Comer See, das Alpenpanorama vor Augen. Hier lassen sich 25 junge Autodesigner aus sechs Nationen von einer verschwenderischen Natur inspirieren – und von der Aura ihres kreativen Vormieters: Modeschöpfer Gianni Versace.

In Zeiten des »Car-Cocooning«, da die Menschen immer mehr Stunden im Auto verbringen und der Passagierraum zum zweiten Wohnzimmer wird, gewinnt die Innenarchitektur der Karosserien höchste Bedeutung. So überrascht es nicht, dass Webers Team sich Anregungen für Materialien und Farben bei der norditalienischen Möbelindustrie, auf internationalen Messen und Modenschauen holt. Außerdem werden Trendscouts in die angesagtesten Bars und »hippesten Locations« zwischen Tokio, Berlin und New York geschickt, um die Witterung neuer Trends aufzunehmen. »Wenn die Ideen gesammelt sind«, sagt Weber, »setzt sich das Team zusammen und veranstaltet ein Brainstorming.« Freies Assoziieren ist dabei erwünscht, Spinnereien »aus dem Bauch« wirken als Ideen-Beschleuniger. Irgendwann wird aus Ideen ein »Storyboard«, eine Art Comiczeichnung, die das Gedachte in Bilder umsetzt – und nach und nach entwickelt sich ein »Drehbuch« für die Innenausstattung.

So war es auch bei dem Studien- und Forschungsauto »F 600«,

der neuesten Mercedes-Kreation. Am 24. Juli 2004 hatte Stefan Sielaff, Chefdesigner in der Stuttgarter Konzernzentrale, mit seinem schwarzen SLK-Roadster die Alpen überquert und Weber den Auftrag persönlich überbracht: Er sollte sich für den F 600 – der damals noch streng geheim unter dem Codenamen »CC006« lief – ein schmuckes Innendesign einfallen lassen. Zeitrahmen: ein Jahr. Dann sollte das Forschungsfahrzeug auf vier Rädern stehen: eine Studie für das Auto von übermorgen – die Summe der fortschrittlichsten Technik und der neuesten Materialien und Formen. Und voll fahrfähig.

Parallel zur Comer Truppe ging die Forschungszentrale von DaimlerChrysler auf dem Campus der Universität Ulm ans Werk. Auf einem Areal von 6,3 Hektar Größe arbeiten hier rund 1200 Wissenschaftler an den Antrieben der Zukunft, entwickeln neue Fahrwerkstechnologien, tüfteln die besten Bedienkonzepte aus. »Forschung«, sagt Hausherr Professor Herbert Kohler, »ist immer der Blick ganz weit nach vorn: was möglich und machbar sein könnte.« Unter Kohlers Regie entstand auch das technische Konzept für den F 600 alias CC006.

**DIESES FORSCHUNGSFAHRZEUG** reiht sich nahtlos ein in die Galerie von Vorläufern, die immer wieder Schwerpunkte technischer Entwicklung markierten:

★ Vor elf Jahren sorgte das »Vario Research Car« (VRC) auf dem Automobilsalon in Genf mit seinen Wechsel-Aufbauten aus Kohlefaserenteilen für Furore: Innerhalb von 15 Minuten konnte der Fahrer sein Fahrzeug umbauen – von einer Limousine in



**DER ELEKTROMOTOR** mit 85 kW (115 PS) treibt die Räder der Hinterachse mit einem Drehmoment von 300 Nm an. Je nach Bedarf bezieht er den Strom nur aus der Brennstoffzelle, nur aus der Batterie oder aus beiden Energiequellen

**DIE WASSERSTOFFTANKS** mit 98 Liter Volumen wiegen rund 100 Kilogramm und fassen 3,9 Kilogramm Wasserstoff, der mit 700 bar verdichtet ist. Eine Tankfüllung reicht für 340 bis 400 Kilometer. Aus dem Auspuff entweicht nur destilliertes Wasser

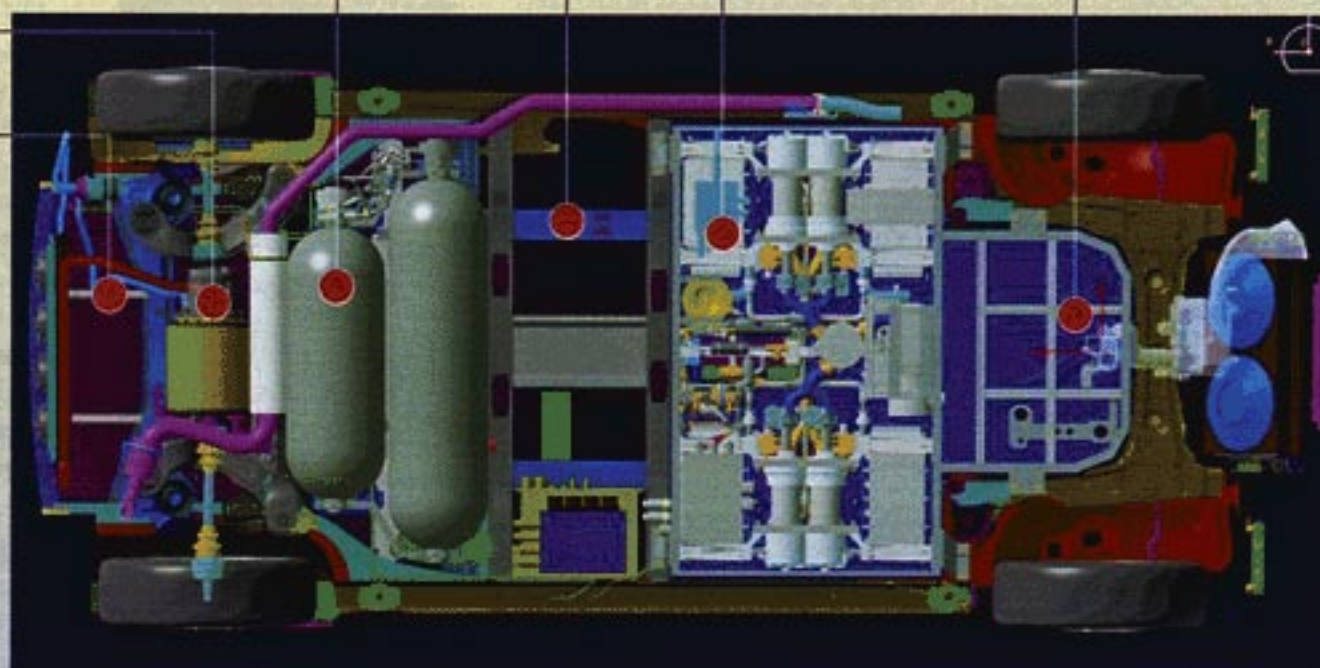
**DIE LITHIUM-IONEN-BATTERIE** liefert 200 bis 270 Volt Spannung und eine Leistung von bis zu 55 kW (75 PS). Die Spitzenleistung kann nur kurz abgegeben werden, ermöglicht aber eine erstaunliche Beschleunigung: von null auf 100 km/h in 15,6 Sekunden

**DIE BRENNSTOFFZELLEN** sind galvanische Elemente zur Stromerzeugung. Die 1600 Zellen sind in vier kompakte Einheiten gepackt, zwischen denen »Wasserstoff-Befeuchter« liegen: Sie machen die Reaktion zwischen Wasser- und Sauerstoff erst möglich

**DER ELEKTRISCHE TURBOLADER** drückt Außenluft (als Sauerstoffträger) sowie Wasserstoff in die Brennstoffzellen. Der von Mercedes entwickelte Lader ist im Vergleich mit herkömmlichen Kompressoren sehr leicht und verbraucht wenig Energie

**DER KÜHLER** mit vier Ventilatoren hält die Temperatur des wassergekühlten Motors in Schach. Die Propeller der Ventilatoren sind so gestaltet, dass sie den Auspuffsound eines leisen Benziners imitieren

**DER KOMPLETTE ANTRIEB** samt Tanks, Elektromotor und Brennstoffzellen ist im »Keller« des F 600 untergebracht: unter dem Passagiererraum. Die Modulbauweise ermöglicht es, dass die Antriebsplattform in Fahrzeugen unterschiedlicher Größe einsetzbar ist



## ass«. Der Antrieb ist unter Deck

einen Kombi, ein Cabriolet oder einen Pick-up. Das VCR setzte auch technische Highlights wie die »Drive by wire«-Technik, bei der Lenkung und Bremsen elektrisch angesteuert werden.

★ Der »F 200« verzichtete später völlig auf Lenkrad und Fußpedale und ersetzte sie durch Side- und Joysticks. Bis zur Serienreife hat es dieses Konzept aber (noch) nicht geschafft.

★ Beim »F 300« kauerten Fahrer und Beifahrer wie in einem Militärjet hintereinander.

★ Der »F-400-Carving« erstaunte durch Räder, die sich in der Kurve höchst spektakulär zur Seite neigten. »Revolutionär, aber alles leider zu weit von der alltäglichen Praxis entfernt«, gibt Kohler zu. Dennoch: Diese rollenden Labors lieferten den Technikern neue Erkenntnisse über die komplizierten Zusammenhänge der Fahrdynamik, von denen die Autos heute profitieren.

★ Mit dem »F 500« kam 2003 erstmals der Diesel-Hybrid – die Kombination von Dieselmotor und Elektroantrieb, die jedoch wieder verworfen wurde (siehe P.M. 9/2005). Dennoch, einige der vielen Innovationen im F 500 haben den Weg in die Serie gefunden – etwa der elektronische Fahrassistent oder die raffinierte Instrumentenanzeige per Video.

Jetzt also der »F 600«. Das Überraschende dieses Forschungsautos: Es ist voll auf den Alltag hin konzipiert. Immer mehr Menschen leben in der Stadt – ihrem urbanen Lebensstil sollte der F 600 angepasst werden. Die Vorgabe lautete also, ein kompaktes Stadtauto zu entwerfen, das vier Personen auf einer variablen Bestuhlung komfortabel Platz bietet und den vorhandenen Raum optimal ausnutzt. Das sich leicht durch den Groß-

stadtverkehr bewegen lässt, eine gute Rundumsicht ermöglicht, den Stand der Sicherheitstechnik repräsentiert und darüber hinausdenkt.

Diesem Stadtauto ein Blechkleid maßzuschneidern war Aufgabe des »Exterior Design«-Studios in Tokio: Gestalter in den überbordenden Metropolen Japans haben die meiste Erfahrung darin, mit Raum zu geizen. Nach den ersten Ideenskizzen wurden 1:4-Modelle des Cityflitzers erstellt und nach der Freigabe durch die Konzernzentrale ein 1:1-Modell. Das Design war damit »eingefroren« – Änderungen an der äußeren Form und den Abmessungen der Karosserie nicht mehr möglich. Das naturgetreue Modell wurde digital gescannt, alle Daten in einem Rechenmodell gespeichert – die Basis für den Karosseriebau.

**WÄHREND IN TOKIO** die äußere Form des Wagens reifte und am Comer See ein modern-cooler Innenraum entwickelt wurde, brachten die Forscher in Ulm das Herz des F 600 zum Schlagen: den Brennstoffzellen-Antrieb. Auch das eine Überraschung, denn diese Technik hat bisher nur geringe Beifallstürme erzeugt. Zu oft schon wurde die Serieneinführung versprochen und wieder verschoben. Die Gründe: mangelnde Leistung der Elektromotoren, unbefriedigendes Kaltstartverhalten, zu kurze Lebensdauer der Zellen, geringe Batteriekapazitäten, unausgereifte Regelelektronik. Und: An der flächendeckenden Bereitstellung von Wasserstoff oder anderen Energieträgern hat es bisher gehapert. Gleichwohl haben viele große Automobilfirmen die Hoffnung nicht aufgegeben und arbeiten weiter an alltagstauglichen Brenn-





**AM MODELL** des F 600 erklärt Designer Norbert Weber (rechts) seinem Chef Stefan Sielaff, wie er sich die Innenaufteilung vorstellt

## Das millionenteure Unikat entstand in filigraner Handarbeit



**OPTIMIERUNG** der Brennstoffzelle. Bisherige Zellen wurden im Winter matt gesetzt, wenn Kondenswasser im Inneren gefror. Das kann im F 600 nicht passieren: Die Stromlieferanten lassen die Feuchtigkeit nach außen entweichen



**DER KNIFFLIGE ZUSAMMENBAU** des Forschungsfahrzeugs von Mercedes erforderte Geschicklichkeit und ein gutes Augenmaß der Spezialisten. Was dabei herausgekommen ist, kann man auf der »Tokio Motor Show« besichtigen: Hier wird der fahrbereite F 600 zum ersten Mal der Öffentlichkeit vorgestellt

stoffzellenautos. Auch DaimlerChrysler: Entwicklungschef Kohler glaubt, mit dem neuen F 600 einen »wichtigen Schritt nach vorn« gemacht zu haben, um in zehn Jahren 100 000 Autos laufen zu haben.

Für den Antrieb dieses Forschungsautos sorgt ein Elektromotor – die Brennstoffzelle ist für die Umwandlung des getankten Wasserstoffs in elektrische Energie zuständig. Diese fließt je nach Bedarf entweder zum E-Motor oder in die Batterie, wo sie gespeichert wird und jederzeit »abrufbar« ist. So kann der Motor seine Antriebskraft aus zwei Quellen schöpfen: direkt aus der Brennstoffzelle oder aus der Batterie. Zusätzliche elektrische Energie wird durch das Bremsen gewonnen: Dann dient der Elektromotor als Generator und schickt Strom in die Batterie. Das höchst komplizierte

Zusammenspiel aller beteiligten Komponenten und des Getriebes wird elektronisch gemanagt: Braucht der Antriebsmotor besonders viel Strom (beim Beschleunigen), zapft er die Brennstoffzelle an; braucht er weniger (beim Anfahren), reicht der Stromvorrat aus der Batterie. Die Ulmer Forscher nehmen für sich in Anspruch, bei diesem Energiemanagement dank einer pfiffigen Software deutliche Verbesserungen erzielt zu haben. Optimierte wurde auch die »Hardware« der Brennstoffzelle im F 600:

★ Der Druck in den beiden Wasserstofftanks wurde auf 700 bar erhöht (mehr geht nicht, weil das Gas sich sonst verflüssigen würde); das Tankvolumen wurde auf 98 Liter gesteigert und das Gewicht des Tanks auf rund 100 Kilogramm gesenkt. Vorteil: Der größere Wasserstoffvorrat und das geringere Gewicht erhöhen die Reichweite des Fahrzeugs.

★ Zum ersten Mal wurde in einem Fahrzeug mit Elektroantrieb eine Lithium-Ionen-Batterie mit 200 bis 270 Volt Spannung und einer Spitzenleistung von 55 Kilowatt als Energiespeicher eingesetzt. Vorteil: Weil mehr Strom zur Verfügung steht und an den Elektromotor abgegeben werden kann, verbessert sich die Beschleunigung und steigt die Höchstgeschwindigkeit.

★ Je 400 Brennstoffzellen sind zu einem so genannten Stack gestapelt; die insgesamt 1600 Zellen bilden einen kompakten Block von vier Stacks. Vorteil: Platz sparende Unterbringung und Reduzierung des Gewichts der Zellen auf 40 Kilogramm.

★ Jede Brennstoffzelle ist ein galvanisches Element, das zwischen einer Anode und einer Kathode positiv geladene Teilchen (Protonen) fließen lässt; diese elektrischen Pole bestanden bisher aus Gold und wurden jetzt durch preiswerte keramische Werkstoffe ersetzt. Vorteil: günstige Massenfertigung.

★ In der Zelle fließen die Protonen vom Wasserstoff zum Sauerstoff; beide Gase sind durch eine Membran voneinander getrennt – diese muss aber für die Protonen durchlässig sein. Als Membranmaterial wird im F 600 eine mit Platin beschichtete Kohlenstoffolie verwendet, die besonders widerstandsfähig gegen Korrosion ist. Vorteil: größere Dauerhaltbarkeit.

★ Der entscheidende Durchbruch ist aber mit der »trockenen Membran« gelungen. Trocken bedeutet: Das bei der Verbrennung



des Wasserstoffs entstehende Wasser kann in Form von Dampf aus der Zelle entweichen: Wenn die Brennstoffzellen am Ende einer Fahrt abgeschaltet werden, zieht eingeleitete trockene Außenluft den Wasserdampf aus jedem Zellelement. Vorteil: Die entfeuchteten Zellen können selbst bei bitterkalten Außentemperaturen im Winter nicht einfrieren; bisher mussten sie unter hohem Energieeinsatz langwierig aufgetaut werden.

★ Stolz ist das Ulmer Forscherteam auch auf den von ihm entwickelten elektrischen Turbolader: Er verdichtet die von außen angesaugte Luft (als Sauerstoffträger) und presst sie wie auch den Wasserstoff in die Brennstoffzellen. Vorteil: Der nur acht Kilogramm schwere Turbo spart Gewicht – die bisher verwendeten Kompressoren wogen 58 Kilogramm. Außerdem verbraucht er wesentlich weniger Energie.

**UND DIE FAHRLEISTUNGEN** des F 600? Für ein Brennstoffzellenfahrzeug beachtlich: 140 km/h Höchstgeschwindigkeit und 360 bis 400 Kilometer Reichweite bei einem Verbrauch von 3,3 bis 3,7 Liter Dieseläquivalent (damit geben die Forscher den von Wasserstoff auf Dieselmotorkraftstoff umgerechneten Treibstoffkonsum an). Die Geräuschkulisse beim Fahren haben die Ingenieure durch eine »Soundkur« in den Griff bekommen: Während bisherige »Fuel Cell Cars« mit ihren nervig hohen Tönen eher an Düsenjets erinnerten, kommt der F 600 mit einem angenehmen Summen daher.

Von den technischen Raffinessen dieses Forschungsautos sei-

en hier nur einige aufgezählt. Etwa das schwenkbare zentrale Display mit frei wählbaren Einblendungen: Es erzeugt ein virtuelles Bild aller Anzeigen, das im Abstand von 1,6 Metern vor dem Fahrer in der Luft zu schweben scheint. Das dient der Verkehrssicherheit: Die Augen müssen sich nicht mehr akkommodieren, um die Anzeigen scharf lesen zu können. Neu sind das elektronisch gesteuerte Kurvenlicht und die Frontscheinwerfer mit Lichtdioden statt Halogenbirnen. Ebenfalls neu: blinkende Bremslichter, ein beim Crash herausfahrender Knieschutz – sowie »mitdenkende« Rückspiegel: Wenn sich in ihnen nach dem Einparken herannahende Fahrradfahrer oder Autos spiegeln, blockieren sie die Türen. Ein besonderer Clou ist der »Ident Sensor«. Dieser zentrale Bedienknopf zwischen den Sitzen erkennt, ob der Fahrer oder der Beifahrer ihn betätigt: An der Klimaanlage oder dem Audio/Video-System dürfen beide herumspielen – an der automatischen Geschwindigkeitsregelung nur der Fahrer.

Was wir von all den gestalterischen und technischen Ideen, die im F 600 stecken, in künftigen Serienmodellen wiederfinden werden, steht noch in den Sternen. Aber dass die Summe dieser Ideen funktioniert, davon kann man sich jetzt selbst überzeugen: DaimlerChrysler präsentiert den F 600 ab dem 19. Oktober auf der »Tokio Motor Show«.

★

#### INTERNET-ADRESSEN

- Forschungsautos und ihre Geschichte: [www.cms.daimlerchrysler.com/Projects](http://www.cms.daimlerchrysler.com/Projects)
- Weitere Informationen finden Sie unter [www.pm-magazin.de](http://www.pm-magazin.de)



Sie wurden in Afrika geraubt und in die Neue Welt verschifft.

Weißer Händler verdienten an ihnen, und weiße Käufer beuteten sie grausam aus. Das ist unser Bild von den schwarzen Sklaven in Amerika. Doch es stimmt nur halb. Die ganze Wahrheit ist komplexer – und erschreckend aktuell

VON RÜDIGER DILLOO

**V**ier Wochen nach dem Tod ihres Gatten, des schwarzen Farmers und Sklavenhalters Henry Townsend, schlief Caldonia zum ersten Mal mit Moses, dem Aufseher. Moses hatte ihren geliebten Mann länger gekannt als sie selbst, er war der erste Sklave gewesen, den Henry gekauft hatte, Moses war wie ein vertrautes, verlässliches Stück Eigentum. Und nun war er ihr wichtigster Trost. Sie lagen halb ausgezogen auf dem Fußboden. Erst nachdem sie fertig waren, überlegte die junge Frau, ob es eigentlich verboten war, was sie getan hatte. Gab es ein Gesetz in Virginia, das ein Verhältnis zwischen einer freien Schwarzen und einem Schwarzen, der ihr Sklave war, untersagte? War auch dies eine Art von Rassenmischung? Vor einem Jahr waren eine Weiße dafür ausgepeitscht und ihr Sklave gehängt worden, Zuschauer von weither hatten sich für das Schauspiel Zeit genommen, vormittags die Auspeitschung, nachmittags das Hängen; viele hatten die Kinder mitgebracht. Es hieß, die Weiße sei von ihrem Sklaven schwanger gewesen. Nachdem Moses gegangen war, ließ Caldonia sich von ihrer Hausklavin Essig und Seife bringen und spülte sich, bevor sie zu Bett ging, sorgfältig aus.

Am Morgen danach spürte sie keine Schuldgefühle und wunderte sich darüber. Kurz überlegte sie, was sie nun mit Moses anstellen sollte, aber sie zerbrach sich wegen des Sklaven nicht den Kopf. Caldonia Townsend ging zum Grab und gedachte liebevoll ihres Gatten.

Henry Townsend, der schwarze Sklave, der freigekauft und selbst zum Sklavenhalter wird; Caldonia, seine frei geborene, gebildete und standesbewusste schwarze Frau; der loyale Sklave Moses, der für seine von der Herrin geweckten Aufstiegs Hoffnungen brutal büßen wird – sie sind Romanfiguren. Zentrale Gestalten eines packenden neuen Buches über die Sklaverei mit umgedrehten Vorzeichen. Es heißt »Die bekannte Welt«,



Es gab sie wirklich  
**Schwarz**





**HANDLANGER**  
Schwarze Sklavenjäger  
verschleppen Männer  
und Kinder – sie handeln  
im Auftrag schwarzer  
Häuptlinge und weißer  
Händler. In seinem Film  
»Amistad« (1997)  
greift Steven Spielberg  
ein heikles Thema auf

# e Sklavenhalter



# Schwarz gegen Schwarz

Schwarze Farmer kaufen schwarze Sklaven. Und schwarze Aufseher gehen grausam gegen ihre Brüder vor. Wie ist das möglich?

geschrieben hat es der 54-jährige schwarze Autor Edward P. Jones. Ein Bestseller.

Schwarze gegen Schwarze: Während der Sklaverei waren das in Amerika seltene Ausnahmefälle. Aber in Afrika ist es ein allzu gut bekanntes, grausames und tödliches Muster bis heute; ein Hauptgrund, warum der schwarze Kontinent nicht auf die Füße kommt. Skrupellos regiert das Recht des Stärkeren: Im Sudan ermorden und vertreiben muslimische Schwarze die christlichen Schwarzen. In Ruanda haben 1994 schwarze Hutu 800 000 schwarze Tutsi massakriert. Selbst ernannte schwarze Machтелиten im Kongo, in Nigeria, Togo oder Zaire bestehlen ihre eigenen Völker, stecken Milliarden an Entwicklungshilfe in die eigene Tasche und behandeln ihre Staaten wie Privatbesitz. Und nicht selten sind diese Leute »die Nachkommen jener Stämme, die jahrhundertlang ihre Nachbarn versklavten, die Versklavten verkauften und darum prosperierten«, schrieb kürzlich der deutsche Historiker Egon Flaig.

**DIE GESCHICHTLICHE MITVERANTWORTUNG** von Afrikanern am Sklavenhandel ist ein Tabuthema. Weiße fassen es nicht an, aus berechtigten Schuldgefühlen. Schwarzafrikaner reagieren allergisch auf seine Erwähnung, weil sie ihre einträgliche Opferrolle gefährdet sehen. Doch ohne die Mithilfe schwarzer Häuptlinge und Stammesfürsten hätten die weißen Exporteure niemals insgesamt 30 bis 40 Millionen Sklaven in Afrika jagen, fangen, zu den Häfen bringen und auf ihre Schiffe verladen können.

Afrika war der Exportkontinent für den Handel mit der Massenware Neger. (Das Unwort »Neger«, bei dem wir heute zusammenzucken, war bis zum Aufkommen der Black-Power-Bewegung in den 1960er Jahren die politisch korrekte Bezeichnung.) Amerika war das größte Importland, und auch hier ist das unselige Erbe der Sklaverei nach wie vor spürbar: Daran hat uns Hurrikan Katrina erinnert. Diese Bilder von der Flutkatastrophe in New Orleans! Hier im Hafen waren einst die Sklavenschiffe gelandet, hier waren die Negerinnen und Neger in Ketten zu den Märkten und Auktionshallen getrieben worden – und nun waren es ihre Nachfahren, arme Afroamerikaner zu Zehntausenden, die im reichsten und mächtigsten Land der Welt tagelang auf Hilfe warten mussten. »Hurrikan Katrina war nicht rassistisch«, sagte Präsident Bush mit gewohnter Scharfsinnigkeit. »Und die Katastrophenhilfe war es auch nicht.« Tatsache ist: Die wohlhabenden Weißen konnten die Stadt verlassen, die Masse der armen Schwarzen nicht. Sie hatten kein Geld für die Hotelunterkunft, die meisten nicht einmal ein Auto. Die Evakuierungsmaßnahmen versagten, und nun wurden wieder massenhaft Schwarze hinter Stacheldraht festgehalten, bewacht von weißen Uniformierten mit schussbereiten Maschinenpistolen.

Rassismus war einst die Wurzel der Sklaverei in Amerika, aus dieser Wurzel wachsen immer noch Triebe. Der größte ist die Armut. Die Arbeitslosigkeit der schwarzen Amerikaner ist doppelt so hoch wie die der Weißen. 8,6 Prozent der Weißen leben unterhalb der Armutsgrenze, bei den Schwarzen sind es 24,7 Prozent. »Das Erbe von 246 Jahren Sklaverei und Unterdrückung ist heute ungebrochen«, zürnte der schwarze Bürgerrechtler Jes-

AKG



GENERAL RESEARCH & REFERENCE DIVISION, SCHAMBURG / CENTER FOR RESEARCH FOR BLACK CULTURE / THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY, ASTOR, LENOX AND TILDEN FOUNDATIONS (2)



**NEUER HERR** Zwischen 10 000 und 12 000 freigeverkaufte Sklaven in den Südstaaten wurden selber Sklavenhalter. J. E. Clark (rechts) war einer davon. Er besaß um 1860 eine Ananasplantage in Florida (oben: das Haus der Familie). Ob er ein grausamer »Master« war, ist nicht bekannt







#### IM NAMEN DES HERRN

Der Aufseher überwacht Sklaven bei der Arbeit in der Waschküche. Er ist selbst ein Schwarzer, kennt die Mühsal und die Schmerzen der Sklaven. Aber er macht seinen Job so erbarmungslos, wie es von ihm verlangt wird – die paradoxe »Logik« der Sklaverei

von nordafrikanischen Piraten verschleppt und in Marokko, Tunesien, Algerien, Libyen als weiße Arbeitssklaven verkauft.

Aber US-Schwarze als Sklavenhalter? In Fachbüchern taucht der irritierende Aspekt hier und dort auf, es gibt Belege und Zahlen dazu. Doch »Die bekannte Welt« greift als erstes Buch das Paradox auf. Es ist zwar eine Fiktion, aber historisch stichhaltig und psychologisch schlüssig und macht uns mit seinen Figuren den schwarzen Sklavenhalter samt Zeitgenossen verständlich.

se Jackson nach dem Skandal in Louisiana und Mississippi.

Bestsellerautor Edward P. Jones würde dem nicht widersprechen: Seine Mutter war eine analphabetische Putzfrau in Washington. Jones selbst war zeitweise obdachlos. Ein Jesuitenpater verhalf ihm, von der Straße weg, zu einem Stipendium und zur Literatur. Die schwarze Putzfrau hat den überraschenden, sehr ungewöhnlichen Aufstieg ihres Sohnes nicht mehr erlebt.

Zehn Jahre lang hat sich Edward P. Jones mit der perversen gesellschaftlichen Logik in den Sklavenstaaten des amerikanischen Südens beschäftigt. Sein Buch »Die bekannte Welt« spielt in einer Baumwollplantage in Virginia um 1850, kurz vor dem Bürgerkrieg. Mit seiner Vielzahl von schwarzen und weißen Charakteren bringt es unser Schwarzweißbild von der Sklavereigeschichte

einmal mehr durcheinander. Dass Schwarze Schwarze an Weiße verkauften (und sich eine goldene Nase damit verdienten, der König von Dahomey war reicher als Queen Victoria), ist bekannt. Dass Europäer bis ins frühe 19. Jahrhundert nicht nur Sklavenhändler, sondern auch selbst Sklaven waren, wissen wir seit dem Aufsehen erregenden Sachbuch »Christian Slaves, Muslim Masters« des US-Historikers Robert C. Davis: Mehr als eine Million Europäer wurden zwischen 1530 und 1820

Da ist der weiße Plantagenbesitzer, ein ebenso hartherziger wie ökonomisch erfolgreicher Herr über 113 Sklaven, der seine schwarze Nebenfrau und die gemeinsamen Mischlingskinder mehr liebt als seine Frau und die weißen Kinder. Da ist der gottesfürchtige Sheriff, der die Sklaverei persönlich ablehnt, aber seinen Job macht als Jäger entflohener Sklaven. Da gibt es die freie schwarze Lehrerin, die ihre schwarzen Schüler vor den neuen Ideen aus den Nordstaaten warnt: Die wollen die Sklaverei abschaffen, das gefährdet die Ordnung der Gesellschaft. Und da ist Henry Townsends Vater, ein Sklave, der kunstvoll Möbel schreiner. Der Plantagenbesitzer erkennt den Profit, den er aus diesem Sklaven ziehen kann, und überlässt dem leibeigenen Kunstschreiner einen kleinen Anteil an den Möbelverkäufen. So kann Henrys Vater, mühsam schuftend, in jahrelangen Ratenzahlungen erst sich selbst, dann die Frau, dann den Sohn freikaufen.

**AUCH DER SOHN IST EIN GUTER HANDWERKER**, fleißig und intelligent. Aber Henry will nicht werden wie sein Vater. Er will werden wie sein einstiger Besitzer. Er kauft das Land eines verarmten Weißen, dann kauft er dem ehemaligen Master seinen Kindheitsfreund Moses ab. Nicht, um diesem die Freiheit zu schenken, er hält ihn als seinen Arbeitssklaven. Als Henry Townsend im August 1855 nach unerklärlicher Krankheit mit 31 Jahren stirbt, hinterlässt er seiner Witwe Caldonia 33 Sklaven. Er hat sich bemüht, ihnen ein guter Master zu sein, besser als die Weißen: Nie misshandelte er sie willkürlich. Nur wenn sie nicht taten, was recht und billig war, ließ er sie auspeitschen. Erst bei wiederholten Fluchtversuchen griff er zur Strafe des Ohrabschneidens; für die Maßnahme ließ er aber einen weißen Spezialisten kommen, der sein Handwerk so gut verstand, dass die Sklaven dabei nicht unnötig »beschädigt« wurden. Derselbe Fachmann wird Moses später, weil er versucht hat zu fliehen, legal und korrekt die Achillessehnen durchtrennen.





# Schwarze für Gold

Schwarze Fürsten haben bedenkenlos mitgedeut. Dieser Verantwortung stellt sich bisher kaum ein afrikanischer Staat



## NEUE WARE

Die »Amistad« nimmt Sklaven auf, um sie nach Amerika zu bringen. Der Film erzählt von mutigen Schwarzen, die das Schiff unter ihre Kontrolle bringen und versuchen, in ihre Heimat zurückzugelangen. Vergeblich. Gegen die Macht und Goldgier der weißen Händler und ihrer schwarzen Komplizen hatten die Sklaven kaum eine Chance. Rechts: Büste eines reich gewordenen Häuptlings – mit allen Insignien seiner Macht



Wie viele schwarze Sklavenhalter gab es in Amerika? In den Südstaaten, die damals auch die Sklavenstaaten genannt wurden, lebten zu Beginn des Bürgerkriegs 1860 etwa acht Millionen Weiße und vier Millionen Schwarze. 94 Prozent der Schwarzen waren Sklaven. Sie waren landwirtschaftliche Produktionsmittel, hatten rechtlich nicht den Status von Menschen, sondern von Besitz – wie Pflüge. Oder wie Ochsen, bevor es Tierschutzgesetz gab. Der Neger als Ware, käuflich und verkäuflich: Die Logik des Eigentums erklärt sowohl, dass Schwarze freigekauft werden, als auch, dass sie selbst Sklaven kaufen konnten. Das tat zwar nur eine Minderheit der Minderheit, etwa zehn- bis zwölftausend von den rund 240 000 freien Schwarzen. Doch warum haben diese Wenigen es getan? Sie kannten doch Unterdrückung, Unfreiheit, Rechtlosigkeit, sie wussten, was der Zwang zu 14 Stunden täglicher Feldarbeit bedeutet, wie es ist, jederzeit verkauft und von Eltern oder Kindern getrennt werden zu kön-

nen, wie Ketten an Händen und Füßen sich anfühlen und wie es ist, wenn die nackte Rückenhaut von der Peitsche zerfetzt wird. Und nun taten sie ihren schwarzen Brüdern und Schwestern das Gleiche an? Sie werden wohl alle charakterlich der Romanfigur Henry Townsend geglichen haben: tüchtig und motiviert, opportunistisch und selbstgerecht, Unterdrückte, die sich ihre Unterdrücker zum Vorbild nehmen, deren Gesetze und Moral.

Gelegentlich stellten unternehmerische freie Neger auch weiße Arbeiter an, doch kaufen und als Sklaven besitzen konnte kein Schwarzer einen Weißen – nicht in Amerika. Anders sah es damit in Nordafrika aus. Dort war die Versklavung von Weißen jahrhundertlang Realität. Sogar noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts wurden auf den Märkten in Algier und Agadir, Tunis und Tripolis weiße Sklaven ver- und gekauft. Die Logik der Sklaverei ist sich immer ähnlich. Im Altertum beruhte sie schlicht auf dem Recht des Stärkeren. Das galt von der menschlichen Frühzeit bis zu den Reichen in Rom und Athen, Ägypten und Kleinasien ebenso wie in China, Schwarzafrika und bei den

Maya: Wer den Krieg verlor, dem drohte die Sklaverei, sei es als Individuum, Stamm oder Volk.

Neuzeitliche Sklaverei dagegen brauchte fortschrittlichere Rechtfertigungen. Weiße Sklavenhalter fanden sie im biologischen Rassismus: Die schwarze Rasse ist der weißen unterlegen; für den Fortschritt muss es Herren und Knechte geben; wer zu was geboren ist, das definiert die Hautfarbe. Schon im Alten Testament findet sich das Vorbild: Noah verflucht einen seiner Söhne zur Sklaverei – Ham, den Stammvater aller Dunkelhäutigen, der Hamiten. Auch Thora und Koran, die Heiligen Bücher von Judentum und Islam, sprechen sich nirgends ausdrücklich gegen die Versklavung von Menschen aus. Die christliche Kirche hat mit Bezug auf die Bibel die Sklaverei lange Zeit als Mittel gebilligt, um die Heiden zum Christentum zu bekehren. Doch diese perverse religiöse Begründung war zweitrangig hinter der rassistischen. Erst 1839, Jahrzehnte nach dem Beginn der Antisklavereibewegung in England und in den amerikanischen Nordstaaten, äußerte sich endlich auch der Heilige Stuhl in Rom offiziell gegen die Sklaverei.

**IN NORDAFRIKA DAGEGEN**, wo dunkelhäutige Moslems weiße Christen versklavten, funktionierte die rassistische Argumentation nicht: Zivilisatorische Unterlegenheit der Weißen ließ sich vis-à-vis den europäischen Hochkulturen schlecht behaupten. Also diente den Moslems die Religion als Rechtfertigung: Wer den Propheten Mohammed nicht anerkennt, muss bekämpft und darf versklavt werden. Dunkelhäutige Sklavenjäger kaperten Fischer und Handelsschiffsbesatzungen im Mittelmeer, überfielen küstennahe Siedlungen in Italien, Portugal, Spanien und Frankreich, machten Menschenbeute in England, Irland und sogar Island.



# Weißer für Schwarze

Die Weißen waren die Haupttäter, aber sie schafften auch als Erste die Sklaverei wieder ab



**GEFASST** Seit 1864 ist die Sklaverei in den USA verboten. In Afrika dagegen existiert sie weiter. Die Kolonialmächte versuchen, den Sklavenhandel auszuweiten. 2. v. l.: Ein Askari (Soldat bei einer deutschen »Schutztruppe«) bewacht eine in Ketten gelegte Gruppe von Sklavenjägern

Miguel de Cervantes (1547 – 1616) wurde 1575 als Offizier der spanischen Marine von Piraten gefangen genommen und verbrachte fünf Jahre in algerischer Sklaverei, in seinem »Don Quijote« hat er seine schlimmen Erlebnisse verarbeitet.

**BERÜHMT UND BEDEUTSAM** für die Antisklavereibewegung wurde der Fall der amerikanischen Brigg »Commerce«, die 1812 vor der Küste der Westsahara havarierte. Kapitän James Riley und seine zehn Mann fielen einer Nomadensippe in die Hände, wurden versklavt, getrennt, weiterverkauft, jahrelang durch die Wüste getrieben. Sie aßen Wurzeln, Schnecken, ausgeschnittene Zysten von Kamelen, tranken bei Wassermangel Pansenflüssigkeit und Kamelurin. Fünf der elf Männer überlebten die Torturen nicht, Riley und fünf weitere wurden nach drei Jahren durch Vermittlung des britischen Konsuls in Marokko freigekauft. 1817 veröffentlichte Kapitän Riley in New York einen sachlichen Überlebensbericht: »Sufferings in the Sahara« wurde ein großer Bucherfolg, zu den faszinierten Lesern zählte Abraham Lincoln. Riley protestierte fortan heftig gegen die Versklavung schwarzer Afrikaner in seiner Heimat: »Auch wer eine schwarze Haut trägt, ist kein Tier«, erklärte er. Ein weißer Ex-Sklave, der authentisch für schwarze Sklaven sprach – das war im Ideologiestreit pro und contra Sklaverei eine neue, sehr wirksame Stimme. 1860 wurde der Sklavereigegner Abraham Lincoln zum Präsidenten der Ver-

einigten Staaten gewählt, elf Sklavenstaaten des Südens sagten sich los, der Bürgerkrieg begann, die Nordstaaten siegten 1865, die Sklaverei in Amerika war zu Ende.

Und heute? Offiziell ist die Sklaverei als legale Institution weltweit verboten. Doch nach einer Schätzung der UN leben mehr als 20 Millionen Menschen unter sklavenähnlichen Bedingungen. Damit sind nicht nur Wirtschaftssklaven gemeint, die für Hungerlöhne und praktisch rechtlos in chinesischen Bergwerken, südamerikanischen Minen oder für indische Großgrundbesitzer schuften. Auch die rassistisch und religiös motivierte Sklaverei gibt es noch, vor allem in Afrika.

Schwarze unterdrücken Schwarze – es scheint, als wolle die unselige Geschichte der Sklaverei südlich der Sahara nicht aufhören. Weiße waren die Hauptschuldigen, die Anstifter und Groß-Profiteure des massenhaften Menschenraubs. Doch Schwarze waren die willigen Helfer. Die weißen Profis des Sklavenhandels in ihren Niederlassungen an der westafrikanischen Küste zahlten gut, 20 Pfund Sterling um 1750 für einen gesunden jungen Mann, und die Stammeshäuptlinge ließen sich gern zur Menschenjagd motivieren: Der Nachbarstamm war ohnehin verhasst, nun gab es auch noch Geld für den Lebendfang der Feinde!

Wir Weißen in Europa und Amerika tragen heute einen Teil unserer historischen Erbschuld an Sklaverei und Kolonialismus durch Entwicklungshilfe ab. Afrikanische Eliten stellen sich der Mitschuld ihrer Vorväter bis heute nicht. Es gibt positive Ausnahmen in Staaten wie Botswana, Mozambique und Uganda, die aus der anklagenden, rückwärts gewandten, handaufhaltenden Opferhaltung herausfinden, Staaten, die wirtschaftlich auf die Füße kommen, deren Führungsleuten das Wohl ihres Volkes am Herzen liegt. Ausnahmen, leider. Typischer ist die Haltung afrikanischer Delegierter auf der jüngsten UN-Vollversammlung vom September in New York: Bittere Klagen über die Brutalität der Weißen waren dort wieder einmal zu hören – von schwarzen Staatsmännern, die im selben Atemzug die Brutalitäten gegenwärtiger schwarzer Herrscher entschuldigten.

Die Geschichte der Sklaverei lässt sich mit einem simplen Schwarz-Weiß-Schema nicht begreifen. Sie war und ist zweifellos ein Verbrechen gegen die Menschlichkeit; dennoch hat die UN-Menschenrechtskommission eine entsprechende Erklärung bisher nicht abgegeben. Der Grund: Sie würde Reparationsforderungen mit hoch komplizierten Konsequenzen auslösen. An wen wären die Sühnegelder zu zahlen? fragte kürzlich der Historiker Egon Flaig: an die Nachkommen jener »Sieger-Stämme«, die einst ihre Nachbarn versklavten? Auch der angesehene schwarze (!) Harvard-Professor Henry Louis Gates jr. hat unlängst auf die willigen schwarzen Helfer der weißen Sklavenhändler hingewiesen: Hätten Afrikaner nicht ihre eigenen Landsleute verkauft, wäre es um den Kontinent heute besser bestellt, argumentierte er in einer Fernsehserie über Afrika. In Ghana filmte er einen Fremdenführer, der schwarzen amerikanischen Touristen im ehemaligen Sklavenfort Elmina sagt: »Wir Ghanaer haben euch verkauft.«

★

## INTERNET-ADRESSEN

► Sklavenhandel: [de.wikipedia.org/wiki/Sklavenhandel](http://de.wikipedia.org/wiki/Sklavenhandel)

► Weitere Informationen und Links finden Sie unter [www.p.m-magazin.de](http://www.p.m-magazin.de)



# STERNSTUNDEN DER WISSENSCHAFT

## DIE »LICHTBILDER« DES MONSIEUR DAGUERRE

★ Im Februar 1839 besuchte der deutsche Naturforscher Alexander von Humboldt das Atelier des Bühnenbildners Louis Jacques Mandé Daguerre in Paris, um sich von der Neuigkeit mit eigenen Augen zu überzeugen: Monsieur Daguerre hatte ein Verfahren entwickelt, mit dem er ein Abbild der realen Welt auf versilberte Kupferplatten bannen konnte. »Die schönsten Abstufungen der Halbschatten, die Verschiedenheit des Seine-Wassers unter den Brücken«, schwärmte von Humboldt. »Es ist dies eine der bewundernswürdigsten Erfindungen unserer Zeit.«

★ Seine Begeisterung war verständlich – immerhin hatte der Forscher noch nie so etwas wie ein Foto gesehen. Zwar konnten gute Kunstmaler ihre Sujets fast wie im wahren Leben wiedergeben – aber nicht einmal die Besten waren in der Lage, sie so detailgetreu darzustellen wie Daguerre auf seinen kleinen Platten.

Bereits im 16. Jahrhundert hatten sich manche Künstler eine »Camera obscura« (lat.: »dunkle Kammer«) gebaut: einen fensterlosen Raum mit einem Guckloch, durch das Gegenstände oder Landschaften auf eine Wand der Kammer projiziert wurden. Mit diesem Hilfsmittel konnte der Künstler seinen Gemälden mehr Realismus verleihen: Er stand in der Kamera, legte ein Blatt über das projizierte Bild und pauste es mit Stift oder Pinsel durch. Einige Fantasten machten sich schon im 17. Jahrhundert Gedanken darüber, wie man diese »Lichtbilder« dauerhaft einfangen könnte. Aber die chemischen Voraussetzungen dafür mussten erst noch entwickelt werden. 1727 kam der deutsche Anatomieprofessor Johann Heinrich Schulze einen Schritt weiter: Er entdeckte die Lichtempfindlichkeit von Silbersalzen. Wenn man ein mit Silbernitrat bestrichenes Stück Papier dem Licht aussetzte, färbte es sich schwarz. Ähnliches gelang dem Chemiker Karl Wilhelm Scheele 1777 mit Silberoxid. Eine praktische Anwendung war aber noch nicht in Sicht.

★ 1816 experimentierte der Franzose Joseph Nicéphore Niepce mit anderen lichtempfindlichen Chemikalien – darunter Asphalt und Joddämpfe. Er trug sie auf Papier, Leder, Holz, Zinn oder Silber auf, belichtete das Ganze in einer kleinen Camera obscura (er selbst stand außerhalb) – und hatte ein Bild. Leider verschwand es nach einiger Zeit wieder: Niepce wusste noch nicht, wie er das verhindern konnte. Bis er 1822 auf die Idee kam, das Bild in ein Zyankali- oder Natronbad zu tauchen – jetzt war es fixiert. Das älteste noch existierende Foto

stammt von Niepce selbst und zeigt den Blick aus seinem Fenster im Jahr 1826. Leider lassen Schärfe und Kontrast zu wünschen übrig.

Aber zurück zu Daguerre. 1787 geboren, hatte er in den Wirren der Französischen Revolution nur wenig Gelegenheit, eine Schule zu besuchen. Von Kindesbeinen an zeichnete er leidenschaftlich, 1804 begann er in Paris ein Kunststudium, danach wurde er Bühnenbildner. In dieser Zeit vor der Erfindung des Kinos drängten die Massen in Vorführungen, die man »Panorama« nannte: Hier konnte man riesige Bühnenbilder bestaunen, die historische und literarische Szenen darstellten. Der Showman Daguerre setzte 1822 mit seinem »Diorama« noch eins drauf. Er projizierte kleine gemalte Bilder durch eine Camera obscura auf riesige Leinwände – und setzte dabei bereits optische Tricks ein: So konnte er Sonnenaufgänge einblenden oder die Dunkelheit über einer Landschaft hereinbrechen lassen. Einer seiner Publikumsschlager war das Bild eines Alpendorfs, das nach und nach von einer Lawine verschüttet wurde.

★ Bald begann der Illusions-Virtuose, mit lichtempfindlichen Chemikalien zu experimentieren, um haltbare Bilder für sein Diorama herzustellen. 1827 erfuhr er von der Arbeit seines Landsmannes Niepce und suchte den Kontakt: Niepce, der Spezialist für das Chemische, und Daguerre, der Kamerakünstler, wurden Partner. Aber der Erfolg ließ auf sich warten: Erst 1835 – Niepce war bereits verstorben – schaffte Daguerre den Durchbruch. Er machte versilberte Kupferplatten durch aufgedampft Jod lichtempfindlich und setzte die belichtete Platte in einem licht- und luftdichten Kasten

Quecksilberdämpfen aus – wie er auf die Idee kam, seine Bilder durch Quecksilber zu »entwickeln«, weiß man bis heute nicht. Aber es funktionierte. Anschließend legte er die Platte in ein Natronbad, um das Bild zu fixieren, dann spülte er die Platte ab – fertig war, was der nicht gerade bescheidene Lichtbildpionier »Daguerrotypie« nannte. Jedes Bild war ein positives Unikat, ein Negativ gab es davon nicht.

Als Alexander von Humboldt den Erfinder 1839 besuchte, war die Daguerrotypie bereits der letzte Schrei in Paris. Innerhalb eines Jahres »fotografierte« man in ganz Europa und Amerika. Diese Begeisterung war ein enormer Schub für die Weiterentwicklung der neuen Bildtechnik. Um 1840 begann der Siegeszug eines revolutionären Fotoverfahrens, das auf den Engländer William Henry Fox Talbot zurückgeht: Er belichtete Negative, von denen man beliebig viele positive Papierabzüge herstellen konnte – ein Verfahren, mit dem Fotografen bis heute erfolgreich arbeiten.



Louis Jacques Mandé Daguerre (1787 – 1851) war Maler – und ein Pionier der Fotografie. Oben: eine der »Kameras«, mit denen er seine aufsehenerregenden Daguerrotypien machte



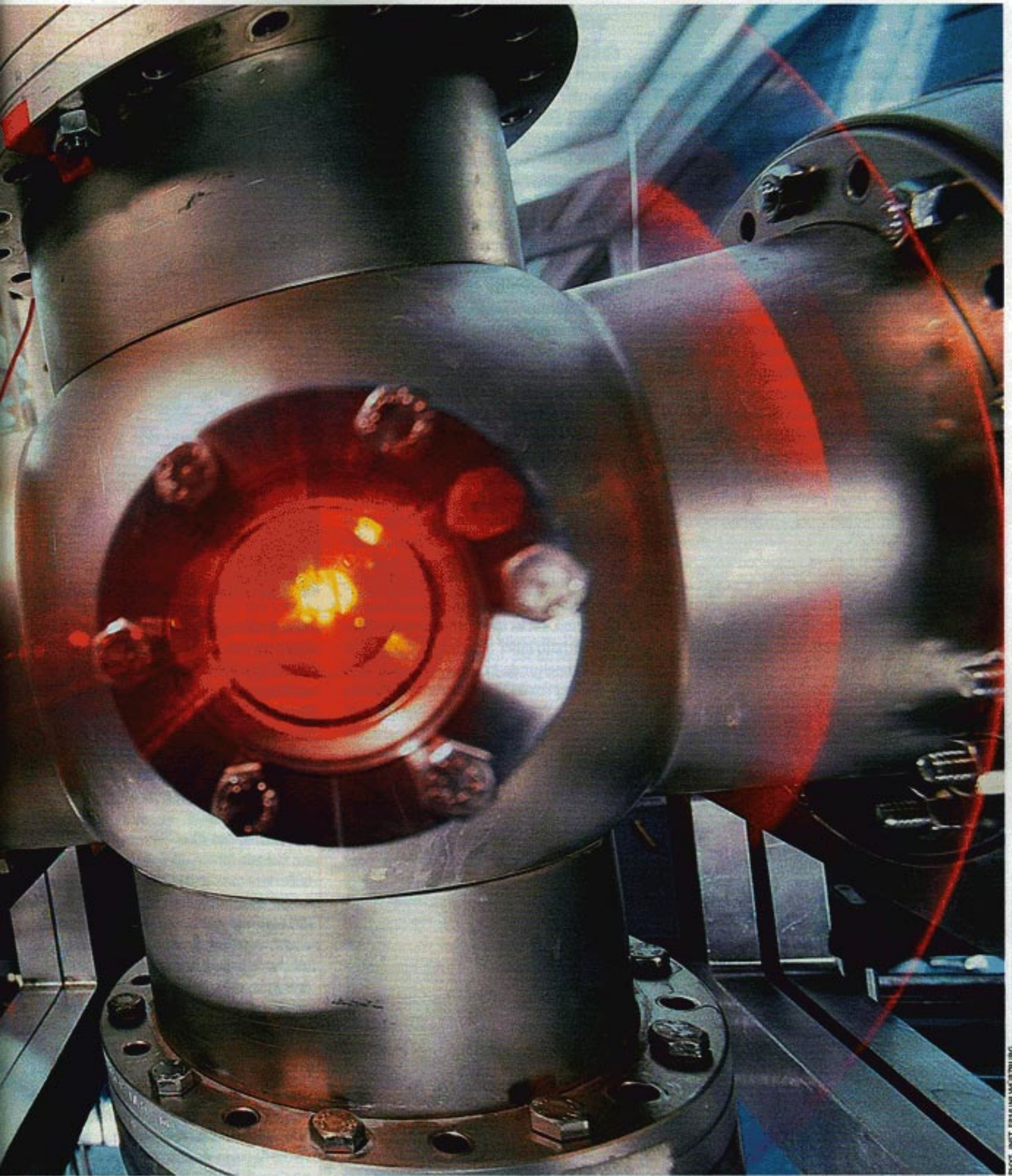
## EXTREME TECHNIK

### ARBEITSPFERD

Blick auf die glutrot strahlende Vakuumkammer eines Titan-Saphir-Lasers. Dieser Lasertyp hat sich als »Arbeitstier« einer neuen Wissenschaft namens Femto-Chemie durchgesetzt. Mit ihm lassen sich selbst schnellste chemische Reaktionen bildlich festhalten: Er feuert Laserpulse im Abstand von wenigen Femtosekunden ab – das ist der billiardste Teil einer Sekunde. Die damit belichteten Moleküle erscheinen wie »eingefroren« – ähnlich einer Zeitlupenaufnahme

# JETZT MÖGLICH: DER BLICK INS ATOM





PHYS. INST. EPFL/UNIV. WÜRZBURG

**Neuartige Laserkanonen feuern Lichtblitze im Takt von bis zu einer trillionstel Sekunde ab. Sie ermöglichen bisher ungekannte Einblicke in die atomare Welt – und beschleunigen den Fortschritt in Chemie, Medizin und Mikromechanik. Und schon wird an noch schnelleren Lasern gearbeitet**

VON JOSEPH SCHEPPACH



**L**eichtathletik-WM 2003 im »Stade de France« in Paris: Geschmeidig wie ein Panther löst sich Sprinter Jon Drummond vom Startblock. Aber in diesem Augenblick ist das Rennen für ihn auch schon vorbei: Fehlstart. Dafür gibt es nach den damals geltenden Regeln die rote Karte. 48 tausendstel Sekunden zu früh hat sich Drummond bewegt – das melden die Drucksensoren im Startblock. »Nur ein Zucken – und trotzdem fliegst du raus und hast Jahre umsonst trainiert«, flucht er und sorgt für einen Skandal: Wie ein Gekreuzigter legt er sich eine halbe Stunde lang auf die Tartanbahn.

**EIN PAAR MILLISEKUNDEN** zu schnell – für die menschlichen Sinne nicht mehr wahrnehmbar, nur für Apparate. »Was ist schnell?«, fragt Faust im gleichnamigen Dramenfragment des Dichters Gotthold Ephraim Lessing die sieben Geister der Hölle – und bekommt sieben verschiedene Antworten. Heute würde er noch viel mehr Antworten bekommen, denn was schnell oder langsam ist – darüber haben wir im 21. Jahrhundert ganz andere Vorstellungen als die Menschen im 18. Jahrhundert. Außerdem differiert heute die Einschätzung je nach Blickwinkel: Was den besten Sprintern der Welt blitzschnell erscheint, ist z. B. für die »schnellsten« Physiker der Welt eine Ewigkeit. Sie agieren

nämlich in einem Bereich, der erst 18 Stellen hinter dem Komma beginnt – bei 0,000 000 000 000 000 001 Sekunden. Dieser milliardste Teil einer Milliardstelsekunde heißt Attosekunde – abgeleitet aus dem Skandinavischen, wo »atten« für Achtzehn steht.

Zehn hoch minus achtzehn Sekunden, – so unvorstellbar kurz ist heute der Takt, mit dem Physiker Laserstrahlen pulsen können. Diese Pulse eröffnen eine völlig neue Dimension. Denn mithilfe des Blitzlicht-Gewitters ist es erstmals gelungen, das Verhalten von Elektronen in der Atomhülle direkt zu beobachten und zu »fotografieren«. Die Elementarteilchen brauchen für einen Umlauf um einen Atomkern lediglich einige hundert Attosekunden: In der Tausendstelsekunde, die ein Lidschlag dauert, umrundet ein Elektron seinen Atomkern etwa eine Billiarde Mal. Um es fotografisch zu erfassen, benötigt man einen Atto-Laser, dessen »Belichtungszeit« im Trillionstel-Sekunden-Bereich liegt.

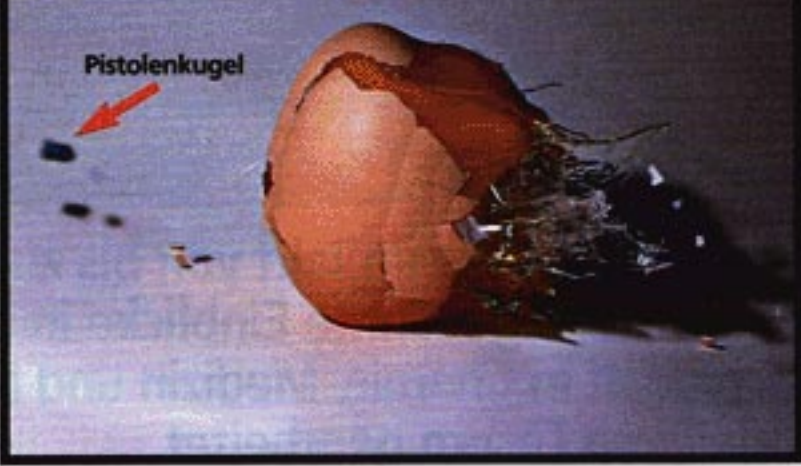
Wie schnell er feuern muss, lässt sich nur noch durch Vergleiche einigermaßen erschließen. Licht umrundet unseren Globus innerhalb einer Sekunde 7,5 Mal – in einer Attosekunde kommt es gerade mal ein Drittel eines Millionstelmillimeters weit. Oder: Pro Sekunde vergehen 10 000-mal so viele Attosekunden, wie Stunden seit dem Urknall vergangen sind – und der fand vor rund 14 Milliarden Jahren statt.

Doch man kann noch so viele Vergleiche anstellen – letztlich versagen unsere Sinne, wenn es darum geht, sich so winzig kleine Zeitportionen vorzustellen. Wäre unsere Wahrnehmung »attoschnell«, würden wir z. B. das elektromagnetische Feld des Lichts schwingen sehen wie das Pendel einer Kuckucksuhr. Doch unsere Sy-



#### HIGHSPEED-FOTOGRAFIE

Oben: die ersten Hochgeschwindigkeitsfotos – von 1872. Der Trick: Mehrere Kameras wurden nacheinander ausgelöst. Die Bilder zeigen: Beim Galopp »schwebt« ein Pferd kurzzeitig in der Luft. Rechts: In den 1930er Jahren gelang es, fliegende Pistolenkugeln aufzunehmen. Der Trick: Bei geöffnetem Kameraverschluss wurde das Objekt mit Lichtblitzen bombardiert. Nicht viel anders fotografieren heute Physiker extrem schnelle atomare Reaktionen



## MIT DEM ATTO-LASER AUF ELEKTRONEN-JAGD



### Was geschieht, wenn man Atome mit Laserpulsen beschießt?

Diese Frage konnten die Physiker bisher nicht genau beantworten. Sie wussten nur: Durch die Energiezufuhr beginnt das Atom zu »vibrieren« und zu leuchten. Erst durch den Einsatz ultraschneller Atto-Laser, die im Takt von trillionstel Sekunden pulsen, sind genauere Aussagen über die Vorgänge im Atom möglich:

- 1.) Ein Röntgen-Attosekunden-Puls reißt ein Elektron (a) aus der inneren Elektronenhülle des Atoms und hinterlässt ein Loch.
  - 2.) Ein anderes Elektron (b) fliegt sofort in das Loch und füllt es wieder auf.
  - 3.) Dabei wird Energie frei, die ein zweites Elektron (c), das so genannte Auger-Elektron, aus dem Atom reißt. Dessen Besonderheit: Es entfernt sich sehr weit aus dem Atomverband. Seine Emission hält genau so lange an, bis das Elektronenloch in der Hülle wieder gefüllt ist.
  - 4.) Die Zeitspanne, während der sich das Auger-Elektron außerhalb des Atoms aufhält, reicht aus, um es mit einem Atto-Laser zu »fotografieren«.
- Solche Blicke in die Atome gehören noch zur Grundlagenforschung. Aber der praktische Nutzen zeichnet sich schon ab: Die Erkenntnisse sollen Chemikern helfen, völlig neue Substanzen zu erfinden.



napsen brauchen zum Feuern »endlos« lange – mehrere Millisekunden. Schneller kann das Hirn einfach nicht arbeiten.

Schon ein schnelles Pferd ist für unsere Wahrnehmung ein Problem: Ob das Tier beim Galopp kurzzeitig alle vier Hufe in der Luft hat, lässt sich mit bloßem Auge nicht beurteilen. Erst die Fotografie hat des Rätsels Lösung ermöglicht. 1872 postiert der britische Fotograf Eadweard Muybridge entlang einer Pferderennbahn mehrere Kameras und spannt von den Auslösern dünne Bindfäden über den Parcours. Immer wenn das galoppierende Tier einen Faden zerreißt, wird ein Foto ausgelöst. So entstehen in einer halben Sekunde zwölf Bilder, die beweisen: Das Pferd »schwebt« tatsächlich für den Bruchteil einer Sekunde vollständig in der Luft, ohne dass einer seiner Hufe den Boden berührt.

In den 1930er Jahren gelingt es dem Fotografen Harold Edgerton, noch schnellere Bewegungsabläufe aufzunehmen: fliegende Pistolenkugeln, spritzende Milchtropfen und tanzende Bälle. Bei geöffnetem Kameraverschluss belichtet er die Objekte mit einem Stroboskop (griech. strobos = Wirbel, skopein = betrachten): einem Gerät, das im Abstand weniger Mikrosekunden (millionstel Sekunden) stakkatoartig Lichtblitze aussendet. Die entwickelten Bilder zeigen die Bewegungen wie in einer eingefrorenen Zeitlupe.

**WENN HEUTE PHYSIKER** mit Laserblitzen Elektronen »filmen«, dann machen sie im Prinzip nichts anderes als die Pioniere der Hochgeschwindigkeitsfotografie – nur dass die Belichtungszeiten extrem kürzer sind: ein paar Attosekunden. Das Ziel ist aber das gleiche wie bei Muybridges Pferdaufnahmen: Die Bewegung des Objekts wird in eine große Zahl von »Standbildern« zerlegt.

Dieser Zeitlupeneffekt hilft nicht nur, Vorgänge in der Atomhülle besser zu verstehen. Auch den Chemikern verschafft die »atomare Fotografie« neue Einblicke. Über die Jahrhunderte war die Chemie eine reine Erfahrungswissenschaft. Aus Zigtausenden von Versuchen lernte man, wie bestimmte Stoffe miteinander reagieren und wie man durch die richtige Mischung neue Substanzen herstellen konnte. Doch der magische Moment – die Reaktion selbst – blieb bis vor kurzem im Dunkeln. Was

## Fernziel: Laser sollen Moleküle so steuern, dass völlig neue Medikamente entstehen

geschieht genau, wenn sich Atome und Moleküle zusammenschließen? Verbinden sie sich in einem einzigen Schritt miteinander, oder nähern sie sich über viele Zwischenstationen einander an? Und wie schnell?

Präzise Antworten verhinderte bisher die Geschwindigkeit, mit der chemische Prozesse ablaufen. Heute weiß man: Sie dauern meist nur wenige Femtosekunden – milliardstel Sekunden, ausgeschrieben 0,000 000 000 000 001 Sekunden. Wieder muss ein Vergleich herhalten, um diese winzige Zeiteinheit von zehn hoch

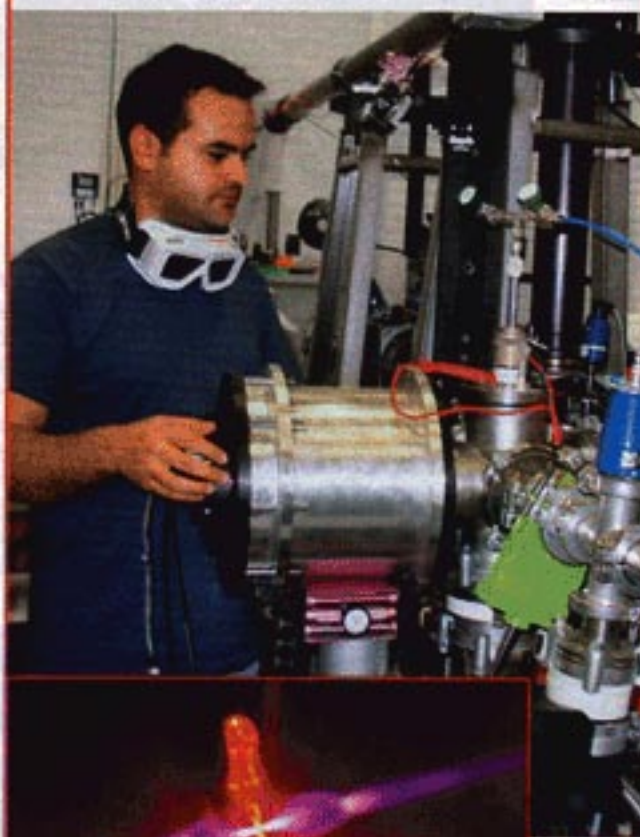
minus 15 Sekunden zu veranschaulichen: Eine Femtosekunde verhält sich zu einer Sekunde wie eine Sekunde zu 32 Millionen Jahren.

Das Kurzzeit-Spektakel einer chemischen Reaktion mit Femto-Laserblitzen erstmals sichtbar zu machen gelang Ende der 1980er Jahre dem Ägypter Ahmed Zewail am California Institute of Technology. Er erhielt dafür 1999 den Nobelpreis und wurde zum Geburtshelfer einer neuen Disziplin – der Femto-Chemie.

Seither erlebt diese Wissenschaft einen stürmischen Aufschwung. In Hunderten von Labors weltweit fotografieren Forscher die Verschmelzung und den Zerfall von Molekülen in Gasen und Flüssigkeiten. Ihr Fernziel: Sie wollen Reaktionen mit präzise zugeführter Lichtenergie (Fachbegriff: »kohärentes Licht«) so steuern, dass

### SO BRINGT MAN LASER AUF DAS RICHTIGE TEMPO

Die Atto-Laser, mit denen Forscher die trillionstel Sekunden schnellen Vorgänge in Atomen aufnehmen, müssen unglaublich präzise geeicht werden: Ihre Pulse müssen exakt zu der Geschwindigkeit der subatomaren Teilchen »passen«. Das gelingt mit einem Messapparat, der im Max-Planck-Institut für Quantenoptik in Garching steht (unten). Die Grafik rechts zeigt die Methode



Ein Attosekunden-Puls wird vom geteilten Spiegel in zwei Pulse aufgespalten und auf Heliumatome gelenkt. Beim Aufprall entstehen aus den Atomen Heliumionen (rot). Aus deren Zahl, die ein Detektor feststellt, schließen die Forscher auf die Dauer des Pulses: Ist er nicht ausreichend kurz, um die Vorgänge im Atom sichtbar zu machen, wird der Laser nachjustiert

**ATOMARER SCHNAPPSCHUSS** Physiker Paris Tzallas (o.) justiert den Attosekunden-Laser, der Röntgenstrahlen pulst. Nur die Photonen (Lichtquanten) des Röntgenlichts haben genug Energie, um in das Innere eines Atoms einzudringen (I.) – hier das Edelgas Krypton



# Sensible Power: Laser schneiden Stahl – und korrigieren Kurzsichtigkeit

sich die Moleküle zu neuen Substanzen formieren, etwa zu bisher unbekannten Arzneimitteln. Dazu müssen Amplitude und Phase des Femto-Laserlichts in einer Weise verändert («moduliert») werden, dass die Moleküle wie gewünscht reagieren.

**ATTO-PHYSIK UND FEMTO-CHEMIE** sind Disziplinen einer neuen Schlüsseltechnologie: der Femtonik. Der Einsatz von ultraschnellen Laserblitzen ist bereits weit verbreitet – in den Biowissenschaften, der Medizin und in der Mikromechanik. Dass der Laser sich zu einem wahren Multitalent entwickelt hat, liegt an seiner enormen »Power«. Je schneller er pulsiert, also je kürzer der einzelne Impuls ist, desto höher ist seine Leistung. Für einen nur 100 Femtosekunden dauernden Puls ist ein Gigawatt (eine Milliarde Watt) nichts Außergewöhnliches. Das entspricht in etwa der Leistung eines Kernkraftwerks.

Fokussiert man derart hohe Leistungen auf einen Punkt, ist der Femto-Laser ein ideales Werkzeug für die Mikromechanik, also für mikroskopisches Bohren, Schneiden und Schweißen: Keiner arbeitet präziser. Außerdem hat der Laser den Vorteil, dass das umliegende Material nicht erhitzt wird: Er gibt die Energie schneller ab, als die Wärmeleitung sich aufbauen kann. Metall oder Gewebe, von Femto-Lasern beschossen, hat gar nicht die Zeit, um zu schmelzen oder zu verkoken. Und weil sich die getroffenen Stellen quasi in Luft auflösen, gibt es auch keine Rückstände.

Im Detail passiert Folgendes: Die eingestrahelte Energie wird sofort in die Oberfläche »eingekoppelt«, wie die Experten sagen; sie heizt die Elektronen auf. »Die heißen Elektronen tragen das Material explosionsartig ab, ohne dass es vorher geschmolzen wäre«, erklärt Günter Kamlage vom Laser-Zentrum in Hannover. »So wird das Werkstoffgefüge nicht beschä-

digt.« Mit einem solchen Femto-Laser ließen sich sogar hochexplosive Stoffe schneiden, weil er das Material punktgenau verdampft, ohne dass der Rest explodiert. Eine ideale Methode also, um Sprengkörper zu entschärfen – im Labor wurde sie bereits erfolgreich ausprobiert.

Im Motorenbau gehört der Femto-Laser bereits zum Alltag. Die modernen Triebwerke unserer Autos arbeiten mit immer höheren Drücken – das erhöht den Verschleiß. Deshalb brennt man mit dem Laser winzige Kühlen in die Oberflächen von Zylindern und Kolbenringen: Da-

durch kann das Motoröl nicht ablaufen, die mechanischen Teile bleiben optimal geschmiert – Verschleiß, Benzin- und Ölverbrauch sinken.

Erprobt sind auch zahlreiche medizinische Anwendungen des Femto-Lasers. Chirurgen in amerikanischen Spezialkliniken helfen damit Herzpatienten: Sie bohren mit den Lichtblitzen winzige Löcher in die Herzwand, um Herzmuskeln, deren Blutgefäße irreparabel verstopft sind, mit sauerstoffreichem Blut versorgen zu können. Bei Patienten mit Bandscheibenschäden gelang es, Gewebe aus dem Inneren der Wirbelsäule zu entfernen, ohne das benachbarte Nervengewebe zu beschädigen.

Weil die Lasertechnik so schonend und präzise ist, erhoffen sich Augenmediziner davon einen erheblichen Fortschritt bei der Korrektur von Kurzsichtigkeit. Diese Fehlfunktion des Auges ist durch eine Abflachung der Hornhaut zu »reparieren«. Dazu musste früher die oberste Hornhautschicht abgelöst und zur Seite geklappt werden; von dem darunter liegenden Gewebe wurde dann eine genau berechnete Menge entfernt und danach die oberste Schicht wieder aufgelegt. In Zukunft möchte man auf das Öffnen der Hornhautschicht ganz verzichten: Der Femto-Laser soll das überschüssige Hornhautgewebe Punkt für Punkt verdampfen – das dabei entstehende Gas diffundiert anschließend durch die geschlossene Hornhaut nach außen.

Auch beim Zahnarzt soll der neue Laser in den nächsten Jahren zum Einsatz kommen und eine völlig schmerzfreie Kariesbehandlung möglich machen! Herkömmliche Bohrer erhitzen den Zahn, was zu dauerhaften Schäden führen kann. Die Wärmeentwicklung und die Erschütterungen durch das rotierende Gerät sind darüber hinaus verantwortlich für die Schmerzen bei der Kariestherapie: Beides

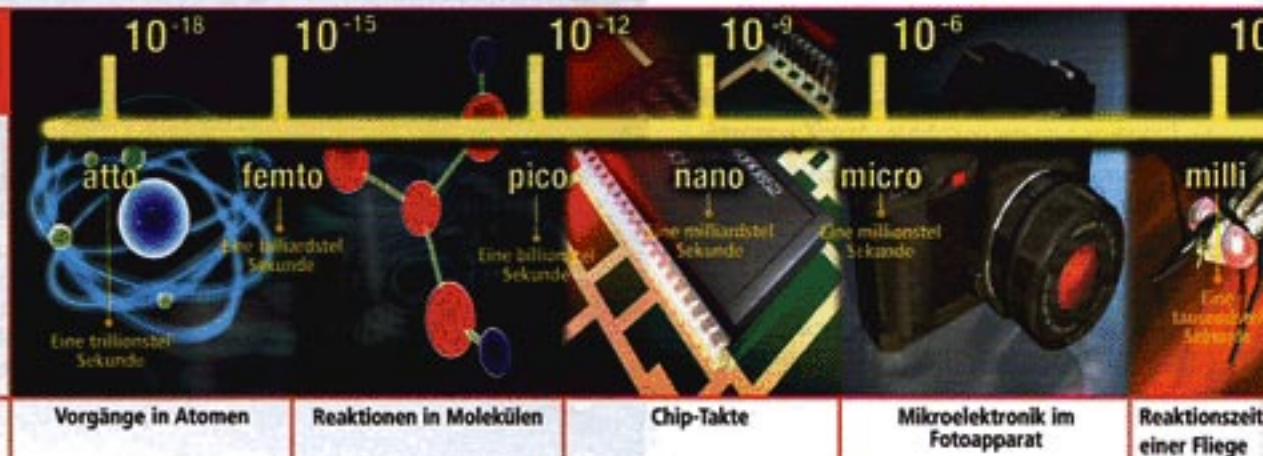
## FOTO EINER LICHTWELLE



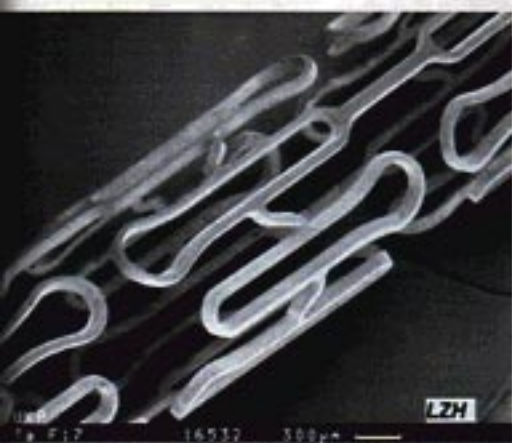
Unser Auge kann zwar die Intensität des Lichts wahrnehmen – nicht aber die Lichtwellen selbst, die etwa 1000 Trillionen Mal pro Sekunde schwingen. Erst mithilfe ultraschneller Laserpulse gelang es jetzt, Lichtwellen im Bild (oben links) festzuhalten – sie ähneln den Sinusschwingungen von Tönen

## VOM AUGENBLICK ZUR EWIGKEIT

So viele Sekunden dauern verschiedenste Vorgänge in unserer Welt. Von links nach rechts gelesen bedeutet jede Stufe in dieser Zeitskala eine tausendfache Zeitverlängerung gegenüber der vorangegangenen. In den kleinsten Zeiteinheiten werden die Elektronenbewegung gemessen (Attosekunden), in den größten die Entwicklung des ganzen Universums (Exasekunden)







#### SUPERGLATT

Mit ultrakurzen Laserpulsen lassen sich extrem glatte »Stents« (links) für die Therapie von Herzkrankheiten herstellen. Diese Gefäßstützen aus Stahl werden mit einem Ballonkatheter zu Engstellen der Blutgefäße gebracht, um sie offen zu halten (r.): Danach kann das Blut wieder frei fließen

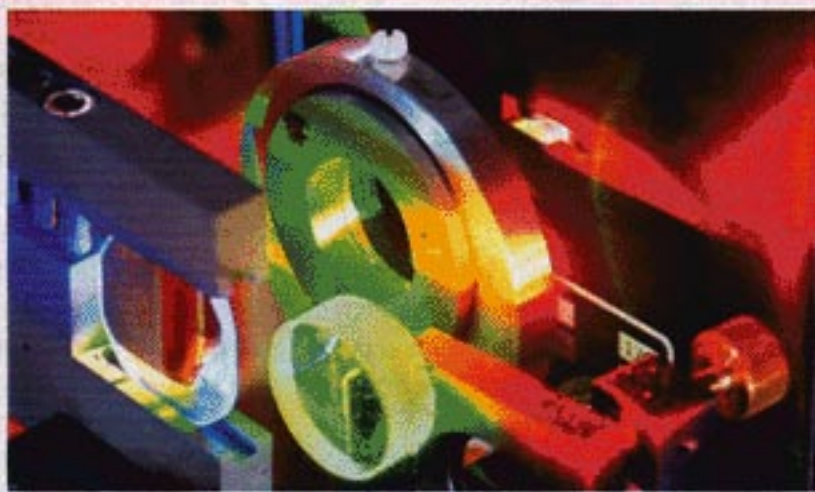


#### SUPERSAUBER

Ganz links: ein Loch, das ein Femtosekunden-Laser mit Pulsen von einer milliardstel Sekunde in Stahl geschnitten hat – extrem sauber. Daneben ein Loch, das mit einem halb so schnellen Laser geschnitten wurde

#### SUPERGENAU

Das Herzstück der Fotografie von chemischen Reaktionen ist der »Laser-Pulsformer«. Er lenkt Femtosekunden-Pulse über Linsen ins Ziel. So lässt sich nicht nur exakt beobachten, wie chemische Verbindungen zerbrechen und neue entstehen. Auch die »maßgeschneiderte« Herstellung bisher unbekannter Substanzen wird möglich



#### SUPERSANFT

Links: Bei Hirnoperationen mit ultrakurzen Laserpulsen wird das umliegende Gewebe nicht beschädigt. Rechts: Auch Karies lässt sich mit schnellen Pulsen entfernen – völlig schmerzfrei. Außerdem entstehen dabei keine Mikrorisse mehr, die bei herkömmlicher Behandlung zu Sekundärkaries führen können



lässt sich mit einem genau fokussierten Femto-Laser vermeiden. Schmerzfreie Hilfe wäre außerdem bei jenen Neugeborenen möglich, die schwerhörig oder taub auf die Welt kommen, weil ihre Gehörknöchelchen versteift sind. Der Femto-Laser kann die Versteifung lösen, ohne dabei die empfindlichen Knöchelchen zu beschädigen. Selbst an Hirnoperationen wagen sich einige Laser-Mediziner bereits heran. Solche Eingriffe werden ohne jegliche Beeinträchtigung des umliegenden Gewebes durchgeführt – eine große Hoffnung für Patienten mit Hirntumoren oder Parkinsonsyndrom.

**EBENFALLS HOFFEN DÜRFEN** Menschen, die mit einem Verdacht auf Hautkrebs leben. Im Labor ist die Melanom-Diagnostik per Laser bereits im Einsatz – mit Erfolg: Das Licht erkennt den Hautkrebs schon im frühesten Stadium. »Wir sind in der Lage, den Übergang von gesundem zu krankem Gewebe exakt nachzuzeichnen«, sagt Dieter Leupold vom Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie in Berlin-Adlershof. Die Forscher verwenden dazu einen Femto-Laser, der pulsierendes Infrarotlicht abgibt. Dadurch wird der Hautfarbstoff Melanin zu einem sehr schwachen, aber charakteristischen Leuchten angeregt – je nach Intensität gibt es detailliert darüber Auskunft, ob und wie weit sich die untersuchte Hautfläche bösartig verändert hat. »Dazu bräuchte man fast keinen Hautarzt mehr«, sagt Leupold. »Theoretisch könnte man eine Art öffentliche Telefonzelle aufstellen, in der jeder seine Hautflecke selber überprüfen kann.«

Damit aber sind die praktischen Anwendungen des ultraschnellen Lasers noch lange nicht ausgereizt. Schon eröffnet sich in vielen Labors weltweit ein völlig neues Feld: Das pulsierende Licht kann





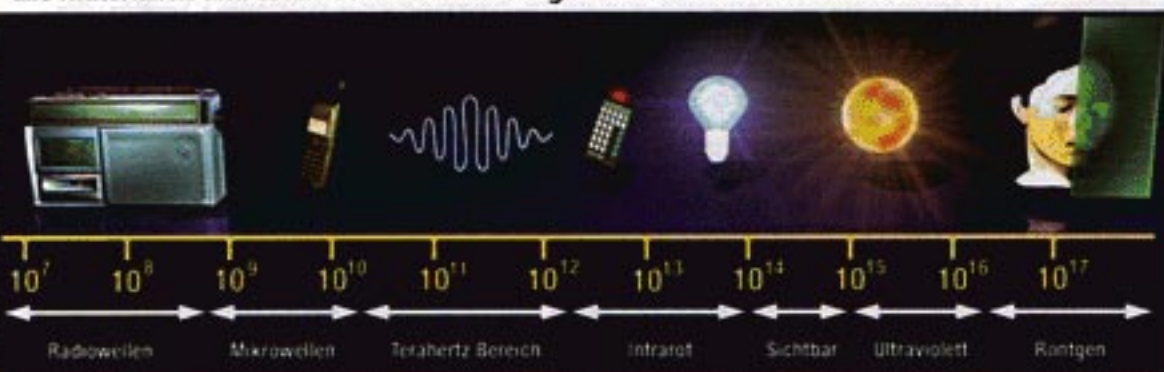
Weil die Strahlen bisher ungekannte Einblicke ermöglichen, arbeiten die Forscher fieberhaft an neuen Terahertz-Technologien. Zum Beispiel ließe sich die Strahlung in der Qualitätsprüfung einsetzen: Ist die Klebeverbindung, die zwei Kunststoffteile eines Fahrzeugs zusammenhält, sta-

Während die Hochgeschwindigkeits-Wissenschaft immer neue Anwendungsgebiete für ihre ultraschnellen Laser findet, stößt sie auf der theoretischen Seite auf ein Problem: Gibt es eine Höchstgeschwindigkeit, die nicht überschritten werden kann? Anders gefragt: Lässt sich die Zeit unbegrenzt in immer noch kleinere Portionen teilen? Bei zehn hoch minus 15 Sekunden (Femto) und zehn hoch minus 18 Sekunden (Atto) sind wir in der heutigen Lasertechnologie bereits angelangt. Geht es noch schneller?

Eine andere potenzielle Anwendung der Terahertz-Strahlung: In Schornsteinen von Kraftwerken, Müllverbrennungsanlagen oder Industrieanlagen könnte sie mit enormer Genauigkeit den Gehalt an Treibhausgasen ermitteln – Rußpartikel würden die Messergebnisse nicht mehr verfälschen, weil sie einfach durchdrungen werden. Auch der Nachweis von Produktpiraterie bei Medikamenten wäre leichter als je zuvor: Ist das Mittel echt oder ein billiges Plagiat? Die Strahlen können diese Frage

[illegible]

Der größte Teil des elektromagnetischen Spektrums wird längst technisch genutzt. Ausnahme: Terahertz-Strahlung. Der Grund: Man braucht ultrakurze Laserpulse, um diese Wellen zu erzeugen – das ist erst jetzt möglich. Das Besondere der Terahertz-Strahlen: Sie durchdringen fast alle Materialien und eröffnen damit neue Möglichkeiten in Medizin und Sicherheitstechnik



► **Rebildete Infos über Laser:**  
**[www.faszinationlicht.de/download/service/downloadcenter/broschuere/Broschuere2.pdf](http://www.faszinationlicht.de/download/service/downloadcenter/broschuere/Broschuere2.pdf)**  
► Weitere Informationen und Links finden Sie unter  
**[www.pm-magazin.de](http://www.pm-magazin.de)**



## »P.M.-W.I.N.-Award«: Das sind die Finalisten!

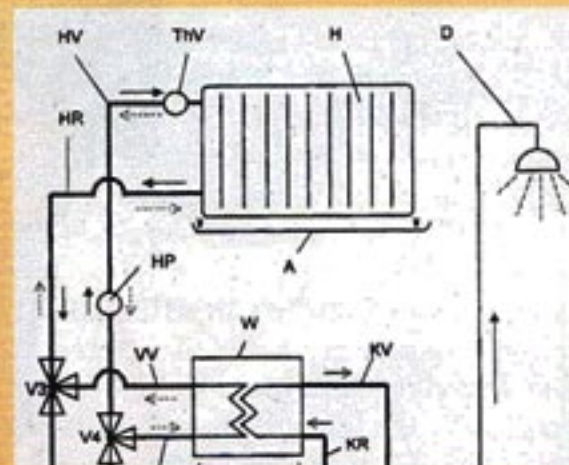
Hunderte von Erfindern haben ihre Innovationen zum »P.M.-W.I.N.-Award« eingesandt; eine Expertenjury von P.M. hat sechs Teilnehmer für das Finale ausgesucht. Wer von diesen Finalisten den Preis für die beste Erfindung erhält, ermitteln die P.M.-Jury – und die P.M.-Leser. So können Sie für Ihren Favoriten votieren: Geben Sie Ihre Stimme ab unter [www.pm-magazin.de/ideenpreis](http://www.pm-magazin.de/ideenpreis). Die Preisverleihung findet statt auf der großen »P.M.-Gala der Innovationen« in Berlin

VON DIETMAR EIRICH



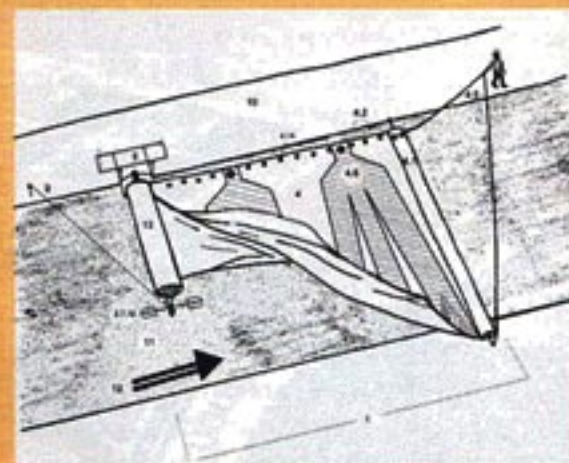
### WÄRMEPUMPE SPART HEIZKOSTEN

Die Erfindung von **MICHAEL SCHRÖTER**, CAD-Konstrukteur aus Niesky, spart im Sommer Energie für die Warmwassererzeugung im Haus. Wenn sich die Wohnräume stark aufheizen, entzieht eine Wärmepumpe den Heizkörpern bei ausgeschalteter Heizung Wärmeenergie und führt sie in den Warmwasserkreislauf: Für das Aufheizen des Dusch- und Abwaschwassers fallen also keine Energiekosten mehr an. Gleichzeitig entziehen die Heizkörper der Raumluft Wärme – die Heizung wird zur Klimaanlage, die für angenehme Kühle in den Zimmern oder Büroräumen sorgt.



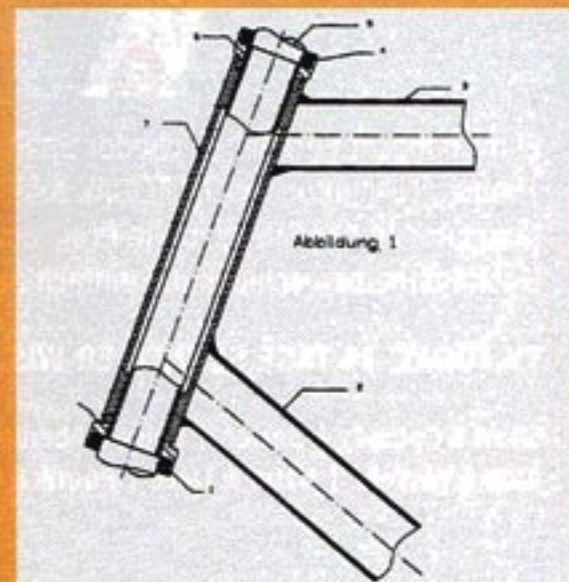
### SCHNELLER SCHUTZ FÜR DEICHE

Angesichts zunehmender Flutgefahr hat sich **EKKEHARD JUST** aus Hannover ein »schnelles« Hochwasserschutzsystem ausgedacht: spezielle Kunststoffplanen, die Flussdeiche bei Hochwasser stabilisieren. Die 25 bis 50 Meter langen Folien werden dachziegelartig überlappend ausgelegt und an den Überlappungsstellen beschwert, sodass sie wasserdicht sind. Vorteile: Das Verlegen der Folien braucht weniger Zeit und weniger Hilfspersonal als das Aufschichten von Sandsäcken. Außerdem ermöglicht Justs Methode auch in schwer zugänglichen Regionen schnellen Deichschutz: Die aufgerollten Folien werden vom Hubschrauber zu gefährdeten Deichabschnitten gebracht und dort ausgerollt.

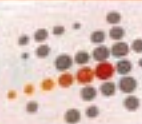


### NEUARTIGER FAHRRADLENKER

**PIERRE MARSHALL** und sein Onkel **THEODOR CHRIST**, Inhaber einer Werkzeug- und Gewindeschleiferei, haben den Fahrradlenker neu erfunden. Von außen ist die Innovation der beiden Erfinder aus Darmstadt nicht zu erkennen, weil sie im Inneren des Rahmens sitzt: Das vom Lenker nach unten führende Lenkrohr bewegt sich jetzt nur noch über Gewinde innerhalb des Steuerrohrs – damit werden die bisherigen Kugellager überflüssig. Das spart Gewicht. Im Steuerrohr haben Marshall und Christ eine weitere Erfindung untergebracht: ein spezielles Einschraubgewinde, wie es auch bei Hubschrauber-Rotorblättern verwendet wird. Diese Neuheit ermöglicht es Radfahrern, eine gebrochene Gabel innerhalb von fünf Minuten zu ersetzen – ohne Werkzeug.



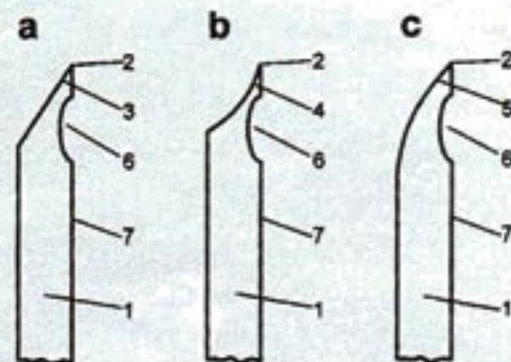




## »SCHMERZFREIER« WUNDVERBAND

Damit er seinen Patienten beim Wechseln von Verbänden keine Schmerzen mehr zufügen muss, hat **DR. EDWIN KLAUS** aus Würzburg den »temporären Wundverband« erfunden. Der Clou: Dieser Verband muss nicht mehr komplett von der Haut gerissen werden – er hat ein kleines »Fenster«, das man öffnet, um den Heilungsprozess zu begutachten, und danach wieder schließt. Den ursprünglichen Klettverschluss, der das Fenster geschlossen hielt, hat Dr. Klaus inzwischen durch einen leichtgängigeren Adhäsiv-Verschluss ersetzt: Er funktioniert wie die Klebestreifen der »Post-it«-Zettel. Der Verband schließt sogar kleine Platzwunden – Nähen überflüssig. Weitere Vorteile: Die Infektionsgefahr ist geringer, weil der Verband erst nach der vollständigen Heilung abgenommen wird; außerdem werden die Kosten für Wechselverbände eingespart.

FIG. 1



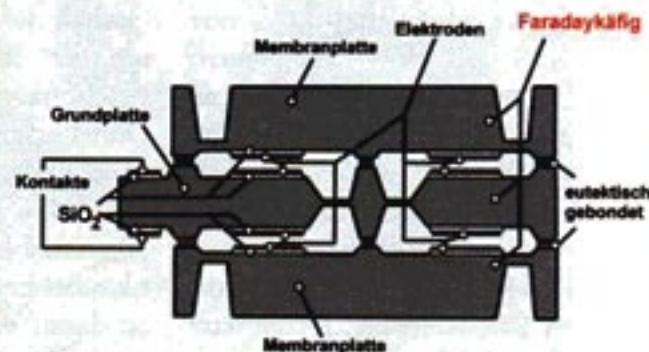
## STROM AUS JEDEM FLUSS

Umweltfreundlich Strom erzeugen – das ermöglicht das »Segmentkranz-Wasserrad« von Bauingenieur **HARTMUTH DREWS** aus Pinneberg. Die Idee: Auf dem Land gibt es viele veraltete Wassermühlen, die von ihren Besitzern stillgelegt wurden – an gleicher Stelle könnte sein mobiles Wasserrad eingesetzt werden. Eine neue behördliche Betriebsgenehmigung ist dafür nicht notwendig, die alte gilt weiter. Vor allem Landwirte profitieren von der Erfindung: Sie können damit preiswerten Strom für den Eigenbedarf oder zum Einspeisen ins Netz produzieren. Anzahl und Größe der Segmente (Schaufeln) kann der Kunde selbst bestimmen – dadurch lässt sich das Wasserrad an jeden Bach oder Fluss anpassen: Drews berechnet mit einem CAD-Programm den optimalen »Bausatz« für den jeweiligen Standort. Mit zusätzlicher Technik ließe sich sogar Wasserstoff herstellen – Treibstoff für das zukünftige Wasserstoffauto.



## EIN SENSOR, DER (FAST) ALLES KANN

Chemiker **THOMAS BILGER** aus Buggingen bei Freiburg hat einen »mikromechanischen Druck- und Kraftsensor« entwickelt, der den Sensoren-Markt revolutionieren könnte. Es handelt sich dabei um einen so genannten Differenzdrucksensor: Er bestimmt beispielsweise den aktuellen Füllstand von Tanks in der chemischen Industrie, indem er die Differenz von zu- und abgeleiteten Flüssigkeiten oder Gasen exakt berücksichtigt. In der Medizin werden solche Sensoren in Beatmungsgeräten eingesetzt; auch in der Lüftungs- und Klimatechnik braucht man sie, und im Kamin melden sie, ob genug Zug vorhanden ist. Wie empfindlich Thomas Bilgers Sensor arbeitet, erläutert er an einem Beispiel: »Auf einem Schiff könnte man damit das Gewicht des Kapitäns bestimmen – allein aus den Sensormessungen, bevor er an Bord geht und danach.« Bilgers Innovation vermeidet Messfehler von vornherein. So ist sein Sensor zum Beispiel gegen elektrische Felder abgeschirmt und vor dem Eindringen von Staub geschützt. Und: Er lässt sich im Gegensatz zu den bisherigen Sensoren sensationell preiswert herstellen, weil er auf herkömmlicher Technik mit integrierten Schaltungen beruht.







## WO BITTE GEHT ES ZU NEUEN IDEEN? GANZ EINFACH: UM DIE ECKE!

**Mit einem »kreativen Kuss« sollen deutsche Unternehmen aus ihrem Dornröschenschlaf geweckt werden. Neue Strategien für mehr Innovationsfreude – sie funktionieren wirklich!**

VON MICHAEL KNEISSLER

**D**ie Dresdner Hausfrau Melitta Bentz liebte zwar Kaffee, aber nicht den Kaffeesatz. Deshalb erfand sie vor exakt 97 Jahren den Melitta-Filter. Dazu ließ sie ihren Gatten Hugo und die Söhne Willi und Horst mit Nägeln Löcher in kleine Messingtöpfe hämmern; sie selbst klaubte das Löschpapier aus den Schulheften ihrer Kinder und schnipelte »Filterpapier« daraus. Das Startkapital betrug exakt 73 Reichspfennig. Heute setzt die Melitta-Unternehmensgruppe Bentz KG unter Leitung der drei Enkelsöhne jährlich 1,1 Milliarden Euro um, beschäftigt knapp 4000 Mitarbeiter und beliefert fast die ganze Welt: mit Kaffeefiltern,

Röstkaffee und Haushaltsartikeln wie Frischhaltefolien oder Staubsaugerbeuteln.

**ÄHNLICH ERFOLGREICH** war der schwäbische Tüftler Artur Fischer, der vor etwa 50 Jahren den Blitzwürfel für die Fotokamera sowie den Fischer-Dübel erfand: Seitdem hat er 5000 weitere Patente angemeldet. Seine Firma stellt heute allein sieben Millionen Plastikdübel her – am Tag! – und ist damit Weltmarktführer in dieser Branche. »Anfangs«, so Fischer, »geht es nur um die Idee.« Aber dann müsse die Idee umgesetzt und weiterentwickelt werden. Denn der Drang zur Innovation darf niemals nachlassen, sonst sind die

kühnsten Erfindungen nach kurzer Zeit nur noch altes Eisen. Würde der Fischer-Dübel heute noch so aussehen wie der erste Polyethylen-Prototyp, wäre die Firma schon längst pleite. Und würde Melitta heute noch mit Nägeln Löcher in Blechtöpfe schlagen, hätte die Marke niemals die Welt erobert.

Damit die Ideen Flügel bekommen, hat die Regierung Schröder mit Unterstützung vieler Unternehmen, darunter P.M., eine Innovationsoffensive gestartet: Denn es ist nicht so, dass es in Deutschland zu wenig Innovationen gibt – nur die Umsetzung in marktfähige Produkte ist nach Ansicht vieler Experten oft zu langsam.

Woran das liegt und wie es

geändert werden kann, erforschen zurzeit mehr als 300 Fachleute, darunter Wirtschaftsforscher, Personalentwickler, Psychologen, Techniker, Lernforscher und Sozialwissenschaftler. Das Ziel ist es, in den Betrieben eine innovationsfreudige Umgebung zu schaffen, die die Leistungsbereitschaft aktiviert.

**WIE ES ZURZEIT** damit aussieht, spiegelt ein »Innovationsbarometer« wider, das sich die Gewerkschaft ver.di und die Technische Universität München ausgedacht haben: Es basiert auf einer Umfrage unter den Aufsichtsräten von 140 Unternehmen mit insgesamt über 1,1 Millionen Mitarbeitern. »In unserem Barometer beziehen wir die Perspektive von Mitarbeitern und Beschäftigten als Träger und Quelle von Innovationen mit ein«, erklärt Dr. Hans-Joachim Schulz von ver.di.

Der Barometerstand gibt keinen Anlass zur Euphorie. 53 Prozent der befragten Aufsichtsräte glauben, dass Kreativität in ihrem Unternehmen nicht ausreichend gefördert wird. Optimierungsbedarf besteht offenbar auch bei der Umsetzung von Innovationen: Ebenfalls 53 Prozent der untersuchten Firmen beschränken sich laut Umfrage auf die Weiterentwicklung bereits vorhandener Produkte, Prozesse oder Dienstleistungen. Nur 15 Prozent unterstützen hingegen so genannte Sprung-Innovationen, also radikal neue Ideen à la Melitta-Kaffeefilter oder Fischer-Dübel.

55 Prozent der Firmen beklagen zudem Erschöpfungszustände bei den Beschäftigten. Doch gerade die Ver-



## Noch sind sie besonders rar in Deutschland: »Sprung-Innovationen«, die radikal neue Ideen in die Welt setzen. Das kann sich jetzt ändern

meidung von Stress halten die Befragten – neben finanziellen Anreizen und zeitlichen Freiräumen – für notwendig, um ein innovationsförderliches Betriebsklima zu verwirklichen. Denn – so ein weiteres Ergebnis der Umfrage – ein positives Unternehmensklima trägt wesentlich zur Entstehung von Ideen bei. »Die Ergebnisse des Barometers zeigen, wo wir ansetzen müssen, wenn wir künftig den Innovationsprozess stärken wollen«, sagt Schulz.

Wie im Märchen von Dornröschen, wo die Königstochter vom Prinzen aus dem Schlaf geküsst werden muss, soll jetzt ein »kreativer Kuss« die Firmen in Deutschland aufwecken. Welche Unternehmen wachzuküssen sind, das beurteilen die Innovationsexperten nicht mehr allein nach betriebswirtschaftlichen Kriterien wie der Zahl der marktfähigen Neuprodukte – sie richten ihr Augenmerk auf die Betriebe selbst und ihre Mitarbeiter. Beispielsweise fragen sie: »Gibt es bestimmte betriebliche Strukturen, die gute Ideen zu Innovationen machen?«

**DIE ANTWORT** lautet Ja, wie ein Forschungsprojekt des Instituts für Sozialforschung und Sozialwirtschaft (ISO) im Saarbrücken gezeigt hat: »Das Geheimnis der Innovation besteht vor allem in der Schaffung eines innovativen betrieblichen Klimas, in der Aktivierung und Zusammenführung der vorhandenen Wissens- sowie Erfahrungsbestände und im engen Zusammenspiel verschiedener Akteursgruppen.«

Aus diesen Erkenntnissen

hat die Innovationsinitiative von Bundesregierung und Wirtschaft Konsequenzen gezogen und drei Strategien entwickelt, wie man Firmen aus dem Dornröschenschlaf wecken kann:

★ Kompetenzprofile von allen Mitarbeitern sollen sicherstellen, dass jeder gemäß seinen beruflichen Fähigkeiten eingesetzt wird. Zurzeit sind nach aktuellen Forschungsergebnissen des Bundesinstituts für Berufsbildung (BIBB) 56 Prozent der Beschäftigten entweder unter- oder überqualifiziert. Beides ist schlecht: Wer unterqualifiziert ist, scheitert oft an seiner Aufgabe; wer überqualifiziert ist, kann seine Möglichkeiten nicht ausreichend einsetzen, wertvolle Ressourcen werden nicht genutzt. Um das zu verhindern, hat zum Beispiel die Deutsche Steinkohle AG ein neues Instrument zur Ermittlung der vorhandenen Kompetenzen im Betrieb entwickelt: Jeder Mitarbeiter kann ein genaues Profil seiner beruflichen Fähigkeiten und Erfahrungen elektronisch speichern lassen. Per Mausklick sollen Personalentwickler diese Daten abrufen – und den Mitarbeiter dort einsetzen, wo er sich optimal entfalten und kreativ sein kann. »Damit«, so ein Steinkohle-Sprecher, »nutzen wir nicht nur das Know-how der Führungszirkel und der Forschungsabteilung, sondern auch das der übrigen

80 Prozent der Belegschaft.«

★ Leistungsbilanzen, die alle Beschäftigten im Unternehmen für sich erstellen, sollen ein eher ganzheitliches Bild der individuellen Fähigkeiten vermitteln. Durch ihre Antworten auf Fragen wie »Wer bin ich?«, »Wie lerne ich?«, »Was will ich?« sollen die Mitarbeiter in die Lage versetzt werden, sich über ihre Potenziale besser im Klaren zu werden, sie auszuschöpfen oder mit gezielter Fortbildung zu erweitern. »Mitarbeiter«, sagt einer der Projektentwick-

ler vom BIBB, »sind umso eher bereit, ihre eigenen Fähigkeiten einzubringen und zu erweitern, je mehr sich diese im Einklang mit persönlichen Lebenszielen und Wertvorstellungen befinden.«

★ Lernpartnerschaften sollen sicherstellen, dass erfahrene ältere Mitarbeiter ihr Wissen an jüngere Beschäftigte weitergeben. Damit wird verhindert, dass Potenziale verloren gehen, die in vielen Jahren erworben wurden. Der Jugendwahn in den Betrieben hätte damit also ein Ende – was auch schon aus demografischen Gründen notwendig ist: Bereits in zehn Jahren wird nach den Schätzungen der Experten jede dritte Erwerbsperson älter als 50 Jahre sein.

## Mit vollen Segeln durch die Technikgeschichte



Vom ersten deutschen U-Boot zur begehbaren menschlichen Zelle: Wissenschaft zum Anfassen und Ausprobieren auf der Museumsinsel in München.

## Deutsches Museum



All diese Strategien klingen ein wenig theoretisch. Aber es ist gut, dass sie das Ziel klar formulieren: Kreativität muss wachgeküsst und gefördert werden. Und dafür brauchen die Unternehmen nicht unbedingt neue Mitarbeiter oder besonders clevere Unternehmensberater – sondern Methoden, um die Innovationsfähigkeit der eigenen Beschäftigten zu erkennen und zu nutzen.

**VOLKSWAGEN** z. B. erfand schon vor zwölf Jahren »KVP2«, ausgeschrieben »kontinuierlicher Verbesserungsprozess hoch 2«. Die Idee: Jeder Mitarbeiter, der meint, im Betrieb liege etwas im Argen, kann einen Workshop zur Lösung des Problems vorschlagen – egal, ob Ingenieur, Sekretärin, Meister oder Arbeiter. Binnen kürzester Zeit treffen sich alle Beteiligten zu einer Konferenz unter Führung eines KVP2-Moderators. Wenn eine Problemlösung vorgetragen wird, redet man sie nicht monatelang kaputt, sondern setzt sie innerhalb von höchstens drei Monaten in die Tat um. Kein Vorschlag wird für zu gering erachtet. In den bisher über 18 000 Workshops reichte die Palette von einer Rückruf-Aktion der Kantine für »verlorenes« Besteck bis hin zur Umgestaltung der Kopfstützen-Polstererei. Zwischen 50 000 und 100 000 Euro Ersparnis erbrachte jeder Workshop – in der Summe Millionen. Unterdessen haben auch andere Institutionen wie der Chemiekonzern Bayer oder die Bundeswehr KVP2 übernommen.

## Ideal: Kein Mitarbeitervorschlag wird für zu gering erachtet. Und: Niemand setzt schon den Rotstift an, wenn eine Idee gerade geboren ist

Insbesondere Firmen in schnelllebigen Technologie-Bereichen sind darauf angewiesen, dass der Innovationsfluss nie stoppt. Bei Siemens etwa werden Mitarbeiter besonders herausgestellt, die neue Ideen haben und diese umsetzen: zum Beispiel der Sound-Designer Ian McLean, der sich damit befasst, wie man Automotoren den markentypischen Klang verpasst. Bisher wurde dieses Problem mit speziellen Schalldämpfern gelöst, die bestimmte Schwingungen aus den Luftansaugstutzen (eine der Hauptgeräuschquellen) herausfilterten, bis der Sound stimmte. Das war nicht nur teuer, sondern kostete auch Motorleistung. McLean hatte eine bessere Idee. Er baut ein winziges Mikrofon in den Ansaugstutzen ein; die damit gemachten Tonaufnahmen werden in einem digitalen Signalprozessor mit dem gewünschten Klangbild verglichen; stimmen beide nicht überein, werden alle Abweichungen mithilfe von Interferenzen ausgeschaltet: Ein Minilautsprecher im Lufteinlass sendet genau berechnete Schallwellen aus, die sich mit den abweichenden Wellen überlagern und sie dadurch eliminieren. Das Ergebnis: ein Motorgeräusch, das exakt so klingt, wie es sich die Marketingexperten und Sound-Psychologen des Autoherstellers wünschen.

Ein anderes Beispiel für die Förderung kreativer Innovationen ist Heinrich Noll, ebenfalls Siemens-Mitarbeiter. Der Ingenieur störte sich lange an der schlechten Beleuchtung des Tachozeigers in seinem Auto, bis er eine Lösung dafür fand. Er beschichtete die Tachonadel mit einem lumineszierenden Material und leitete mithilfe einer Leuchtdiode unsichtbares ultraviolettes Licht darauf, das erst auf der Nadel sichtbar wird. Jetzt kann er den Tacho ablesen, ohne sich die Augen zu »verbiegen«. Auch das so genannte Head-up-Display fürs Auto hat Noll gerade optimiert. Normalerweise wirft es die Anzeige aller Fahr-

werte (Tempo, Tankinhalt, Motortemperatur usw.) auf die Windschutzscheibe vor dem Fahrer. Noll erreicht mit einer raffinierten Technik, dass die Anzeige virtuell weiter vorn über der Kühlerhaube schwebt – so behält der Fahrer auch beim Ablesen der »Instrumente« das Verkehrsgeschehen optimal im Blick. Bald wird dieses System zur Standardausstattung unserer Autos gehören.

**DIE BESTEN** innovativen Ideen nützen aber nichts, wenn in den Betrieben die allgegenwärtigen Controller den Rotstift schwingen und nur in Zahlen denken. Das hat schon Dübel-König Artur Fischer erkannt. Er warnte: »Wenn Sie bei jeder Entwicklung anfangen zu rechnen, was Sie damit verdienen, dann können Sie gleich aufhören.« ★

### AUS WISSEN MUSS NEUES WISSEN ENTSTEHEN!

Christa Dahme, DGB-Bundesvorstand und Leiterin des Impulskreises »Wissensträger Mensch« der Initiative »Partner für Innovation«



»Deutschland hat bahnbrechende Erfindungen wie den Computer, den Tintenstrahldrucker oder die MP3-Technologie hervorgebracht. Doch trotz exzellenter Leistungen in Wissenschaft und Forschung kann unser Land seine Potenziale nicht immer optimal nutzen. Derzeit klafft die Schere zwischen innovativen und weniger innovativen Firmen immer weiter auseinander. Wenn wir auch künftig wettbewerbsfähig bleiben wollen, müssen wir ein Klima in den Betrieben fördern, in dem gute Ideen entstehen und sich auch weiterentwickeln dürfen. Mitarbeiter sollten sich ständig weiterqualifizieren können und Freiräume erhalten, um ihre Fähigkeiten so anzuwenden, dass aus Wissen immer wieder neues Wissen entsteht. Für eine entsprechende Unternehmenskultur setzt sich der Arbeitskreis »Wissensträger Mensch« der Initiative »Partner für Innovation« ein. Gemeinsam erarbeitete Maßnahmen und Projekte werden derzeit in verschiedenen deutschen Betrieben umgesetzt.«

DIE P.M.-INNOVATIONS-OFFENSIVE WIRD UNTERSTÜTZT VON:

**SIEMENS**

**n-tv**  
Der Nachrichtensender

**Fraunhofer** Gesellschaft  
Venture-Gruppe



# Die neuen



Sie sind wieder da – diesmal als freche junge Frauen, die weder mit dem Teufel tanzen noch Kinder fressen wollen. Die Hexen von heute setzen ihre Magie ein, um alltägliche Probleme zu lösen, im Job, im Haus – und im Bett. Was steckt hinter dieser Sehnsucht nach einem verzauberten Leben?

VON PATRICIA BRÖHM

# Hexen

**S**ie hat lange blonde Locken, die Maße eines Models, und sie hext nicht etwa mit dem Zauberstab, sondern durch ein leichtes Kräuseln ihrer hübschen Nase. Wenn sie, sehr menschlich, an der Gebrauchsanweisung ihres neuen DVD-Players scheitert, dann setzt sie mal schnell magische Kräfte ein. Und auch um den Mann ihres Herzens zu gewinnen, kann sie auf den einen oder anderen Zaubertrick zurückgreifen. Im Hollywood-Remake von »Verliebt in eine Hexe« (lief Anfang September in unseren Kinos an) spielt Oscar-Preisträgerin Nicole Kidman die Titelheldin Isabel – ihr Styling erinnert dabei eher an Barbie als an die Hexe aus Hänsel und Gretel.

Damit liegt sie voll im Trend. Beflügelt durch den ungebremsen Erfolg des Junghexers Harry Potter, wenden sich auch hier zu Lande immer mehr junge Menschen der Zauberei zu. Stilbildend für die weiblichen Junghexen wirken amerikanische TV-Formate wie »Sabrina – total verhext« oder »Charmed – Zaubervolle Hexen«. Im Mittelpunkt von »Charmed« stehen die Schwestern Prue, Phoebe und Piper, eine attraktiver als die andere. Folge für Folge kämpfen sie mit magischen Mitteln gegen sehr zeitgemäße Probleme, vom unglücklichen Verliebtsein bis zu sexueller Belästigung am Arbeitsplatz. Der Besen bleibt zwar im Putzschrank, die Hexe von heute trägt bauchfreie Tops und hochhackige Schuhe – doch Magie ist in.

Die Suchmaschine »Google« ortet in weniger als einer Sekunde weit über eine Million Treffer für »Hexen« im Internet. In den Großstädten werden Hexentreffs und -stammtische für Junghexen und -hexer organisiert. Über 150 000 Gäste zählte der Harzer Fremdenverkehrsverband dieses Jahr zur traditionellen Walpurgisnacht am Brocken. Am

allerliebsten aber treffen sich junge Hexen – als typische Angehörige der Web-Generation – im Internet. Dort präsentieren sie sich auf eigenen Websites, die so klangvolle Namen tragen wie [www.schattenreich.de](http://www.schattenreich.de). Auf der in düsterem Schwarz gehaltenen Homepage stellt die junge Hexe Sheerie alles vor, was zum magischen Handwerk gehört, von der Anleitung zum »Lindenblütenliebeszauber« bis zum Rezept für ein »Blutwurzelexier«.

Sheerie, die im wahren Leben Alexandra heißt, 32 Jahre alt ist und nach einer Ausbildung zur Verlagskauffrau heute Verwaltungswirtschaft studiert, erläutert ihr Selbstverständnis: »Hexen wissen einfach, dass es mehr Dinge zwischen Himmel und Erde gibt, als unsere Schulweisheit sich träumen lässt. Sie wissen um die Kräfte der Natur und machen sie sich zunutze, ohne die Natur dabei auszubeuten. Sie wissen um die Mondphasen, haben gelernt, welches Kraut gegen welches Wehwehchen gewachsen ist, und setzen ihre Kräfte ein, um ihren Mitmenschen zu helfen. Wir wissen auch um die verschiedenen Arten, in die Zukunft zu sehen, sei es mit einer Kristallkugel, Tarotkarten oder einer Schüssel Wasser.«

Matthias Pöhlmann von der Evangelischen Zentralstelle für Weltanschauungsfragen in Berlin beschäftigt sich zu Forschungszwecken mit den neuen, jungen Hexen. Die »Okkultfaszination« sei bei den unter 20-Jährigen vor allem bei Mädchen stark vertreten, sagt der Theologe und Referent für Okkultismus, Spiritismus, Satanismus und Esoterik. Und: »Die neuen Hexen sind nicht bucklig und runzlig, sondern jung, attraktiv und funky.« Er sieht die Girlie-Hexen als jugendliche Subkultur, ähnlich wie die Techno- oder Gothic-Szene: »Das Selbstverständnis als Hexe bietet gerade Heranwachsenden ein großes Potenzial zur Selbstin-



szenierung. Entwicklungspsychologisch gesehen befinden sich viele dieser jungen Mädchen und Frauen in einer Übergangsphase. Die Kindheit mit ihren magischen Elementen liegt hinter ihnen, der Weg in die Welt der Erwachsenen noch vor ihnen. Die Beschäftigung mit Magie kann auch als Versuch gesehen werden, ein Stück Kindheit hinüberzuretten. »

Längst haben auch Buch- und Zeitschriftenverlage die Zielgruppe der jungen Hexen entdeckt. Mehr als 400 deutsche Buchtitel zum Thema Hexerei und Magie sind auf dem Markt, einige wenden sich explizit auch an (männliche) Zauberschülerlinge. Vor allem auf dem Ratgebersektor wimmelt es von einschlägigen Titeln, von der »Zauberschule der Neuen Hexen« bei Ullstein bis zum »Hexenwissen – Beschwörungen und Hexenrituale für ein glückliches Leben« bei Bassermann. Wer es richtig ernst meint,

erster Linie zur persönlichen Lebenshilfe eingesetzt: die Pickel weg-hexen, Schulprobleme lösen, den »dreamboy« auf sich aufmerksam machen.

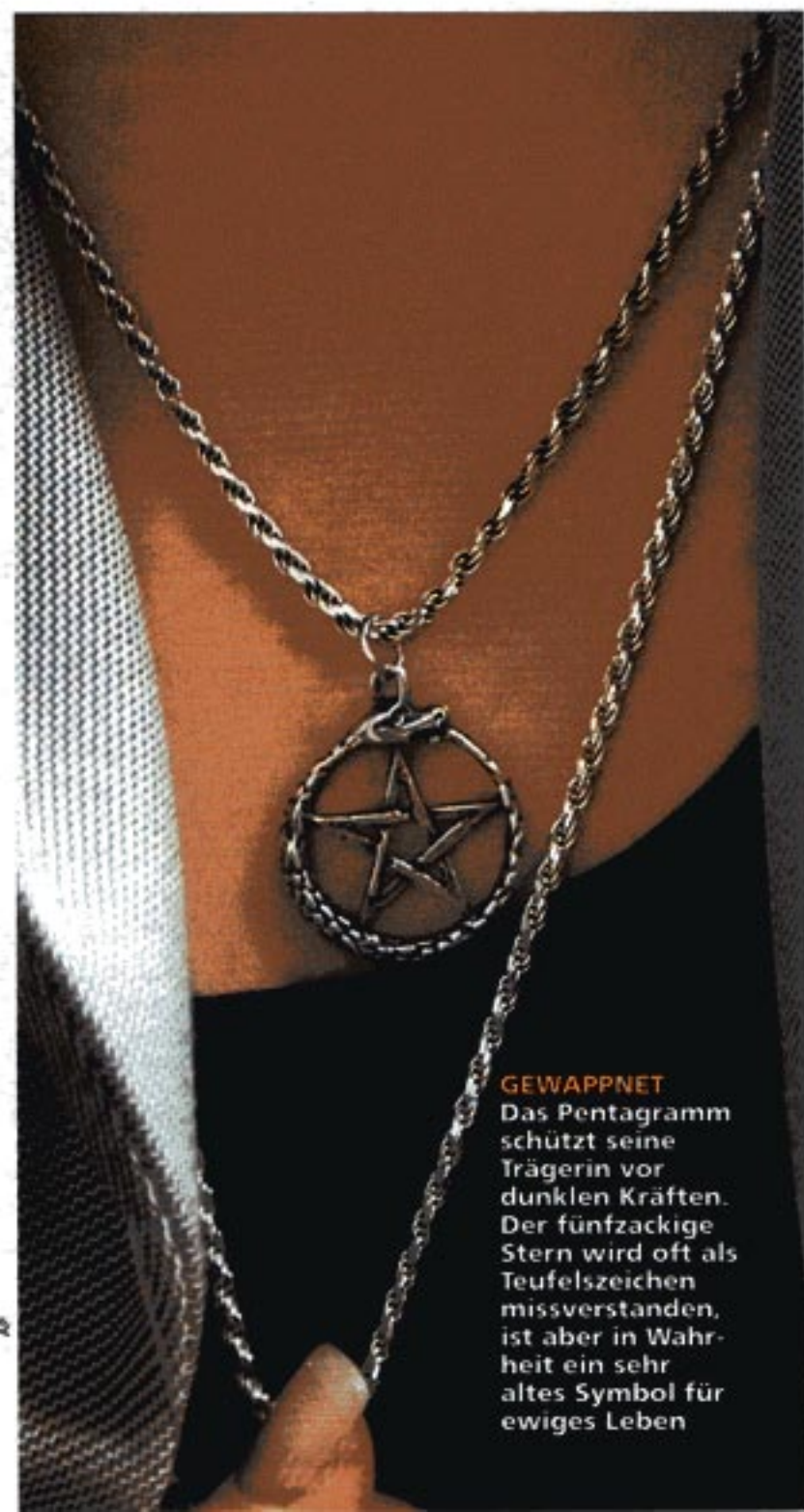
**ALS EIN HAUPTMOTIV** für den neuen Hexen-Boom betrachtet Pöhlmann die zunehmende Säkularisierung unserer Gesellschaft: »Nie gab es so viele Kirchnaustritte wie heute. Die Religion verschwindet zunehmend aus dem öffentlichen Bewusstsein. In dem so entstehenden Vakuum entwickelt sich das Bedürfnis nach einer neuen Spiritualität jenseits der großen Kirchen.« Dahinter stecken die Sehnsucht nach Ritualen, die das Leben strukturieren, der Wunsch nach einem Regelwerk, um Übergänge (wie zum Beispiel den Eintritt ins Erwachsenenalter) zu begleiten und zu gestalten. Dazu kommt ein diffuses Unbehagen angesichts

## Früher haben Hexen und Zauberer **IM VERBORGENEN** gewirkt – heute tun sie es öffentlich. Mit viel Spaß!

kann mit der »Großen Hexenschule«, herausgegeben von der Hexe Thea, einen dreijährigen Lehrplan durcharbeiten, der von Zaubersprüchen über die Kunst des Pendelns bis zum Thema Reinkarnation alles enthält, was zum Hexenwesen gehört.

Auch der Nachwuchs wird medial richtig eingestimmt: In Kooperation mit Disney Productions gibt der Ehapa-Verlag »Witch« heraus, ein monatlich erscheinendes »magisches Mädchenmagazin«, dazu gibt es die Website [www.witchmagazin.de](http://www.witchmagazin.de), und im September startete auf Super RTL die dazugehörige TV-Serie. An eine noch jüngere Zielgruppe richten sich die erfolgreichen Hörspiel-Kassetten um die junge Hexe Bibi Blocksberg, deren mittlerweile 81 Folgen mehr als 38 Millionen Mal verkauft wurden. Die Zeichentrickfigur Bibi sieht aus wie ein ganz normales kleines Mädchen mit blonden Zöpfen, ist aber – »hex, hex, klingeling« – mit magischen Kräften ausgestattet und reitet mit ihrer Mutter per Besen auf den Blocksberg. Auch die beiden Kinoverfilmungen waren Kassenschlager. Die Schauspielerin Corinna Harfouch, die auf der Leinwand die böse Hexe Rabia, Bibis Kontrahentin, spielt, fand an ihrer Rolle großen Spaß: »Weiber sind Hexen. Eine Frau, die sich entwickelt, ist auch eine Hexe. Sie lebt in einer imaginären Welt, die ebenso real ist. Hexerei an sich ist etwas Fruchtbare, Bereicherndes, Heilendes. Wer darin etwas Böses sieht, ist vermutlich nur zu schwach, damit klarzukommen.«

**EIN NEUES PHÄNOMEN** ist die Hexenbegeisterung genau genommen nicht. Magie war schon immer ein Teil des menschlichen Lebens. Und Hexen – weise Frauen und Priesterinnen, bevor sie im Zuge der Christianisierung dämonisiert wurden – existierten schon immer in der menschlichen Gesellschaft. Matthias Pöhlmann von der EZW: »Das Thema taucht in regelmäßigen Abständen auf, zuletzt in der Frauenbewegung der 1980er Jahre, damals allerdings mit stark feministischen Akzenten.« Bei den neuen Girlie-Hexen entdeckt der Wissenschaftler dagegen kein gesellschaftspolitisches Sendungsbewusstsein; sie drehen sich vor allem um sich selbst. Magische Sprüche und Zauberrituale werden in



**GEWAPPNET**  
Das Pentagramm schützt seine Trägerin vor dunklen Kräften. Der fünfzackige Stern wird oft als Teufelszeichen missverstanden, ist aber in Wahrheit ein sehr altes Symbol für ewiges Leben





CHETEXT



DUPRO

**CHARMED**  
Die TV-Serie mit Prue, Phoebe und Piper (oben) hat Kultstatus. Die »Zauberhaften Hexen« sind modern und sexy, haben aber okkulte Kräfte. Links: Magazine für junge Hexen boomen. Egal, ob modern oder märchenhaft aufgemacht – der Inhalt dreht sich um alte Rituale wie Kerzenmagie oder Liebeszauber

Viele Junghexen und -hexer stehen der nach wie vor boomenden Esoterikszene nahe. Oft sind sie dabei schon von den Eltern geprägt worden. Wenn die Mutter Tarotkarten legt und Reiki-Seminare besucht, wenn der Vater sein Büro nach Feng-Shui-Kriterien einrichtet, dann ist die Präsenz des Übersinnlichen im Leben der Familie schon fast selbstverständlich. In einer Generation, die Zukunftsangst mit der Enttäuschung über die großen politischen Parteien und andere Institutionen paart, ist die Sinnsuche ein beherrschendes Thema.

**EINE NEUE FACETTE** an den Junghexen des 21. Jahrhunderts: Sie sind zwar frech und selbstbewusst – aber alles andere als Furcht erregend. Das steht im krassen Gegensatz zum Bild der »bösen Hexen«, wie es etwa die Märchen vermitteln und das in Deutschland noch bis vor wenigen Jahrzehnten vorherrschte. In ländlichen Gebieten dichtete man Frauen noch bis Mitte des 20. Jahrhunderts magische Kräfte an. So gab es bis in die 1960er Jahre in oberschwäbischen Apotheken ein »Hexenpulver« zu kaufen, das dem Vieh gegen möglichen Schadenszauber ins Futter gestreut wurde. Die 1933 in Offenburg erfundene und von den Nationalsozialisten zeitweise als »Volksbrauchtum« geförderte Fasnachtshexe verdankt ihre anhaltende Popularität sicher der Tatsache, dass Hexerei,

der zunehmenden Technisierung und Erklärbarkeit der Welt. Die Nähe zur Natur, die man den Hexen von altersher zuschreibt, übt auf eine ökologisch orientierte Jugend zusätzlich Faszination aus. »Viele Jugendliche praktizieren eine stark individualisierte Religiosität«, sagt Pöhlmann, »wobei sie verschiedene Angebote kombinieren. Die Hexenwelt passt zu diesem individualisierten Ansatz und bietet einen entscheidenden Vorteil: Man braucht keine Priester mehr, man wird selbst zum Priester!«

ernst genommen oder nicht, ein fester Bewusstseinsinhalt der Deutschen war.

Die Zählebigkeit der unterschwelligen Furcht vor den »bösen Hexen« ist ein Relikt aus der düsteren Zeit der europäischen Hexenverfolgung. Vom 15. bis zum 17. Jahrhundert mussten vermeintliche Hexen für vieles herhalten: War eine Frau unfruchtbar, ein Mann impotent, wurde die Ernte verhagelt oder die Menschen von Naturkatastrophen wie großen Flutwellen heimgesucht – dann wurden Schuldige gesucht und in der Person einer weib-





»HEXENMESSE« Die Anhängerin eines Wicca-Hexenzirkels rezitiert aus dem Ritualwerk »Buch der Schatten«. Auf dem Tisch vor ihr stehen diverse Zeremonialobjekte

## Der Hexenkalender

Das Hexenjahr kennt 21 Festtage:

**Vollmond** (Esbate), wird dreizehnmal im Jahr gefeiert.

**Jahreszeitenfeste** werden achtmal pro Jahr zelebriert, jeweils mit einem Hexensabbat.

**Hexensabbatfeste** sind

Ostara (Frühlings-Tagundnachtgleiche, 21.3.),

Beltane (Walpurgisnacht 30.4.),

Litha (Sommersonnenwende, 21.6.),

Lammas (31.7.),

Mabon (Herbst-Tagundnachtgleiche, 21.9.),

Samhain (Halloween, 31.10.),

Yule (Wintersonnenwende, 21.12.) und

Imbolc (Maria Lichtmess, 1.2.).

lichen oder auch männlichen »Hexe« gefunden und verfolgt. Es ist ein Paradox: Im Gegensatz zu heute, wo sich junge Frauen die Haare hennarot färben und stolz zu ihrem Hexentum bekennen, hat es zur Zeit der großen Hexenverfolgungen eine organisierte Sekte oder eine alternative Naturreligion gar nicht gegeben. Die so genannten »Geständnisse« wurden durch brutale Folter erzwungen. War eine Frau oder ein Mann erst einmal in das Fadenkreuz der Hexenjäger geraten, hatten sie kaum eine Chance. Besonders deutlich wird das an der so genannten Wasserprobe: Das Opfer wurde, an Armen und Beinen gefesselt, von einer Brücke ins Wasser gestoßen. Ertrank die vermeintliche Hexe, galt sie posthum als unschuldig. Gelang es ihr jedoch, sich zu befreien und zu schwimmen, dann galt das als Beweis für Ketzeri, und sie endete auf dem Scheiterhaufen.

**MANCHE GEISTLICHEN** entwickelten einen regelrechten Verfolgungswahn: Johann Georg II., der »Hexenbischof« von Bamberg, ließ zwischen 1623 und 1633 rund 600 Menschen wegen Hexerei zum Tode verurteilen. Eines der berühmtesten Opfer der großen Hexenverfolgung, die den gesamten europäischen Kontinent (mit Schwerpunkt Deutschland) erfasst hatte, war Johanna von Orléans. Sie wurde als Ketzerin und Hexe angeklagt und starb 1431 auf dem Scheiterhaufen. Heute ist sie Frankreichs Nationalheilige.

Den kompletten Wandel des Hexenbilds im 21. Jahrhundert beobachtet auch der Hamburger Ethnologe Bernd Schmelz: »Die böse alte Hexe hat ausgedient. Spätestens seit der Frauenbewegung ist die Figur



### EDELHEXE

Der Film »Verliebt in eine Hexe« mit Nicole Kidman füllt zurzeit die Kinos. Titelheldin Isabel ist der Typ der neuen Hexe – kein bisschen böse, dafür witzig und selbstbewusst. Der Besen ist nur noch Symbol – die Hexe von heute fährt Auto. Und ihr Ziel ist nicht der Blocksberg, sondern eine Bar in der Innenstadt





#### GIRLIE-HEXE

Bibi Blocksberg ist das Vorbild: Mädchen und Jungen interessieren sich für Zauberei. Hexenbücher geben Tipps für Experimente mit der Kristallkugel

## Rituale und Beschwörungen – brauchen wir wieder diesen Draht zu einer **ANDEREN WIRKLICHKEIT?**

der Hexe sehr positiv besetzt. « Schmelz, der im Hamburger Museum für Völkerkunde nicht nur die Europa-Abteilung, sondern auch ein eigenes Hexen-Archiv leitet, erlebt immer wieder, dass heute vermehrt junge Frauen den Kontakt zur Szene suchen. Für sie ist die Hexensprechstunde, die jeden Donnerstagnachmittag im Museum stattfindet, oft eine erste Anlaufstelle. Eine Ethnologin gibt dort Möchtegern-Hexen Hinweise auf seriöse Literatur sowie Hexen-Workshops und -Seminare.

**DIE HEUTIGE »HEXENSZENE«** besteht aber keineswegs nur aus den frechen Junghexen – sie ist breit gefächert. Neben dem Teenager, der zu Hause »magische Rituale« für mehr Glück in der Liebe ausprobiert, gibt es auch erwachsene Frauen und Männer, die regelmäßig in so genannten Hexenzirkeln spezielle Zeremonien germanisch-keltischen Ursprungs pflegen. Die meisten, die länger dabei sind, inspirieren sich am Wicca-Kult (vom altenglischen wicca für weise Frau). Wicca wurde in den 1950er Jahren in Großbritannien von Gerald Brousseau Gardner und Alex Sanders begründet und versteht sich als heidnische Religion. Ihre Anhänger mischen alten englischen Volksglauben mit neuen esoterischen Vorstellungen. Organisiert sind die Wicca in gemischtgeschlechtlichen Hexenzirkeln, so genannten Coven. Im Mittelpunkt ihrer Rituale stehen Feste zu den Tag- und Nachtgleichen, Sommer- und Wintersonnenwenden oder zum keltischen Frühjahrsfest Beltane (Walpurgisnacht). Im Unterschied zu den Junghexen, die kein Geheimnis aus ihren Aktivitäten machen, halten

sich Wicca-Anhänger mehr im Verborgenen. Wie viele Menschen in Deutschland ihnen angehören, ist daher nicht bekannt. Aber offenbar werden es mehr. Und auch bei ihnen verlaufen die Grenzen zur Kommerzialisierung fließend. Während die einen ihr geheimes Wissen als eine Art Privatvergnügen sehen, wimmelt es im Internet und auf den Kleinanzeigenspalten der Frauenzeitschriften an »freischaffenden« Hexen, die ihre Dienste anbieten.

Magie ist eben auch ein gutes Geschäft. Moderne Hexen legen Tarotkarten oder blicken in die Sterne. Sie lesen Handlinien, pendeln das Seelenbefinden aus oder mixen Kräuter für die Fruchtbarkeit. Zum Glück für ihre Umwelt können und wollen all diese selbst ernannten Hexen aber keinen Schaden anrichten. Denn, so schreibt Hexe Sheerie auf ihrer Homepage: »Eine richtige Hexe wird sich davor hüten, einen Schadenszauber auszuführen, denn die beiden wichtigsten Regeln lauten: Tu, was du willst, aber schade niemandem! Und: Alles, was du aussendest, kehrt dreifach zu dir zurück.«

Tipp: Wer aber auf Nummer sicher gehen will und weder jungen noch älteren Hexen traut – der hänge einen Haselnusszweig über den Eingang. Wirkt garantiert gegen bösen Zauber! ★

#### INTERNET-ADRESSEN

► Viele Links zu Hexen:  
[www.hexen-online.org](http://www.hexen-online.org)  
[www.junghexen.org](http://www.junghexen.org)

[www.hexenkraut-und-zaubertrank.de](http://www.hexenkraut-und-zaubertrank.de)

► Weitere Informationen und Links finden Sie unter  
[www.pm-magazin.de](http://www.pm-magazin.de)



Alles Denken ist wesentlich optimistisch.  
Der vollendete Pessimist  
würde verstummen und – sterben.

**CHRISTIAN MORGENSTERN,**  
deutscher Dichter (1871 – 1914)

Die Irreligiösen sind religiöser, als sie  
selbst wissen, und die Religiösen sind es  
weniger, als sie meinen.

**FRANZ GRILLPARZER,**  
österreichischer Dichter (1791 – 1872)

Im Entwurf zeigt sich das Talent,  
in der Ausführung die Kunst.

**MARIE VON EBNER-ESCHENBACH,**  
österreichische Schriftstellerin (1830 – 1916)

Erinnerungen sind ein goldener Rahmen,  
der jedes Bild freundlicher macht.

**CARL ZUCKMAYER,**  
deutscher Schriftsteller (1896 – 1977)

Die Forderung, geliebt zu werden,  
ist die größte der Anmaßungen.

**FRIEDRICH WILHELM NIETZSCHE,**  
deutscher Philosoph (1844 – 1900)

Traue keiner Innovation, die nicht  
vorübergehend Unordnung und  
Unsicherheit in dein Leben bringt.

**HANS-JÜRGEN QUADBECK-SEGER,**  
deutscher Chemiker und Manager (geb. 1939)

Eine Heirat, ohne die Schwiegermutter  
zu kennen, ist wie ein  
Angriff ohne Rückendeckung.

**ERNST R. HAUSCHKA,**  
deutscher Aphoristiker (geb. 1926)



*Der richtige Mann?  
Das ist ein Gefühl, als ob  
man von zwei D-Zägen  
gleichzeitig überrollt wird.*

**JETTE JOOP,**  
deutsche Designerin (geb. 1969)

Ich habe manchmal den Eindruck,  
als sei Europa müde geworden, als sei es  
dabei, seine Identität zu verlieren, seine  
Wurzeln selber nicht mehr zu kennen.  
Zu diesen Wurzeln gehören ganz sicher  
die Aufklärung, die Menschenrechte, die  
verschiedenen Emanzipationsbewegun-  
gen. Aber eben auch das Christentum  
und die christliche Ethik.

**HORST KOHLER,**  
deutscher Bundespräsident (geb. 1943)

Indem man die notwendige Arbeit  
verschiebt, läuft man Gefahr, sie niemals  
erledigen zu können.

**CHARLES BAUDELAIRE,**  
französischer Dichter und Kritiker  
(1821 – 1867)

Männer sind in fremder, Frauen in  
eigener Sache die besseren Diplomaten.

**SIGMUND GRAFF,**  
deutscher Schriftsteller (1898 – 1979)

Das Schicksal ereilt einen oft gerade  
auf den Wegen, die man eingeschlagen  
hat, um ihm zu entgehen.

**JEAN DE LA FONTAINE,**  
französischer Dichter (1621 – 1695) (gefun-  
den von P.M.-Leser Dieter Pehn, Vierow)

Wer sich um andere kümmert,  
hat keine Zeit, alt zu sein.

**WILHELMINE LÜBKE,**  
Ehefrau des Bundespräsidenten  
Heinrich Lübke (1885 – 1981)

Schweigen – mit arrogantem Unterton –  
schlägt das schlagendste Argument.

**OLIVER HASSENCAMP,**  
deutscher Schriftsteller und Kabarettist  
(1921 – 1987)



*Die Dummheit  
ist die  
sonderbarste  
aller  
Krankheiten.  
Der Kranke  
leidet niemals  
unter ihr.  
Aber die anderen  
leiden.*

**PAUL-HENRI SPAACK,**  
belgischer Politiker  
(1899 – 1972)



*Es gibt drei  
Arten von Frauen:  
die Schönen,  
die Intelligenten  
und die Mehrheit.*

**RAINER WERNER FASSBINDER,**  
deutscher Schriftsteller und Regisseur  
(1946 – 1982)

## ZITATE ZUM THEMA »BEWUSSTSEIN«, S. 10

Genie ist Bewusstsein der Welt.

**FRIEDRICH HERBEL,**  
deutscher Dichter (1813 – 1863)

Bewusstsein ist das, was es nicht ist,  
und nicht das, was es ist!

**JEAN-PAUL SARTRE,**  
französischer Philosoph (1905 – 1980)

Der Mensch entdeckt zuletzt nicht die  
Welt, sondern seine Tastorgane und  
Fühlhörner und deren Gesetze – aber ist  
deren Existenz nicht schon ein genügen-  
der Beweis für die Realität? Ich denke,  
der Spiegel beweist die Dinge.

**FRIEDRICH WILHELM NIETZSCHE,**  
deutscher Philosoph (1844 – 1900)

Der Mensch ist als wirklich in die Mitte  
einer wirklichen Welt gesetzt und mit

solchen Organen begabt, dass er das  
Wirkliche und nebenbei das Mögliche  
erkennen und hervorbringen kann. Alle  
gesunden Menschen haben die Über-  
zeugung ihres Daseins und eines  
Daseienden um sie her.

**JOHANN WOLFGANG VON GOETHE,**  
deutscher Dichter (1749 – 1832)

Die einzige Welt, welche jeder wirklich  
kennt und von der er weiß, trägt er in  
sich, als seine Vorstellung, und ist daher  
das Zentrum derselben. Deshalb eben  
ist jeder sich alles in allem; er findet  
sich als den Inhaber der Realität und  
kann ihm nichts wichtiger sein als er  
selbst.

**ARTHUR SCHOPENHAUER,**  
deutscher Philosoph (1788 – 1860)