

# Vom Klimawandel zum Wetterwandel

Treibhausgase verursachen stärkere Regenfälle und Überschwemmungen

VALENTIN AMRHEIN

**Das Klima der Welt wird wärmer. Zwei neue Studien zeigen, dass auch die Zunahme extremer Niederschläge durch den Anstieg der Treibhausgase erklärt werden kann. Das Risiko einer schweren Überschwemmung in England etwa ist durch menschengemachte Treibhausgase um mindestens 20 Prozent gestiegen.**

Das Klima gibt es nicht. Klima ist eine Erfindung der Klimaforscher: es bezeichnet die durchschnittlichen Wetterzustände an einem Ort, gemittelt zum Beispiel über dreissig Jahre. Nun ist der Durchschnitt eine rein statistische Angelegenheit und entspricht fast nie der Wahrheit. Ein altes Sprichwort lautet: Wenn man am Hasen einmal links und einmal rechts vorbeischießt, dann ist der Hase im Durchschnitt tot.

Das Wetter hingegen gibt es, und zwar direkt vor unserer Haustür. Es ist meist ganz anders, als es laut dem milden Basler Stadt-Klima eigentlich sein sollte. Es ist auch sehr unterschiedlich: regnet es vor meinem Haus, scheint zwei Strassen weiter vielleicht bereits die Sonne. Aufgrund dieser Unzuverlässigkeit des Wetters hielten sich die Klimaforscher bislang an ihre klimatischen Durchschnitte, wenn sie den Lauf der Weltwetter beschrieben.

Und mit dem Klima geht es bekanntermassen bergauf. In den letzten hundert Jahren wurde es in der Schweiz 1,5 Grad wärmer. Die Jahre 2000 bis 2009 sind das weltweit wärmste Jahrzehnt seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die Gletscher schmelzen, stabil geglaubte Berghänge geraten wegen des langsamen Auftauens des Permafrostes in Bewegung. Fast alle Wissenschaftler und Regierungen dieser Erde halten inzwischen für hinreichend belegt, dass die rasante Zunahme von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und anderer Treibhausgase die Hauptursache für diesen Klimawandel ist. Und der Mensch, auch dies ist weiterhin akzeptiert, ist die Hauptursache für den Anstieg des CO<sub>2</sub>. Denn die Isotopenzusammensetzung, die Mischung verschiedener schwerer CO<sub>2</sub>-Teilchen in der Atmosphäre, zeigt, dass das CO<sub>2</sub> aus ehemals pflanzlichem Material stammt: aus der Verbrennung von Kohle und Öl und aus dem Holz der Regenwälder.

**UN SICHERE ZEUGEN.** Die Frage ist nur, ob der Klimawandel mit dem Wetter zu tun hat. Befürworter wie Kritiker der gängigen Klimamodelle benutzen kalte oder warme Winter, Überschwemmungen oder Trockenheit gerne zur Bestäti-

gung ihrer jeweiligen Meinung. Niederschläge sind dabei noch unzuverlässigere Zeugen als die Temperatur. Denn ein Niederschlag, das verrät schon fast das Wort, ist oft schnell wieder vorbei.

In der international führenden Fachzeitschrift «Nature» erschienen heute zwei Artikel, die nahelegen, dass der Mensch auch am Regen Schuld ist, genauer gesagt an der Zunahme extremer Regenfälle. Die Physik sagt uns schon lange, dass wärmere Luft mehr Wasser aufnehmen kann. Wer schon einmal einen tropischen Regenguss erlebt hat, kann das bestätigen. Experten vermuten deshalb, dass die Erderwärmung auch zu häufigerem und stärkerem Regen führen wird.

Prof. Gabriele Hegerl, Klimaforscherin der Universität Edinburgh, konnte jetzt mit ihren kanadischen Kollegen auf einen Datensatz von 6000 Wetterstationen zugreifen, der die täglichen Niederschlagsmengen auf der Nordhalbkugel dokumentiert. In der Tat sind während der letzten 50 Jahre starke Niederschläge häufiger geworden, und dies, so die Forscher, ist wohl der Zunahme von Treibhausgasen geschuldet.

**BAYERISCHER SCHALK.** Der Anstieg von Niederschlägen und von CO<sub>2</sub> ist natürlich nur eine Korrelation, ein gleichzeitiges Stattfinden zweier Ereignisse, und sagt noch nichts darüber aus, ob das eine auch wirklich die Ursache des anderen ist. In einem idealen Forscher-Universum mit vielen gleichartigen Erdkugeln würde man nun folgendes Experiment machen: Bei der einen Hälfte der geklonten Welten liesse man das CO<sub>2</sub> ansteigen, und hielte es bei der anderen Hälfte konstant. Würde der stärkere Regen nur bei hohem CO<sub>2</sub> fallen, hätte man dessen Einfluss belegt. Leider haben wir aber nur eine Weltkugel, sagt die in Schottland lehrende Gabriele Hegerl mit bayerischem Schalk in der Stimme.

Sie hat deswegen die realen Regendaten mit einer Reihe von Computersimulationen verglichen, in denen sie den rechnerischen Einfluss der Treibhausgase auf die Regenmengen veränderte oder wegliess. Die besten Ergebnisse brachten diejenigen Computermodelle, deren Annahmen den derzeit herrschenden Gaskonzentrationen am nächsten kamen. Während also Treibhausgase die beste Erklärung für die stärkeren Niederschläge sind, fand sich Prof. Hegerl bereits von der Realität überholt. Alle ihre Modelle hatten keine so starke Zunahme extremer Nieder-



Das Wetter ist ganz in unserer Nähe. Hochwasser in Wertheim, Deutschland, am 18. Januar 2011. Foto Keystone

schläge vorhergesagt, wie sie sie schliesslich in den Wetterdaten fand.

Eine zweite Studie wurde mit ähnlichen Methoden, aber anderem Ziel an der Universität Oxford und der ETH Zürich durchgeführt. Untersucht wurde der Einfluss des Klimawandels auf eines jener seltenen Wetterereignisse, die Menschenleben und Sachwerte kosten und bei uns zum Glück in erster Linie aus den Nachrichten bekannt sind. Gewaltige Überschwemmungen gab es jüngst in Pakistan, Australien, Sri Lanka und Brasilien. Die englischen und Schweizer Forscher fassten ein ihnen näherliegendes Ereignis ins Auge, nämlich die herbstlichen Regenfälle des Jahres 2000,

die zu starken Überschwemmungen in England und in Wales geführt haben.

**ALARMISTEN-STUDIEN.** Ähnlich wie die Kollegen aus der ersten Studie erstellten sie Computersimulationen des englischen Wetters für das betreffende Jahr, und veränderten dann die Daten der Treibhausgase, mit denen sie ihre Modelle fütterten. Mit 90-prozentiger Sicherheit konnten die Forscher sagen, dass der Anstieg der Treibhausgase das Risiko der Überschwemmungen um mindestens 20 Prozent gesteigert hat. Doch keine der beiden Studien untersuchte den menschlichen Einfluss auf den Anstieg der Treibhausgase. Laut Pe-

ter Ziegler, Klimawandel-kritischer emeritierter Geologie-Professor der Universität Basel, handelt es sich bei den Studien um typische «Alarmisten-Beiträge». Prof. Ziegler hält den Anteil des menschlich verursachten CO<sub>2</sub>-Anstiegs an der zu beobachtenden Erwärmung für minimal. Dem entgegnet Prof. Reto Knutti vom Institut für Atmosphäre und Klima der ETH Zürich, der an der Studie nicht beteiligt war: «Es ist zu über 90 Prozent gesichert, dass der Mensch den grössten Teil der Erwärmung seit 1950 verursacht hat.» Die neuen Studien würden bestätigen, dass der Mensch extreme Wetterereignisse mit verursacht.

## Wer verantwortlich ist, sollte auch bezahlen

Ein internationaler Fonds zur Prävention und Hilfe bei Klimaschäden wird von der UN getragen

VALENTIN AMRHEIN

**Nach dem Verursacherprinzip müssten Länder mit starker Emission von CO<sub>2</sub> für einen Teil der Wetterschäden bezahlen. Das käme vielleicht sogar der Schweiz zugute.**

Edward Lorenz, der Begründer der Chaostheorie, sagte einst: «Klima ist, was du erwartest, Wetter ist, was du bekommst.» Sein jüngerer Kollege Myles Allan schrieb 2003 in «Nature»: «Klima ist, was du beeinflusst, Wetter ist, was dich kriegt.»

Der Artikel von Myles Allan entstand unter dem Eindruck der Themse, die nur 30 Zentimeter vor der Küchentür des Autors stand, und langsam anstieg. Herr Allan fragte sich seinerzeit, wer eigentlich verantwortlich sei, wenn der Preis seiner Immobilie aufgrund des Wasserschadens fiel. Diese Frage könnte auch die Rückversicherer interessieren: Müs-

sen sie wirklich für Schäden aufkommen, für die es vielleicht einen Verantwortlichen gibt?

Als die Bohrplattform im Golf von Mexiko explodierte, war schnell klar, wer den Umweltschaden würde bezahlen müssen: BP, der Betreiber der Plattform. Nach den Überschwemmungen von 2000 und 2003 in England war klar, dass niemand für die Schäden verantwortlich ist. Denn es war unmöglich, zu schätzen, welcher Anteil von den Treibhausgasen und damit von uns selber verursacht wurde.

Acht Jahre später erscheint nun eine Studie, die für eine englische Flut im Jahr 2000 die menschengemachten Treibhausgase zumindest teilweise verantwortlich macht (siehe Artikel oben). Zwanzig Prozent der damaligen Schäden wären dem Klimawandel anzulasten, mit 60-prozentiger

Wahrscheinlichkeit sogar bis zur Hälfte der Schäden.

Es gibt also Verantwortliche für die Fluten, und das sind vor allem die Länder, die am meisten CO<sub>2</sub> ausstossen. Anders als bei der BP-Plattform ist der Grad der Verantwortlichkeit zwar nur in Wahrscheinlichkeiten zu messen, aber: Warum sollte Australien für seine Flut alleine bezahlen?

**RECHNUNG AN ALLE.** Reto Knutti, Klima-Spezialist an der ETH Zürich, findet: «Eine Tonne CO<sub>2</sub> ist eine Tonne CO<sub>2</sub>, egal wo auf der Welt sie produziert wird.» Innerhalb weniger Wochen verteile sich das Gas aus unserem Auspuff über die ganze Erde.

Mit den neuen Computermodellen ist es nun möglich, auch für andere extreme Wetterereignisse auszurechnen, wie viel Prozent des Risikos der Klimawandel beisteuert.

Nach einer Wetterkatastrophe sollte also jedes Land berechtigt sein, allen anderen Ländern eine Rechnung zu schicken. Zahlen müssten die Länder, die am meisten Treibhausgase ausstossen. Am meisten bekommen würden wahrscheinlich die Entwicklungsländer, weil sie erstens wenig CO<sub>2</sub> produzieren und zweitens einen Grossteil der Wetterkatastrophen erleiden.

Eine solche «Strafsteuer» wäre vermutlich ein administratives Grauen. Wäre sie auch der Untergang der westlichen Industrie? «Nein», findet Reto Knutti, «denn zahlen müssten wir die Wetterschäden sowie so.» Auch die Schweiz bleibt nicht von Wetterkatastrophen verschont. Man denke an das sogenannte Alpenhochwasser 2005, das hier Schäden von 2,5 Milliarden Franken verursacht hat. Falls der Klimawandel für einen Teil dieser Schä-

den verantwortlich ist, warum sollten wir der Weltgemeinschaft das Geld nicht in Rechnung stellen können?

David Bresch, Leiter der Abteilung für Nachhaltigkeit des Schweizer Rückversicherers Swiss Re, unterstützt die Idee eines «Globalen Anpassungs-Fonds». Dieser Fonds geht auf die UN-Klimakonferenz auf Bali zurück; er soll vor allem Entwicklungsländer bei der Finanzierung von Projekten zur Anpassung an den Klimawandel und zur Prävention von Wetterschäden unterstützen. Auch David Bresch ist der Meinung, dass der Fonds nach dem Verursacherprinzip finanziert werden sollte. Das Wichtigste, so Bresch, sei aber, dass wir die Emission von Treibhausgasen in den Griff kriegen: «Selbst wenn wir die Treibhausgas-Emissionen heute stoppen könnten, würde sich das Klima weiter verändern.»

ANZEIGE

CONFISERIE SPRÜNGLI

NEU: MOSAÏQUE

JUBILÄUMS-CRÉATION MOSAÏQUE MIT FÜNF CARRÉS-PRALINÉS

Confiserie Sprüngli Telefon 044 224 47 11  
bestell-service@spruengli.ch www.spruengli.ch

1836 - 2011  
Sprüngli  
175 ANS JAHRE YEARS

# Putzgespräche in der Grossstadtsippe

Unsere Begrüssungsrituale erfüllen die Funktion gegenseitiger Fellpflege

MARGIT MERTENS

**Inhaltsleere Phrasen sind die Grundlage erfolgreicher Beziehungspflege. Nur weil wir das gegenseitige Kraulen grösstenteils durch Smalltalk ersetzt haben, können wir in Gruppen von mehr als 80 Mitgliedern leben. Affen hingegen verbringen ein Fünftel ihrer Zeit mit gesellschaftlichem Lausen.**

«Grüezi, wie gehts?»

«Merci, gut, und Ihnen?»

Die richtige Antwort wäre, seien wir ehrlich, dass es im Prinzip irgendwie geht, aber dass gerade die Bandscheibe schmerzt oder die Steuererklärung drückt. Begrüssungen zeichnen sich eben dadurch aus, dass es selten um den Inhalt geht.

Wissenschaftler nennen die fast sinnfreien Floskeln «Putzgespräche». Sprache dient offenbar nicht nur der Vermittlung von Informationen. Bereits der Austausch leerer Worte ist zwischenmenschlich wertvoll. Der amerikanische Verhaltensforscher Desmond Morris prägte Mitte der 1970er-Jahre den Begriff Grooming Talk, auf Deutsch Fellpflegegeplauder oder eben Putzgespräche, als er die verschiedenen Phasen menschlicher Begrüssungsszenen analysierte.

Morris unterschied den Fernkontakt beispielsweise durch Winken, den Nahkontakt mit Handschlag oder Wangenkuss und schliesslich, in der Endphase, das Putzgespräch, das «Ähnlichkeiten mit den sozialen Pflegehandlungen bei Affen und Menschenaffen aufweist».

**IRRELEVANTE INTELLIGENZ.** «Natürlich zupfen wir uns nicht gegenseitig die Läuse aus dem Fell, sondern zelebrieren eine Art Pflegegeplauder, belanglose Bemerkungen, die für sich kaum etwas besagen, mit denen wir aber stimmlich unsere Freude zum Ausdruck bringen. Genaue Bedeutung und Intelligenzgrad der Fragen sind praktisch irrelevant», so Desmond Morris. Hinzu kämen Gesten, um das persönliche Wohlbefinden des anderen zu erhöhen, wie aus dem Mantel helfen, das Überreichen eines Geschenks oder Anbieten eines Getränkes.



Was sich liebt, das laust sich. Wer nicht kraulen will, sollte zumindest Smalltalk betreiben. Foto Fotolia

Christine Plahl, Psychologin an der Fachhochschule München, geht davon aus, dass aus Grussritualen letztendlich die Sprache entstanden ist. «Um sich vor Angriffen durch Raubtiere zu schützen, leben Menschenaffen in grösseren Gruppen zusammen», erklärt Plahl. Je weiter sich die Primaten entwickelten, also je grösser und komplexer ihre Grosshirnrinde wurde, desto grösser wurden die Gruppen. «Das Entscheidende ist nun, dass das Funktionieren einer Gemeinschaft davon abhängt, wie viel Zeit in das soziale Lausen der Mitglieder investiert wird. In grösseren Gemeinschaften müssen im gleichen Zeitraum entsprechend mehr Tiere gekraut werden als in kleineren Gruppen.»

Affen könnten dies noch in Gruppen von bis zu 80 Mitgliedern bewältigen – allerdings verbrachten sie auch bis zu

einem Fünftel ihrer wachen Zeit damit, das Fell der Artgenossen zu pflegen. Laut dem Evolutionsbiologen Robin Dunbar von der Universität Oxford gibt es einen statistischen Zusammenhang zwischen der Grösse der Grosshirnrinde und der Grösse der Sippe. «Beim Menschen liegt die entsprechende Gruppengrösse bei etwa 150 Mitgliedern, was ungefähr der durchschnittlichen Anzahl von Menschen entspricht, die wir persönlich kennen», erläutert Plahl.

**SMALLTALK.** Allerdings ist eine solche Gemeinschaft zu gross, um die notwendigen sozialen Bindungen durch gegenseitiges Kraulen zu festigen. Erst die Entwicklung der Sprache hat es ermöglicht, auch in grösseren Gruppen sozialen Zusammenhalt zu pflegen. «Mithilfe der Sprache können wir uns gleichzeitig

einer ganzen Reihe von Personen mitteilen», erklärt Plahl. Aber: «Wir nutzen die Sprache nur teilweise zum Übermitteln von sachlichen Informationen. Etwa zwei Drittel unserer Gespräche sind dem Smalltalk gewidmet. Am Anfang der menschlichen Gemeinschaften standen Klatsch und Tratsch.»

Robin Dunbar vermutet, dass erst durch Smalltalk die menschliche Gesellschaft, wie wir sie heute kennen, ermöglicht wurde. Laut Plahl unterhalten wir uns in über 60 Prozent unserer Gespräche über Leute, die nicht anwesend sind. Auch hier ist es meist nicht wichtig, was, sondern wie etwas gesagt wird. «Der Klatsch erfüllt eine ähnliche Funktion wie Putzgespräche», meint der Hamburger Neurologe Jan Wojnar. «Das Phänomen ist so alt wie die menschliche Sprache und in allen Kulturen anzutreffen.»

## Wenn Männchen zu gut riechen

Zumindest bei Fruchtfliegen gibt es eine Obergrenze für männliche Attraktivität

KURT DE SWAAF

**Männchen können nicht immer schöner werden, auch wenn die Weibchen das gerne hätten. Ein Grund ist, dass Schönheitsgene die Überlebensfähigkeit verringern.**

Bezaubernde Gesänge, bunte Farben: Die Männchen vieler Tierarten verfügen über raffinierte Mittel, um das andere Geschlecht zu betören und ihren Fortpflanzungserfolg zu steigern. Wer zum Beispiel als Rothirsch-Mann den grössten Kopfschmuck hat, bekommt die meisten Weibchen ab und somit auch den meisten Nachwuchs. Die Söhne eines solchen Alphatieres geniessen normalerweise denselben Vorteil, weil der Geweih-Growth vererbbar ist. Diese Eigenschaft müsste sich demnach immer stärker in einer

Population ausbreiten, und es gäbe irgendwann kaum mehr Hirschkönigchen mit kleinen Geweihen. Doch genau das passiert nicht. Auch bei anderen Spezies scheint dem Siegeszug männlicher Attraktivität eine Grenze gesetzt zu sein. Nur welche?

**PARFUM.** Eine neue, Anfang dieser Woche vom Fachblatt «Proceedings of the National Academy of Sciences» veröffentlichte australische Studie weist auf eine mögliche Erklärung hin. Forscher der Universität von Queensland führten einen Versuch mit Taufliegen der Art *Drosophila serrata* durch. Um das weibliche Geschlecht anzulocken, dünnen männliche Taufliegen mehrere Botenstoffe aus, sogenannte Pheromone.

Nun gibt es eine gewisse Zusammensetzung des Pheromonmischungs, die den Fliegenweibchen am besten gefällt. «Das ist wie bei jedem Parfum», erklärt Katrina McGuigan, Autorin der Studie. «Man muss das Mengenverhältnis zwischen den einzelnen Ingredienzen genau richtig hinbekommen, oder es riecht fürchterlich.»

Für die Untersuchung züchteten die Forscher eine Population von Taufliegen, in der besonders viele attraktiv duftende Männchen zu finden waren. Zum Vergleich zogen sie eine zweite Population heran, in der die Männchen weniger reizvoll dufteten.

Da die Weibchen zur Zeugung ihres Nachwuchses in beiden Gruppen immer die bestrie-

chenden Männchen wählten, nahm anfänglich auch in beiden Gruppen die Anzahl duftender Männchen zu. Allerdings hörte in der Gruppe, in der zunächst besonders viele attraktive Männchen waren, die Evolution hin zu besser duftenden Männchen recht bald auf.

**AUSGEBREMST.** Danach liessen die Wissenschaftler die Zuchtfliegen sich frei mit anderen Artgenossen kreuzen. Das verblüffende Ergebnis: Nach nur fünf Generationen war bei den Nachkommen der ursprünglich sehr gut duftenden Fliegen die Hälfte des Zuchteffekts wieder verschwunden. Die durchschnittliche Attraktivität sank wieder. Offenbar gibt es einen evolutionären Me-

chanismus, welcher die fortdauernde Entwicklung männlicher Reize ausbremst und dieser sogar entgegenwirkt.

Bei der Fliegenart haben Forscher einen Genkomplex in Verdacht, der bei der Steigerung der Pheromonattraktivität mitwirkt, aber zusätzlich wohl negative Auswirkungen auf die Überlebensfähigkeit der Fliegenlarven hat. Auch bei anderen Organismen dürften die meisten genetischen Varianten entgegenwirkende Eigenschaften haben, in dem sie auf der einen Seite die Fitness eines Individuums erhöhen, zum Beispiel durch grösseren Fortpflanzungserfolg, und sie gleichzeitig anderswo schwächen, meint Katrina McGuigan. Schönheit hat eben ihren Preis.

tipps zur erfahrungsmedizin

mit Dr. med. Silva Keberle\*



## Mehr Bewegung

Moshé Feldenkrais wurde 1904 in der Ukraine geboren, wanderte mit 14 Jahren nach Palästina aus, arbeitete als Landvermesser und Privatlehrer, wurde schliesslich Ingenieur und Kernphysiker und war ausserdem begeisterter Judo-Sportler. Trotz dieses abenteuerlichen Lebens würde man sich heute vielleicht nicht mehr an ihn erinnern, hätte er nicht eine eigene Bewegungslehre entwickelt. Die Feldenkrais-Methode ist heute weit verbreitet und eignet sich für Menschen jeden Alters und in unterschiedlichen Lebenssituationen: für Gesunde, die ihre Gesundheit fördern wollen, zur Leistungssteigerung von Sportlern und Musikern oder für Ältere, die ihre Bewegungsfähigkeit erhalten wollen. Auch Menschen, die unter Schmerzen des Bewegungsapparats oder unter den Folgen eines Unfalls leiden oder die neurologische Probleme oder psychosomatische Beschwerden haben, können von der Feldenkrais-Methode profitieren. Im Gruppen- oder Einzelunterricht führt Sie der Feldenkrais-Lehrer mit Worten oder Berührungen durch eine Abfolge von

## Feldenkrais eignet sich für Menschen jeden Alters.

Bewegungen. Dadurch lernen Sie, ihre Bewegungsmuster bewusst wahrzunehmen und zu verändern. Die Bewegungen werden leichter und effizienter, das Körpergefühl und die Beweglichkeit verbessern sich.

Einen geeigneten Feldenkrais-Lehrer in Ihrer Nähe finden Sie über den Schweizerischen Feldenkrais Verband ([www.feldenkrais.ch](http://www.feldenkrais.ch)) oder mithilfe des Internetverzeichnis EMindex ([www.emindex.ch](http://www.emindex.ch)). Ihr Krankenversicherer erstattet Ihnen eventuell einen Teil der Kosten, wenn Sie eine entsprechende Zusatzversicherung abgeschlossen haben. Holen Sie jedoch in jedem Fall vorher eine Kostengutsprache ein.

\* Silva Keberle hat das Erfahrungsmedizinische Register EMR aufgebaut, welches ein Qualitätslabel für Therapeuten der Komplementärmedizin vergibt. Nähere Informationen unter [www.emr.ch](http://www.emr.ch) und [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch)

## Elektroautos sind keine CO<sub>2</sub>-Sparer

**REINES STADTFahrzeug.** Elektroautos gelten in Zeiten von Klimawandel und knapper werdendem Öl als Hoffnungsträger des Individualverkehrs. Als grosser Vorteil der E-Autos wird ihre vermeintliche Klimafreundlichkeit betont. Mit einem Strommix wie in Deutschland verursachen kleinere E-Autos jedoch mehr als 92 Gramm CO<sub>2</sub> pro Kilometer. Diesen Wert unterbieten moderne Spardiesel und Hybridautos schon heute. «Elektroautos sind keine CO<sub>2</sub>-Sparer», sagt der deutsche Greenpeace-Autoexperte Wolfgang Lohbeck. Nur mit zertifiziertem Ökostrom sind die Strom-

autos wirklich klimafreundlich. Werden sie zum Beispiel mit Windstrom betankt, liegt ihr CO<sub>2</sub>-Wert bei etwa fünf Gramm pro Kilometer. Preislich können Elektroautos mit normalen Autos nicht konkurrieren. Kostentreiber ist der Akku. Derzeit kostet eine Kilowattstunde Speicher etwa 1000 Franken. Die Marktchancen der Elektroautos sind auch durch ihre begrenzte Reichweite limitiert. Viele Hersteller geben Fahrleistungen von 130 bis 150 Kilometern für eine Akkuladung an. «In der Realität sind die Reichweiten deutlich geringer», sagt Autoexperte Willi Diez vom deutschen Institut für

Automobilwirtschaft. Sie lägen je nach Fahrweise und Witterung bei 80 bis 100 Kilometern. Viel weiter werden auch zukünftige E-Autos nicht kommen: «Bezahlbare Akkus mit 500 Kilometer Reichweite wird es nicht geben», sagt Werner Tillmetz vom Zentrum für Sonnenenergie und Wasserstoffforschung im aktuellen «Greenpeace Magazin». «Das rein elektrische Fahrzeug ist ein Stadtfahrzeug.» Auch die Lebensdauer der Akkus ist unbekannt. «Mit grosser Wahrscheinlichkeit wird der Akku in einem heutigen Elektroauto nicht zehn Jahre überdauern», sagt Willi Diez. SDA

## Springspinne liebt alte Socken

**BLUTMAHLZEIT.** Eine ostafrikanische Spinnenart liebt den Geruch durchgeschwitzter menschlicher Socken. Britische Forscher haben herausgefunden, dass sich die Springspinne *Evarcha culicivora* lieber in Räumen aufhält, in denen es nach getragenen Socken stinkt, als in Räumen mit sauberen Socken. Die skurril anmutende Vorliebe hat einen handfesten Hintergrund: *Evarcha*

*culicivora* frisst am liebsten Anopheles-Mücken, die Malaria übertragen. Es ist bekannt, dass die Anopheles-Mücke sich bevorzugt in Umgebungen mit menschlichem Geruch aufhält. «Für die Spinnen dürfte das Entdecken von menschlichem Duft wichtig sein, um die nahrhaften Mücken zu finden, die das Blut in sich tragen, das sie gerade aus Menschen gesaugt haben», schreibt Fiona Cross, die Autorin der Studie. SDA



# Gut geklaut ist halb erfunden

Warum Forscher nicht abschreiben sollen, und warum Thomas Mann das durfte

VALENTIN AMRHEIN

**Wenn man nur seine eigenen Ideen aufschreiben dürfte, wären Zeitungen und Doktorarbeiten ziemlich dünn. Abschreiben ist also üblich, aber warum sind die Regeln in der Wissenschaft so streng?**

«Links ein Buch und rechts ein Buch. Und in des Tisches Mitte sitzt der Student und schreibt das Dritte.»

Das ist abgeschrieben, und zwar von der Internetseite zum Thema Abschreiben und Plagiate, ins Netz gestellt durch die Philosophisch-Historische Fakultät der Universität Basel. Auch die Fakultät hat den Spruch nicht selber erdacht, sondern dem «akademischen Volksmund» von den Lippen gelesen, der zum Glück selten Urheberrechte beansprucht. Seit über einer Woche hören und lesen wir von akademischen Gepflogenheiten, die einen deutschen Minister in Bedrängnis bringen. Der Minister selber, Karl-Theodor zu Guttenberg, gab in einer Rede vergangenen Montag gravierende Fehler in seiner Doktorarbeit zu, «die den wissenschaftlichen Kodex, den man so ansetzt, nicht erfüllen».

Der Kodex, den man so ansetzt, lautet: Man gebe Ideen und Befunde, die man von anderen abgesehen hat, nicht als die eigenen aus. Das ist in vielen Bereichen des Lebens eine Selbstverständlichkeit. In anderen dagegen nicht. Ueli Mäder, Soziologie-Professor der Uni Basel, gibt ein Beispiel: «Den Applaus für seine Rede kriegt üblicherweise der Bundesrat, und nicht der Redenschreiber, der die Pointe erfunden hat.»

**SONDERSTATUS.** Genauso kann Minister Guttenberg über den wissenschaftlichen Dienst des deutschen Bundestages Ideen beziehen und diese in einer Rede als seine eigenen verkaufen. Aber er darf die schriftlich niedergelegte Idee nicht in seiner Doktorarbeit benutzen, ohne die Quelle anzugeben. Warum eigentlich nicht? Was ist der Sonderstatus der Forschung, woher kommt der Kodex wissenschaftlich redlichen Verhaltens? Mir fallen drei Hauptgründe für diesen Sonderstatus ein.

Wissenschaftliche Texte unterliegen dem Urheberrecht, gegen das man bei einer Zitierung ohne Nennung des Autors verstösst. Trotzdem ist universitäres Wissen öffentlich und darf, korrekt zitiert, weiterverbreitet werden. Mehr noch, je weiter ein Wissen verbreitet wird, desto besser für die Forschenden.



**Zauberlehrling.** Karl-Theodor zu Guttenberg. Foto Keystone

Denn Wissenschaftler schreiben Publikationen, um ihr Wissen zur Benutzung zur Verfügung zu stellen. Wessen Ideen sich besonders erfolgreich verbreiten, der oder die bekommt am Ende den Nobelpreis – oder zumindest eine Arbeitsstelle in der Forschung.

Das funktioniert aber nur, wenn bei der Weiterverbreitung der eigene Name an der Idee haften bleibt. Für einen Text, dessen Urheber nicht bekannt ist, gibt es keinen Preis, oder den Preis bekommt der Falsche. Wer wissenschaftliche Texte abschreibt, ohne den Urheber zu nennen, bekommt also nicht nur Lorbeeren, die er nicht verdient, sondern er nimmt dem Urheber die Lorbeeren weg. Das ist der erste Grund, weshalb Abschreiben mit Ausschluss aus der Wissenschaftsgemeinde bestraft wird, durch Aberkennung des Dokortitels oder durch Verlust der Arbeitsstelle.

**SCHULAUFSATZ.** In der öffentlichen Diskussion der letzten Tage stand die Doktorarbeit für eine Art Schulaufsatz, den man schreibt, um dafür ein «Dr.» verliehen zu bekommen. Man tritt dem Minister Guttenberg wohl nicht zu nahe, wenn man unterstellt, dass dies, und nicht der Wissensdurst, der Hauptantrieb für seine wissenschaftliche Be-

tätigung gewesen ist. Auch hier gilt aber: Wer abschreibt und damit durchkommt, der wertet die Doktorarbeiten der ehrlichen Kollegen ab. Denn das Ansehen des Dokortitels hängt eben daran, dass er schwer zu bekommen ist. Das ist der zweite Grund, weshalb die Universität Bayreuth den Dokortitel des Ministers aberkennen musste.

**ERNSTFALL.** Der dritte Grund liegt tiefer, nämlich dort, worum es bei einer Doktorarbeit eigentlich geht, oder zumindest gehen sollte: um die Wissenschaft, nicht als Veranstaltung zur Verteilung von Lorbeeren, sondern zur Schaffung von Wissen. Denn die Doktorarbeit ist eben kein Schulaufsatz, sondern der Ernstfall, die erste selbstständige Arbeit eines Nachwuchsforschers.

Ein guter Teil des Wissens dieser Welt wurde von Doktoranden angehäuft. Dieses Wissen muss zuverlässig sein. Und die Zuverlässigkeit von Wissen wird durch Reproduzierbarkeit bestätigt: durch die unabhängige Wiederholung von Versuchen, die möglichst zu den gleichen Ergebnissen kommen. Wenn ein neues Medikament entwickelt wird, reicht es nicht, dass eine einzelne Studie dessen Wirksamkeit zeigt. Es müssen über viele Jahre unabhängige Studien die Wirksamkeit bestä-



**Hexenmeister.** Thomas Mann, 1942 in Los Angeles. Foto Keystone

tigen. Wenn aber die Studien voneinander abgeschrieben sind, wird eine Zuverlässigkeit vorgegaukelt, obwohl das Medikament vielleicht gar nicht wirksam ist. Im Falle der Geisteswissenschaften: Ideen, die von vielen Forschern unabhängig voneinander vertreten werden, erhalten eine gewisse Bestätigung; das gilt aber nur, wenn nicht einfach voneinander abgeschrieben, sondern selber nachgedacht wurde. Vor allem deswegen sind Plagiate von der Wissenschaft geächtet, genauso wie die Datenfälschung, und diese Ächtung geschieht im Interesse der Allgemeinheit.

Was macht jetzt der Student, der, zwischen zwei Büchern sitzend, das dritte schreiben will? Wo er abschreibt, muss er seine Quellen nennen. Wo er eigene Ideen hat, soll er diese kenntlich machen. Und weil wirklich neue Ideen sehr selten sind, gilt für fast alle Bücher, Aufsätze und Doktorarbeiten: Man nehme das bereits vorhandene Wissen und schreibe es um – nicht ab.

**«ZAUBERBERG.»** Ernst Peter Fischer ist Wissenschaftshistoriker in Konstanz und war Gastprofessor auch in Basel. Als einen der begabtesten Umschreiber nennt er Thomas Mann. Im «Zauberberg» zum Beispiel, im Kapitel «Forschungen»: Hans Castorp

hat bereits über 370 Buchseiten in Davos zumeist in seiner Balkonloge verbracht und «Eiweiss angesetzt». Da lässt er sich vom Buchhändler des Ortes Bücher heraufschicken, zu «Anatomie, Physiologie und Lebenskunde». Und nun füllt Thomas Mann 16 Seiten mit einer Abhandlung über das biologische und medizinische Halbwissen seiner Zeit, das er offenkundig aus den genannten Büchern zusammengetragen hat.

Thomas Mann liefert dabei keine einzige Quellenangabe, und das braucht er auch nicht. Denn es ist das Vorrecht der Kunst, das Wissen umzuschreiben, zu gewichten und in einen völlig neuen Kontext zu stellen. Manns schönster Kunstgriff ist aber: Er hat die wissenschaftlichen Lehrbücher seinem Romanhelden in die Balkonloge gelegt und damit deutlich gemacht, dass er die Ideen eben nicht selber erfunden hat.

In einem Brief an Theodor W. Adorno schreibt Thomas Mann, er habe seit je mehr aufs Finden als aufs Erfinden gesetzt: «Ich weiss nur zu wohl, dass ich mich schon früh in einer Art von höherem Abschreiben geübt habe.» Von diesem höheren Abschreiben, das ist die Diagnose von Professor Ernst Peter Fischer, könne Karl-Theodor zu Guttenberg nur träumen.

## Mit Gentechnik gegen Malaria

Genmanipulierte Schimmelpilze wirken mit Skorpiongift gegen die einzelligen Malariaerreger

KURT DE SWAAF

**Malaria wird durch den Einzeller Plasmodium verursacht, der über Mückenstiche in unser Blut gelangt. Ein genmanipulierter Schimmelpilz wirkt nicht nur gegen die Mücken, sondern auch gegen die Einzeller selber.**

*Metarhizium anisopliae* ist ein sonderbarer Organismus. Ein Schimmelpilz, der als gnadenloser Krankheitserreger gilt – für Stechmücken. Die brauchen nur kurz mit den Sporen in Kontakt zu kommen und schon breitet sich der Pilz im Körper der Mücke aus. Nach etwa einer Woche stirbt das Insekt daran.

Es gibt viele unterschiedliche *Metarhizium*-Arten, erklärt Raymond St. Leger von der University of Maryland. «Man findet sie überall», betont der Biologe. Die Pilze infizieren zudem nicht nur Stechmücken, sondern auch zahlreiche andere Insektenarten. Schädlingsbekämpfungsexperten interessieren sich deshalb schon lange für *Metarhizium*. Man möchte den parasitischen Schimmel gegen Wanderheuschrecken und andere sechsbeinige Plagen einsetzen. Und gegen Malaria.

Wenn die Pilze massenhaft Anopheles-Mücken töten, dann können diese keine Malariaerreger mehr übertragen: Einzeller der Gattung Plasmodium. Doch die Zeitspanne zwischen Infektion und Tod des Insektes ist das Problem. Sie reicht oft aus, um zumindest eine Malariaübertragung zu ermöglichen. Der Pilz tötet zu langsam.

Sechs Tage nach Beginn der Infektion mit genmanipulierten Pilzen liessen sich in den Speicheldrüsen der Mücken deutlich weniger Malariaerreger nachweisen. Einen besonders durchschlagenden Effekt hatten Kombinationen aus Antikörpergenen gegen Plasmodium und einem Gen des Kaiserskorpions *Pandinus imperator*.

**RESISTENZEN.** Experten suchen mithilfe der Gentechnik nach einer Lösung und haben die ersten Ergebnisse in «Science» veröffentlicht. «Wir können den Pilz genetisch so manipulieren, dass er ein Gift gegen die Mücken produziert», sagt Raymond St. Le-

ger. Doch dieser Ansatz verspreche keinen anhaltenden Erfolg. «Die Mücken werden gegen das Gift wahrscheinlich eine Resistenz entwickeln.» So wie sie das bereits gegen die gängigen Mückengifte tun.

Um diesen Effekt zu umgehen, hat ein internationales Forscherteam unter St. Leger Leitung eine neue Idee getestet. Die Spezialisten schleuchten verschiedene Fremdgene in das Erbgut des Schimmelpilzes ein. Anschliessend wurden malaria-infizierte Mücken mit Sporen dieser transgenen Pilzstämme besprüht.

Letzteres produziert ein starkes Gift gegen Einzeller. Bei solcherart behandelten Mücken liessen sich fast keine Plasmodien mehr nachweisen.

**HARMLOS.** Vielleicht lässt sich die Effektivität von genmanipulierten Schimmelpilzen im Kampf gegen Malaria schon in wenigen Jahren im Freiland testen, meint Raymond St. Leger. Wissenschaftler aus Kenia hätten bereits grosses Interesse angemeldet.

Für Menschen und Wirbeltiere seien die Pilze harmlos. Um zusätzliche Sicherheit zu gewährleisten, habe man bei den genetisch modifizierten Stämmen auch noch die Resistenz gegen ultraviolettes Licht zerstört. Die Sporen seien dadurch ausserhalb von Hütten und Häusern nicht lebensfähig. «Ihre DNA wird dann in kürzester Zeit zerstört», so St. Leger.



coffee talk

## Reisebericht

VALENTIN AMRHEIN

Ich war gerade zwei Wochen in Ghana, forschungshalber. Wir suchten und fanden unsere heimischen Nachtigallen in ihren Winterquartieren. Die Nachtigallen-Büsche sehen genauso aus wie bei uns. Der Rest ist sehr anders. Es gibt achtzig Landessprachen in Ghana. Wer reist, sollte mehrere davon können. Das Land ist die Vorzeigedemokratie Westafrikas, mit geteerten Hauptstrassen. Der langjährige Diktator Jerry Rawlings stiftete 1992 eine demokratische Verfassung. Er liess sich dann zweimal in halbwegs fairen Wahlen im Amt bestätigen und lebt jetzt in Reichtum in der Hauptstadt Accra. Die Menschen in Ghana sind glücklich. Das fällt einem aber erst auf, wenn man wieder in der Tram durch Basel fährt, und den Leuten in die Gesichter sieht. Die Menschen in Ghana haben wenig Geld, aber sie sind nicht arm. Sie leben nicht in den provisorisch zusammengeziimmerten Hütten an der Strasse, in denen sie sich gegenseitig Waren verkaufen. Sie leben in Häusern aus Beton, in denen sie sehr häufig ihre Kleider waschen.

## Malaria macht uns Angst, aber nicht den Ghanaern.

Unter all den Menschen, die wir sahen, hatten wir die dreckigsten Klamotten. Wir sind den Staub nicht gewöhnt, der immer in der Luft ist, ausser wenn es regnet. Wir sind auch die Abgase nicht gewöhnt. Schweizer Luft ist so frisch, dass man sie trinken möchte, wenn man zurückkommt. Malaria macht uns Angst, aber nicht den Menschen in Ghana. Das ist schlecht, denn jährlich sterben etwa eine Million Afrikaner an der Krankheit. Jeder, den wir trafen, hatte oder hat Malaria. Die jährlichen Fieberschübe gehören zum Leben wie bei uns die Frühjahrserkältung. Viele begabte Ghanaer lassen sich in Europa oder Amerika ausbilden. Viele gehen dann zurück und wollen ihrem Land auf die Beine helfen. Ich stelle mir vor, einen Doktoranden aus Accra in Basel auszubilden. Er oder sie könnte dann wandern, mit den Nachtigallen.

valentin.amrhein@baz.ch

## Wissen heilt

**SELTENE KRANKHEITEN.** Weltweit jeder zehnte Mensch leidet an einer von etwa 7000 verschiedenen seltenen Krankheiten. Da über diese wenig bekannt ist, erhalten Betroffene meist keine adäquate Diagnose und keine passende Behandlung. Am Samstag von 10 bis 17 Uhr findet im Hauptgebäude der Universität am Petersplatz der Tag der seltenen Krankheiten statt, mit Vorträgen, Kindermalwettbewerb, Möglichkeit zur Blutspende (bis 14 Uhr) und Verpflegungsständen. amr

# Stallgeruch gegen Asthma und Allergie

Die Mischung macht's: Bakterien auf dem Bauernhof scheinen vorbeugend zu wirken

VALENTIN AMRHEIN

**Bauernkinder haben weniger Asthma. Eine Studie des Schweizerischen Tropeninstituts führt das auf den grösseren Bakterienmix zurück. Auf der Basis der Befunde wird ein Medikament für Kleinkinder entwickelt.**

Kinderbetten können erzählen, was Kinder tagsüber erlebt haben. Kleben Hundehaare auf dem Bettlaken, war der Hund mit dem Kind unterwegs. Riecht die Bettwäsche nach Kuh, war das Kind im Stall. Wissenschaftler haben jetzt den Einfluss der belebten Umwelt auf 6843 bayerische Kinder untersucht – indem sie die Spuren des Tages von 6843 Kinderbetten saugten, mit handelsüblichen Staubsaugern.

Ziel war, dem «Bauerneffekt» auf den Grund zu gehen. Kinder, die auf Bauernhöfen aufwachsen, leiden oft weniger unter Asthma und Allergien als Kinder aus anderen Elternhäusern. Schon lange vermuten Forscher, dass der ständige Kontakt mit Bakterien die Bauernkinder resistenter macht. Eine neue Studie, erschienen im «New England Journal of Medicine», hat nun diese Vermutung bestätigt. Etwa fünf Prozent der bayerischen Bauernkinder, so die Studie, litten unter Asthma; bei Kindern, die zwar auch in ländlichen Gebieten aufwachsen, aber nicht auf einem Hof lebten, waren es zehn Prozent. Allergien hatten zwölf Prozent der Bauernkinder und fast 40 Prozent der Kinder in der Vergleichsgruppe.

Im Staub auf den Betten suchten die Forscher nach bakterieller DNA. Je mehr Bakterien auf der Matratze, desto unwahrscheinlicher war es, dass die Kinder Asthma hatten. Das Erkrankungsrisiko für Asthma sinkt offenbar, je mehr bakteriellen Keimen die Kinder ausgesetzt sind; für allgemeine Allergien konnten die Forscher aber keinen solchen Zusammenhang feststellen.

**BUNTE MISCHUNG.** Mit statistischen Methoden wurde nun untersucht, ob auch Milchkonsum, Krankheiten in der Familie oder auch der Bildungsstand der Eltern das Asthma-Risiko beeinflussten. Keiner der Faktoren erklärte das Asthma-Risiko so gut wie der Bakterienstaub auf der Matratze, sagt die Münchner Professorin und Mitautorin der Studie Erika von Mutius. Auch das gesunde Leben auf dem Bauernhof alleine könne nicht für die geringe Asthma-Anfälligkeit verantwortlich sein; denn der Einfluss der Bakterien blieb bestehen, auch



**Bullerbü.** Stallbakterien für Nicht-Bauern könnten bald auf Rezept erhältlich sein. Foto Keystone

wenn die Forscher bei der Auswertung berücksichtigten, wer auf einem Hof lebte und wer nicht.

Welcher Mechanismus bei der Senkung des Asthma-Risikos eine Rolle spielt, können die Forscher noch nicht sagen. Möglicherweise stimulieren die Bakterien das Immunsystem. Eventuell besiedeln auch harmlose Stallbakterien die oberen Luftwege der Kinder und lassen gefährlicheren Bakterien, die Asthma verursachen könnten, keinen Platz. Ähnlich wie bei den Bakteriengesellschaften auf der Haut oder im Darm könnte es also auf eine ausgewogene Besiedlung durch verschiedene Organismen ankommen, die in grossstädtischen Kinderhälsen vielleicht nicht immer gegeben ist.

Je bunter die Mischung verschiedener Bakterienstämme im Bett und in der Zimmerluft, desto geringer das Asthma-Risiko, schreiben die Forscher. Und die bunteste Mischung sei eben auf Bauernhöfen zu finden. Sollen wir also unsere Kinder zur Prävention aufs Land schicken? Leider, so Erika von Mutius, ist die sensible Phase wohl sehr kurz. Für die

Ausbildung von Asthma-Resistenzen sei entscheidend, welchen Einflüssen die Kinder im ersten Lebensjahr ausgesetzt sind; regelmässiger Stallkontakt sei hier besonders wichtig. Das bedeutet, dass für Schulkinder der Urlaub auf dem Bauernhof zwar erholsam, aber für Asthma-Prävention wohl nicht mehr wirksam ist.

**NASENTROPFEN.** Für viele Grossstädter dürfte es aber schlicht nicht machbar sein, ihre Kleinkinder täglich auf dem Misthaufen krabbeln zu lassen. Auch die Idee, zu Hause etwas weniger Staub zu wischen, ist fragwürdig: denn der Dreck in der Stadt sei eben nicht mit dem Mist auf dem Land zu vergleichen, sagt Erika von Mutius. Wäre es da nicht verlockend, sich als Impfung ein Stück Kuhmist in die städtische Krabbelgruppe zu holen?

In der Tat ist die internationale Forschergruppe, zu der auch Wissenschaftler des Schweizerischen Tropeninstituts und der Universität Basel gehören, an der Entwicklung eines solchen Medikamentes beteiligt. Auf der Basis von früheren Studien wurde eine Firma gegründet, die Protectimmun heisst und in Bochum an-

gesiedelt ist. Deren Geschäftsführerin Marion Kauth erklärt, es werde sich nicht um eine Impfung handeln, sondern um eine Allergie- und Asthma-Prophylaxe. Regelmässig und kleinkindergerecht eingenommen in Form von Nasentropfen solle das Präparat mit Bakterienbestandteilen «Stallkontakt simulieren» und der Entstehung von Allergien und Asthma vorbeugen. Die Entwicklung ist in der präklinischen Phase, Tests an Mäusen verliefen vielversprechend. In zwei Jahren wird man wohl die ersten Erfahrungen mit menschlichen Patienten sammeln. In sechs Jahren könnte, läuft alles erfolgreich, den ersten Säuglingen zu Stallkontakt via Nasenloch verholten werden.

Stephen Turner, Kinderarzt an der University of Aberdeen in Schottland, wendet ein, dass neue Methoden zur Asthma-Prävention in experimentellen Tests auch schon zu unerwarteter Verschlimmerung von Allergien geführt hätten. Mehr Forschung sei notwendig, sagt er und schliesst mit englischer Zurückhaltung: «Ich würde ein Präparat aus Bauernhofstaub vorsichtig willkommen heissen.»

## Herzinfarkt durch Strassenverkehr und Feinstaub

Auch geringes Risiko für Einzelpersonen kann grosse Schäden für die Gesellschaft bedeuten

VALENTIN AMRHEIN

**Der Herzinfarkt ist eine der häufigsten Todesursachen in der Schweiz. Eine neue Studie zeigt zum ersten Mal, welche Auslöser für die meisten Infarkte verantwortlich sind.**

Das Risiko, in einem Flugzeug zu sterben, das gerade abstürzt, ist sehr gross und macht vielen Leuten Angst. Das Risiko hingegen, durch Absturz zu sterben, wenn man in einem Flugzeug sitzt, ist sehr gering, weil nur wenige Flugzeuge abstürzen. Risiken sind relativ, und sollten von Fluggästen, Patienten und Politikern unterschiedlich bewertet werden.

Forscher aus Belgien und Basel haben jetzt im Fachmagazin «Lancet» erstmals verschiedene Arten von Risiken für die Auslösung eines Herzinfarktes verglichen. Für die Berechnungen benutzen sie Daten aus 36 veröffentlichten Studien.

**GRUNDRISIKO.** Von den 60000 Menschen, die pro Jahr in der Schweiz sterben, erliegen etwa 10000 einem Herzinfarkt. Beim Herzinfarkt stirbt Herzgewebe, weil Adern verstopft sind, die den Herzmuskel mit Blut und Sauerstoff versorgen. Grundsätzlich



**Verkehr.** Für sieben Prozent der Herzinfarkte verantwortlich. Foto Colourbox

haben Menschen ein höheres Risiko, wenn sie Raucher sind, Diabetes oder Bluthochdruck haben, wenn Infarkte bei Blutsverwandten auftraten sowie bei Übergewicht, Fehlernährung und Bewegungsmangel. Jeder Herzinfarkt hat jedoch auch einen unmittelbaren Auslöser, ein Ereignis in den Tagen oder Stunden vor dem Infarkt, das zum plötzlichen Verschluss einer Herzader führt.

Gut zwei Drittel der Betroffenen überleben den Infarkt. Vor al-

lem diese Menschen sollten wissen, wie sie weitere Auslöser vermeiden können. Professor Nino Künzli lehrt am Schweizerischen Tropeninstitut und an der Uni Basel, und ist einer der Autoren der Studie. Er erklärt die zwei Arten, das Risiko zu berechnen:

**SUCHTMITTEL.** Der Konsum von Kokain hat das höchste Quotenverhältnis («odds ratio»). Wer Kokain nimmt, hat in der Stunde danach ein etwa 24-mal höheres

Risiko, einen Herzinfarkt zu erleiden, als wer nicht Kokain konsumiert. Während diese Information für kokainsüchtige Herzinfarktpatienten sehr wichtig ist, sagt sie wenig aus über das Infarktrisiko breiter Bevölkerungsschichten – denn nur relativ wenige Menschen nehmen regelmässig Kokain.

Wer Kaffee trinkt, hat in der Stunde danach ein 1,5 mal grösseres Risiko für einen Herzinfarkt. Das klingt im Vergleich zum Kokain nicht gross. Aber sehr viele Leute trinken Kaffee. Fünf Prozent der Herzinfarkte in der Gesellschaft gehen deswegen auf das Konto von Kaffee. Bei Kokain sind dies nur 0,9 Prozent.

Diese prozentuale Kenngrösse wird PAF genannt («population-attributable fraction»). Zu ihrer Berechnung wird nicht nur das individuelle Risiko berücksichtigt, sondern auch die Häufigkeit des Ereignisses in der Bevölkerung.

Die PAF ist für Politiker die wahrscheinlich interessanteste Risikoangabe, weil sie sagt, um wie viel Prozent die schweizerischen Herzinfarkte abnehmen, wenn wir einen Auslöser reduzieren würden.

Die Liste der sechs wichtigsten Infarktauslöser mit dazugehörigen PAFs: Teilnahme am Strassenverkehr (7,4 Prozent), körperliche Anstrengung (6,2 Prozent), Alkohol und Kaffee (je 5 Prozent), erhöhter Feinstaub (4,8 Prozent), negative Emotionen (3,9 Prozent). Könnten wir also negative Emotionen vermeiden, hätten wir fast vier Prozent weniger Herzinfarkte zu beklagen.

**INNENSTADT.** Über sieben Prozent der Herzinfarkte sind der Teilnahme am Strassenverkehr geschuldet. Unklar ist, ob Luftverschmutzung, Stress beim Fahren, oder Lärm die entscheidende Rolle spielen. Separat untersucht wurde der vor allem durch Fahrzeuge verursachte Feinstaub: Eine Reduktion des Feinstaubes um 30 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft würde der Gesellschaft fast fünf Prozent der Herzinfarkte ersparen.

In der Basler Innenstadt beträgt der Jahresmittelwert um die 25 Mikrogramm pro Kubikmeter. Eine Reduktion um 30 Mikrogramm wäre deswegen schwer möglich. Laut Studie würde aber auch eine Reduktion um zehn Mikrogramm noch 1,6 Prozent weniger Herzinfarkte bedeuten.



**symptomatisch**  
Die medgate-Sprechstunde

## Vitamin A bis Z wie Zink

«Du bist, was du isst.» In diesem simplen Satz steckt eine Menge Wahrheit. Denn alles, was wir zu uns nehmen, hinterlässt Spuren in unserem Körper. Oder Spurenelemente. Aber was genau benötigt unser Körper, um richtig funktionieren zu können? Hauptsächlich natürlich die Energielieferanten Eiweiss, Kohlenhydrate und Fette. Aber auch Vitamine und Zusatzstoffe aus Nahrungsmitteln brauchen wir, um den Stoffwechsel zu ermöglichen. Besonders da wir manche dieser Stoffe, wie zum Beispiel die Vitamine A und C, nicht selbst herstellen können. Ernährungsexperten empfehlen, den täglichen Energiebedarf mit 10 Prozent Eiweissen, 30 Prozent Fetten und 60 Prozent Kohlenhydraten abzudecken. Eine Versorgung mit ausreichenden Vitaminen und Mineralstoffen soll durch die fünf Portionen Obst und Gemüse täglich sichergestellt werden, zu denen Ernährungsfachleute raten. Bei solch einer ausgewogenen Ernährung treten keine Mangelzustände auf, und der Körper wird ausreichend mit allem Notwendigen versorgt. Zumal in der heuti-

## Auf Mittel zur Nahrungsergänzung kann man verzichten.

gen Zeit vielen Nahrungsmitteln Vitamine oder Spurenelemente beigegeben werden. Ob eine spezielle Ernährung Krankheiten verhindern oder verkürzen kann, ist bis heute umstritten. Lediglich für Zink wurde eine Wirkung bei Erkältungen nachgewiesen, wobei auch hier die genaue Dosierung und Länge der Einnahme unklar ist. In gewissen Ausnahmesituationen, z.B. in der Schwangerschaft, ist es natürlich sinnvoll und ratsam, einen Zusatzbedarf des Körpers abzudecken. Auch bei bekannten Mangelzuständen oder bei eingeschränkter Ernährung bzw. Nahrungsaufnahme (z.B. bei Veganern, älteren Personen oder während einer Krebsbehandlung) kann es nützlich sein, fehlende Nahrungsbestandteile bewusst zu ergänzen. Alle anderen können guten Gewissens auf Nahrungsergänzungsmitteln verzichten.

Infos unter [www.medgate.ch](http://www.medgate.ch), [info@medgate.ch](mailto:info@medgate.ch) oder Tel. 061 377 88 44

## Kritisch

**STUDENTEN-INITIATIVE.** Wem gehört das Wissen? Vom 7. bis 12. März finden an der Universität Basel jeden Abend Vorträge und Podiumsdiskussionen statt. Thema ist die Wissenschaft im Kontext von Politik, Wirtschaft und Medien. Am Montag geht es um die gentechnisch veränderte Reissorte «Golden Rice». Die Veranstaltungen werden von Studierenden organisiert und richten sich an Interessierte inner- und ausserhalb der Universität.  
> [www.kriwi.ch](http://www.kriwi.ch)

## Das Feuer gefunden und nie verloren

Ein Basler Forscher blickt zurück

MARTIN HICKLIN

**Wie Gottfried Schatz sich für die Erforschung der Lebensenergie entflammen liess, und was man über Mitochondrien weiss, die Kraftwerke des Lebens, das schildert er in einem neuen Buch.**

Wie viele Zufälle sind doch in einem Leben daran beteiligt, die Weichen zu stellen. Wie viel muss stimmen, dass ein Mensch, was er an Talent mitbekommen hat, auch fruchtbar machen kann. Das ist bei Gottfried «Jeff» Schatz nicht anders. Der heute 75-jährige Biochemiker wurde im Jahr 2000 am Basler Biozentrum emeritiert und war anschliessend für vier Jahre Präsident des Schweizerischen Wissenschaftsrates. Er gehört zu der glücklichen Generation von Forschenden, die im letzten Jahrhundert als Pioniere der molekularen Biologie die grundlegenden Lebensvorgänge in einer Zelle aufzuklären begannen. In seinem Buch «Feuersucher» erzählt Schatz von der spannenden «Jagd nach dem Geheimnis der Lebensenergie».

Gottfried Schatz schildert sich als «Marskind» der Generation, deren Jugend vom Krieg überschattet wird. Bei Kriegsende gerade neun, sucht sich der Österreicher in der als trostlos und geistarm geschilderten Heimat seinen Weg. Feuer fasziniert ihn, und chemische Experimente, damals noch erlaubtes Kinderspiel, fressen sein Taschengeld auf.

Nach dem Chemiestudium in Graz bringt er sich die «neue» Biochemie selbst bei. Anstelle nicht vorhandener Lehrbücher müssen Kurzfassungen von Publikationen erhalten. Er bittet amerikanische Autoren, Separatdrucke zu senden. David Green von der Universität Wisconsin schickt ihm per teure Luftpost gar ein ganzes Paket davon, und greift damit massiv in das Schatzsche Lebensruder: Der Jungforscher beginnt, sich für das von Green bearbeitete Thema der Lebensatmung zu interessieren. Das Feuer brennt.

**BEGEGNUNGEN.** Den Mitochondrien gehört fortan sein Interesse, in Wien, in den USA, und ab 1974 am Basler Biozentrum. Schatz beschreibt, wie und von wem diese Kraftwerke erforscht wurden, die milliardenfach in uns an der Zellatmung beteiligt sind und Energie bereitstellen. Spannend die Skizzen der Begegnungen mit berühmten Mitochondriern, berührend jene mit dem 1938 in die USA geflohenen Wiener Efraim Racker.

Zeitzeuge Schatz schildert aus erster Hand die oft turbulenten Vorgänge in einem der wichtigsten Forschungsgebiete der Biologie und kommentiert dazu das Zeitgeschehen. Dass er als Wissenschaftler populär schreiben kann, hat Gottfried Schatz früher schon als Kolumnist in dieser Zeitung bewiesen. Der «Feuersucher» ist als geschickt inszeniertes autobiografisches Sachbuch ein neuer Beleg dafür.

**> Gottfried Schatz:** «Feuersucher. Die Jagd nach dem Geheimnis der Lebensenergie». Buchverlag NZZ, 200 S., Fr. 36.–

## Sicherheit durch Simulation

Britische Forscher wollen Notfall-Leitsysteme intelligent machen



**Hektisch.** Notfallübungen werden am Computer oft realistischer durchgeführt als am Flughafen. Foto Keystone

KURT DE SWAAF

**Computermodelle helfen bei der Aufklärung von Unfallursachen. Auch Sicherheitstests für neue Flugzeugtypen finden am Computer statt. Ein neues Forschungsprojekt soll nun Gebäude sicherer machen.**

Mittwoch, den 2. September 1998, abends gegen halb neun: Swissair Flug SR 111 ist vor knapp einer Viertelstunde vom New Yorker Flughafen John F. Kennedy gestartet, als die Katastrophe ihren Lauf nimmt. Die Piloten riechen etwas Merkwürdiges. Wenig später stürzt das Flugzeug vom Typ McDonnell Douglas MD-11 fünf Seemeilen vor der Ostküste Kanadas in den Atlantik. Alle 229 Insassen sterben.

Die kanadischen Behörden ordnen eine umfassende Untersuchung der Unglücksursache an. Keine leichte Aufgabe, denn obwohl der Stimmenrekorder und der Flugschreiber geborgen werden konnten, enthielten diese keine Daten über die letzten sechs Minuten vor dem Absturz. Man musste also die Wrackteile genauestens unter die Lupe nehmen und sämtliche Informationen wie bei einem Puzzle zusammenfügen.

**FLUGZEUGHÜLLE.** Eine Schlüsselrolle spielte dabei die «Fire Safety Engineering Group» (FSEG), ein interdisziplinäres Forscherteam der englischen University of Greenwich. «Dies war eine der längsten und kompliziertesten Flugzeugunfall-Untersuchungen der Geschichte», sagt FSEG-Direktor Ed Galea. Insgesamt 39 Millionen US-Dollar kostete das Projekt. Am 27. März 2003 veröffentlichten die Experten ihren Abschlussbericht. Ein Meilenstein für die Flugsicherheits-Forschung.

Viele Wrackstücke hatten erhebliche Brandspuren aufgewiesen, offensichtlich war an Bord Feuer ausgebrochen. Dank Smartfire, einer von der FSEG entwickelten Software, gelang es, den Ur-

sprung und die Verbreitung der tödlichen Flammen im Flugzeug zu rekonstruieren. Demnach war es zu einem elektrischen Kurzschluss gekommen. Dabei entzündete sich Material innerhalb der Flugzeughülle, und das entstandene Feuer konnte unbemerkt vorrücken, bis es direkt über dem Sitz des Kapitäns einen Weg durch die Decke brach. So verlor die Besatzung wohl die Kontrolle über die Maschine.

**FEUER FLIESST.** Die Analyse des SR-111-Absturzes ist nur eine von zahlreichen Studien, mit denen sich Ed Galea und seine Kollegen internationalen Ruf erworben haben. Die Arbeitsgruppe besteht aus 32 Fachleuten unterschiedlicher Disziplinen – Mathematiker, Brandschutz-Ingenieure, Psychologen und CFD-Spezialisten. CFD steht für Computational Fluid Dynamics, sagt Galea: «Feuer ist ein fließender Prozess.» Es verhält sich nach denselben Bewegungsgrundsätzen wie Flüssigkeiten, und dieses Verhalten lässt sich berechnen.

Die FSEG untersucht jedoch nicht nur Katastrophen. Ihre Hauptaufgabe sehen die Forscher vielmehr darin, diese zu verhindern und für mehr Sicherheit zu sorgen. So setzen sie Smartfire und die ebenfalls von ihnen entwickelte Air-exodus-Software ein, um Rettungszenarien zu überprüfen. Jeder neue Flugzeugtypus muss einen standardisierten Evakuierungstest bestehen, bevor er zum Verkehr zugelassen wird. Innerhalb von nur 90 Sekunden sollten sämtliche Passagiere die Kabine über die Hälfte der Notausgänge verlassen können. Getestet wird unter Realbedingungen, mit echten Menschen. Eine hektische Angelegenheit, berichtet Ed Galea. Drei bis fünf Prozent der Versuchspersonen würden sich bei den Tests verletzen. «Und diese Tests sind nicht unbedingt repräsentativ dafür, wie das Flugzeug im Ernstfall abschneidet.»

Nach den FSEG-Berechnungsmodellen lägen die Evakuierungszeiten für viele realistische Unfallszenarien deutlich über der getesteten 90-Sekunden-Grenze. «Wir plädieren schon seit Jahren dafür, den internationalen Standardtest abzuschaffen», sagt Direktor Galea. Simulationen würden oft viel realistischere Einblicke bieten. Mehrere Flugzeughersteller arbeiten bereits mit der FSEG zusammen. Trotzdem liesse sich noch einiges verbessern. Laut Galea wäre es zum Beispiel sinnvoll, in den Kabinen Wasservernebelungssysteme zu installieren. Sie dürften die Ausbreitung von Feuer zumindest bremsen und flüchtenden Passagieren mehr Zeit geben.

Ed Galeas Team befasst sich auch mit Feuergefahr in Schiffen und Zügen sowie in Gebäuden. Das neueste geplante Projekt der FSEG heisst «Getaway» und wird mit EU-Mitteln finanziert. Der Startschuss, so Ed Galea, fällt wohl Ende dieses Jahres.

**DYNAMISCHE SIGNALE.** «Wir wollen ein intelligentes Leitsystem entwickeln, welches Menschen helfen soll, aus unterirdischen Bahnhöfen und ähnlichen Umgebungen zu entkommen.» Keine einfache Aufgabe. «Menschen neigen dazu, Notfallschilder zu ignorieren», berichtet der Sicherheitsingenieur. Deswegen wollen er und seine Mitarbeiter eine «intelligente und dynamische Signalisierung» einsetzen. «Getaway» soll je nach Situation die Flüchtenden mittels blinkend leuchtender Wegweiser auf dem schnellsten Weg ins Freie leiten. Wenn also vorrückendes Feuer einen Notausgang versperrt, wird dies von der Technik erkannt, und die Signale zeigen automatisch eine andere Route an. Das intelligente System benutzt Simulationen, um während des Ernstfalls das optimale Evakuierungsszenario zu berechnen, erklärt Galea. «Und die Software muss dabei sehr, sehr schnell arbeiten.»



coffee talk

## Skifahren ist gefährlich

VALENTIN AMRHEIN

Ich will niemandem den Spass verderben. Trotzdem die folgende Enthüllung, bei strahlendem Sonnenschein in den Bergen: Skifahren ist gefährlich. Vor einigen Wochen flog der Freund meiner Tochter in fünf Metern Höhe am Stahlträger des Bügelliftes vorbei und landete hart auf dem Rücken. Die beiden Kinder, 9 und 6 Jahre, waren zu zweit mit dem Lift gefahren. Beim Aussteigen verhakete sich der Bügel unter der Achsel des Bubens. Er kam von der Liftspur ab, fuhr aussen um den Stahlträger herum und wurde am Bügel emporgerissen. Binnen Minuten kamen die Bergwacht, ein Notarzt und der Abtransport zum Krankenhaus. Mehrere Schutzengel sorgten dafür, dass der Junge mit dem Schrecken davorkam. Hätte er keinen Helm getragen, wären es vielleicht ein oder zwei Engel weniger gewesen. Seither suche ich nach rationalen Gründen, warum wir etwas so Sinnloses tun wie Skifahren. Mir fällt keiner ein, ausser: Skifahren macht gerade deswegen Spass, weil es schnell und gefährlich ist.

## Gibt es rationale Gründe, etwas so Sinnloses zu machen?

Und weil wir es freiwillig tun, nehmen wir Unfallrisiken in Kauf, die absurd viel höher sind als die Risiken, die uns drohen durch Impfnebenwirkungen, Flugzeugabstürze, Handstrahlen, Burka-Trägerinnen. Wirklich gefährlich waren laut der «Beratungsstelle für Unfallverhütung» im Jahr 2007 der Strassenverkehr mit 95 000 verletzten Menschen, der Sport mit 304 000. Im Durchschnitt aus fünf Jahren ist Fussball die gefährlichste Sportart mit 54 300 Verletzten pro Jahr, vor Skifahren mit 43 210 Verletzten. Todesopfer im Sport gibt es am meisten beim Bergwandern (41 pro Jahr), Bergsteigen (34) und Skifahren (alpin: 8; Varianten: 9; Touren: 12). Die meisten Nichtberufsunfälle aber passieren beim «Aufenthalt in Häusern» (410 740 Verletzte pro Jahr), die gefährlichste Tätigkeit ist das «Umhergehen in Haus und Garten» (177 780).

**> www.bfu.ch**

## Vom Nutztier zum Diamantenträger

**KASCHMIR.** Jeder dritte Haushalt in Deutschland hält Heimtiere. Dabei verändert sich das Verhältnis der Menschen zu ihren Tieren nach Expertenmeinung deutlich. «Das Nutztier ist in den Hintergrund geraten», sagt die Biologin Ursula Bauer von der «aktion tier». Mit dem Rückgang der Landwirtschaft gebe es immer weniger Hüte- oder Hofhunde. «Katzen und Hunde sind oft zu reinen Schmusetieren geworden», sagt Bauer. «Die Leute sehen Tiere als Ersatz für Kinder oder Familie und finden, Tiere seien die besseren Menschen», so Bauer. Die Vierbeiner würden überhöht, verwöhnt und nach menschi-



chen Massstäben behandelt. Der Umgang mit Tieren sei oft bequemer: Sie geben keine Widerworte und freuen sich, wenn Herrchen oder Frauchen nach Hause kommt. Nicht selten schlage diese Tierliebe ins Extreme um: Beim «Animal hoarding» werden krankhaft Unmengen von Tieren gesammelt. Im vergangenen Jahr gaben die deutschen Bundesbürger mehr als 3,7 Milliarden Euro für Haustiere aus. In den teuren Einkaufsstrassen der Grossstädte sind Läden, die diamantbesetzte Halsbänder und Kaschmirpullis für Chihuahuas anbieten, mittlerweile gang und gäbe. DPA

## Affen altern menschenähnlich

**AFFENSTERBEN.** Auch bei den meisten Affenarten leben die Weibchen länger als die Männchen. Das zeigt ein Vergleich des menschlichen Alterns mit dem seiner nächsten Verwandten. Unsere Art ist zwar die langlebigste unter den Primaten, aber der Ablauf der Alterung unterscheidet sich nicht wesentlich, berichten US-Forscher im Fachjournal «Science». Bisher waren Forscher davon ausgegangen, dass die Menschen während ihrer langen Lebenszeit anders und langsamer altern. Anne Bronikowski von der Iowa-State-Universität und Susan Alberts von der Duke-Universität verglichen den individu-

ellen Verlauf der Alterung bei fast 3000 Affen aus sieben Arten. Der Alterungsverlauf, gemessen daran, wie sich die Wahrscheinlichkeit des Todes im Laufe des Lebens verändert, glich sich bei all diesen Arten und entsprach dem auch für Menschen typischen: Nach einem hohen Risiko in jungem Alter folgt eine Phase der relativen Sicherheit, danach steigt die Wahrscheinlichkeit zu sterben kontinuierlich an. Auch in einem anderen Punkt ähneln sich Menschen und ihre nächsten Verwandten: Bei fast allen untersuchten Arten steigt das Todesrisiko der Männchen früher als bei den Weibchen. DPA

# Fukushima ist nicht Tschernobyl

Fehlende Kühlung, Knallgas, Kernschmelze: Was bisher geschah und was geschehen könnte

VALENTIN AMRHEIN

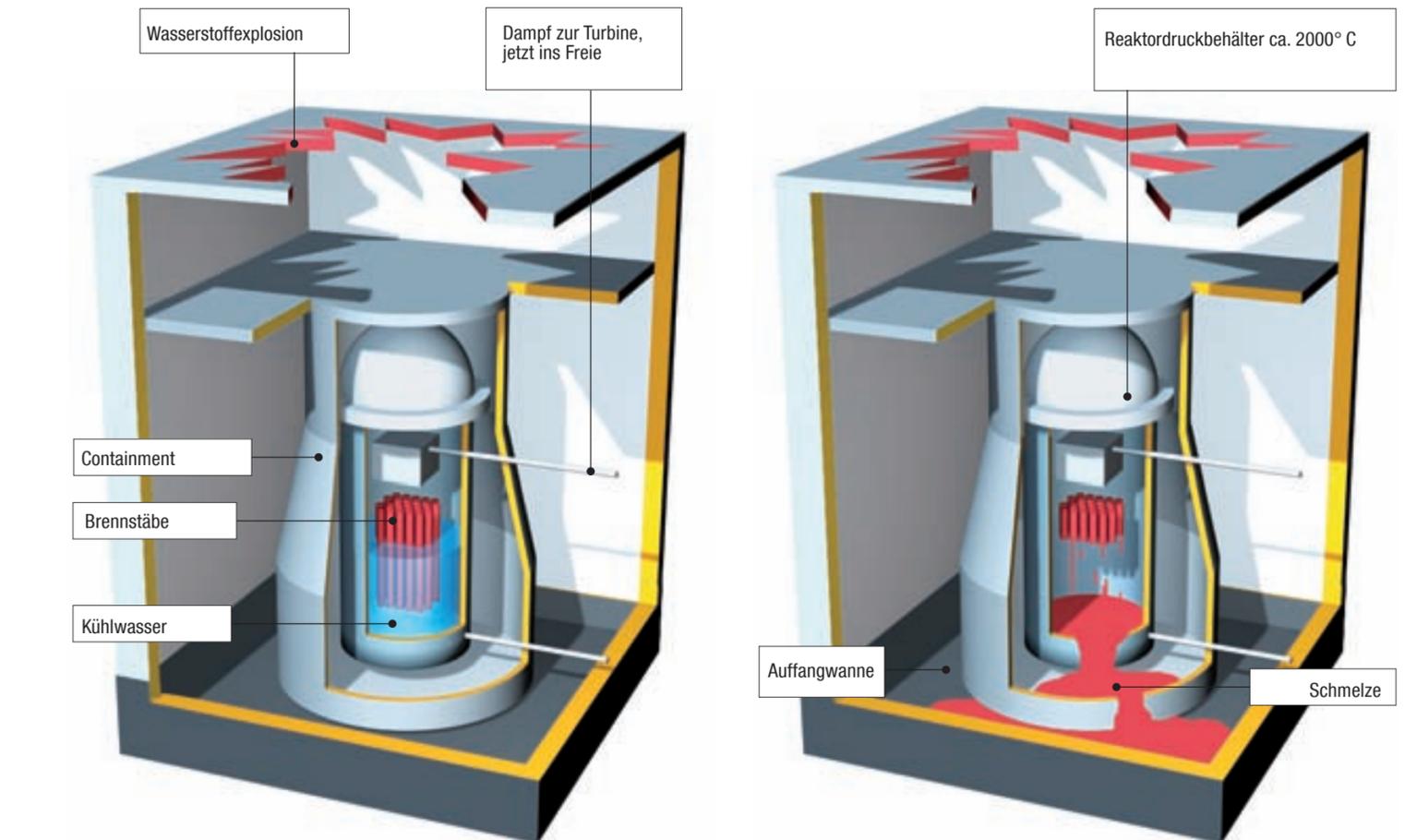
**Die Reaktorblöcke 1 bis 3 sind relativ stabil, in Block 2 scheint der Sicherheitsbehälter ein Leck zu haben. Vieles verläuft anders als in Tschernobyl, und Japan kann auf die Kunst seiner Ingenieure hoffen.**

Ein Atomkraftwerk ist keine Atombombe. Im Unterschied zur Bombe besteht das Brennmaterial im Kraftwerk nur zu fünf Prozent aus spaltbarem Uran. Das reicht nicht, um die atomare Kettenreaktion so schnell ablaufen zu lassen, dass Materie verdampft und eine zerstörerische Druckwelle entfaltet. Leider kann für die Reaktorblöcke im Kraftwerk Fukushima 1 aber niemand ausschliessen, dass es zu einer anderen Art von Explosion kommt, die radioaktives Material in der Luft zerstäubt.

In Tschernobyl war genau das passiert: Wasserstoff hatte sich in einer Knallgasreaktion mit Sauerstoff verbunden und war explodiert. Im Unterschied zu den japanischen Kraftwerken war rund um den atomaren Brennpf, den Reaktordruckbehälter, kein zweiter Stahlmantel gebaut worden. Ein solches «Containment» aus mehreren Zentimetern dickem Stahl soll bei modernen Atomkraftwerken verhindern, dass bei Störfällen Radioaktivität nach aussen dringt.

Die Knallgasexplosion von Tschernobyl konnte daher radioaktives Material in alle Winde blasen. Vor allem aber sorgten damals tagelange Brände dafür, dass sich das Gift im Himmel über Europa verteilte: denn in Tschernobyl befand sich zwischen den Brennelementen Graphit, das ab einer Temperatur von 600 Grad brennt.

**KÜHLUNG.** Zumindest das Graphit gibt es nicht bei dem Reaktortyp von Fukushima. Knallgasexplosionen aber fanden bereits statt. Am Freitag wurden die Reaktoren beim Erdbeben automatisch abgeschaltet, durch Einfahren von Steuerstäben zwischen die Brennelemente. Das stoppte die Uran-Kettenreaktion, aber nicht die Hitzeentwicklung: Die Spaltprodukte des Urans zerfal-



**Fukushima Daiichi.** Links die wahrscheinliche Situation in Reaktorblock 1 und 3, rechts eine mögliche Kernschmelze in Block 2. TA-Grafik/mt (Quelle TA)

len weiter, unter Abgabe von Energie. Die Brennstäbe müssen deshalb gekühlt werden, sonst kommt es zur Schmelze des Reaktorkerns. Aber die Kühlung durch fliessendes Wasser versagte, weil jede Energiezufuhr durch Erdbeben und Tsunami ausgefallen war.

Durch Einleitung von Meerwasser wird versucht, die Brennstäbe zu kühlen. Es gibt aber Probleme mit verklebten Ventilen, und zumindest im Reaktorblock 2 liegen die Brennstäbe mehrere Zentimeter frei. Die Temperatur der ein Zentimeter dicken Stäbe steigt auf über 1000 Grad; die Umhüllung der Stäbe reagiert dadurch mit Wasser, freier Was-

serstoff entsteht. Um zu verhindern, dass die Sicherheitsbehälter durch Überdruck platzen, wird Dampf zuerst aus dem Reaktordruckbehälter und dann aus dem Containment abgelassen. Ausserhalb des Reaktorkerns trifft der Wasserstoff auf Sauerstoff und explodiert.

**KNALLGAS.** Zwar wurden durch diese Knallgasexplosionen die äusseren Reaktorhüllen weggesprengt, und die Fernsehbilder erinnern verdächtig an Tschernobyl. Solange aber Druckbehälter und Containment stabil sind, können auch weitere Explosionen kaum radioaktives Material in die Höhe schleudern.

Nun sind die Meldungen zum Zustand der Sicherheitsbehälter noch lückenhaft und teilweise widersprüchlich. Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat Ensi ging gestern Nachmittag davon aus, dass es in allen drei Reaktorblöcken, die bis zum Erdbeben Strom lieferten, zu Kernschmelzen gekommen ist. Das Wort ist etwas verwirrend, weil uns leicht Atomkerne in den Sinn kommen. Gemeint ist nicht die Kernspaltung, sondern dass Material im Kernbereich des Reaktors schmilzt: das Uran in den Brennstäben, die Umhüllung der Stäbe, und womöglich auch der Boden von Druckbehälter und Containment.

Denn wenn bei etwa 2000 Grad eine glühende Masse aus Uran, Stahl und radioaktiven Spaltprodukten auf den Boden der Sicherheitsbehälter tropft, dann kann kein Material der Welt widerstehen.

**ALBTRAUM.** Der japanische AKW-Ingenieur Masashi Goto war beim Kraftwerksbauer Toshiba bei der Entwicklung des Reaktortyps von Fukushima dabei, zuständig für Design und Sicherheitskontrolle des Containments. Die Reaktorblöcke 1 und 3 seien zwar stabilisiert, aber noch lange nicht stabil, sagt Goto. Reaktor 2, dessen Containment wohl bereits ein Leck hat, bereitet aller-

dings die grössten Sorgen. «Falls der derzeitige Zustand anhält, werden die Brennstäbe schmelzen. Die Wahrscheinlichkeit ist hoch, dass bereits Material auf den Boden des Reaktordruckbehälters gefallen ist und sich dort ansammelt.» Sein Albtraum: «Es kann zu einer Wasserstoff- oder einer Dampfexplosion kommen.» Entweder im Druckbehälter oder, wenn dieser durchschmilzt, im Containment.

In Tschernobyl wurde die Katastrophe unter anderem deswegen ausgelöst, weil Techniker Betriebsvorschriften verletzt hatten. Die Hoffnung bleibt, dass die japanischen Experten richtig reagieren werden.

## «Kinder sind besonders strahlenempfindlich»

Der Onkologe Claudio Knüsli über die kurz- und langfristigen Gesundheitsfolgen einer atomaren Katastrophe

INTERVIEW: SUSANNA PETRIN

**Der im Basler Claraspital tätige Krebsarzt Claudio Knüsli ist Präsident des Schweizer Zweigs der «Ärzte für soziale Verantwortung und zur Verhütung eines Atomkriegs» (IPPNW).**

**BaZ:** Herr Knüsli, welche Strahlendosis ist für Menschen tödlich?



**CLAUDIO KNÜSLI:** Ab 50 Sievert ist die Dosis sofort tödlich. Diese Mengen können Menschen bei Atombombenexplosionen sowie bei schweren Unfällen in Atomkraftwerken abbekommen. Ab ein bis zwei Sievert sterben innert einem Monat zehn Prozent der Betroffenen. Der GAU in Tschernobyl hat bisher etwa einer Million Menschen das Leben gekostet. Allgemein kann man sagen: Relevant ist die Höhe der Dosis und der Zeitraum, während dem Menschen erhöhter Radioaktivität ausgesetzt sind.

**Lassen sich Japan und Tschernobyl vergleichen, was die gesundheitliche Gefährdung betrifft?**

Ich hoffe nun, wie alle, dass sich in Japan ein Unfall wie derjenige von Tschernobyl noch vermeiden lässt. Die Evakuierung der Bevölkerung – eine der wirksamsten Vorsorgemass-

nahmen – ist in vollem Gange. Doch wenn die Hülle der japanischen AKW, in denen eine Kernschmelze stattgefunden hat, nicht standhält, dann wird wieder Radioaktivität in der Grössenordnung des damaligen GAUS in Tschernobyl austreten. Und das hätte weitreichende gesundheitliche Folgen. Von Tschernobyl war die gesamte nördliche Hemisphäre betroffen – Strahleneffekte von damals sind bis heute nachweisbar.

**Inwiefern waren nach Tschernobyl auch Menschen gefährdet, die weit weg vom Katastrophentort leben?**

Deutsche Studien fanden heraus, dass nach der Katastrophe mehr Kinder mit Downsyndrom zur Welt kamen. Wir wissen, dass ab neun Monaten nach Tschernobyl bis heute wegen dieser Katastrophe mindestens eine Million Kinder mit Missbildungen, Downsyndrom oder anderen Gesundheitsschäden zur Welt gekommen sind – von über 200 Millionen Geburten. Leider hat die Weltgesundheitsorganisation (WHO) umfassende Forschungen zu den Geburtsschäden unterlassen.

**Warum stellte die WHO keine wissenschaftlichen Forschungen dazu an?**

Die WHO darf keine Untersuchungen zu den Folgen von AKW-Unfällen durchführen ohne die Zustimmung

der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO). Nach Tschernobyl hat die IAEO aber die WHO bei der Erforschung der Strahlenwirkungen massiv behindert. So hat sie 1995 die Publikation der Resultate von 700 Forschern eines WHO-Kongresses in Genf zu den Folgen von Tschernobyl unterbunden. Wir IPPNW-Ärzte wehren uns seit Jahren gegen diese Abhängigkeit der WHO von der IAEO. Es wäre gut, wenn wir aus Tschernobyl noch viel mehr gelernt hätten.

**«Von Tschernobyl war die gesamte nördliche Hemisphäre betroffen.»**

**Zurück zur Situation in Japan. Wie merken Betroffene, ob sie radioaktiv verstrahlt worden sind?**

Typische Symptome der Strahlenkrankheit sind Kopfweg, Übelkeit und Erbrechen. Messbar ist zudem eine Veränderung des Blutbildes. Unter anderem geht die Zahl der weissen Blutkörper stark zurück. Diese schützen das Immunsystem. Deshalb sterben Menschen als Folge einer Verstrahlung oftmals an Infektionen.

**Was sind nicht unmittelbar tödliche, aber längerfristig schädliche Folgen einer Verstrahlung?**

Auch kleine Dosen können Mutationen von Zellen oder des Erbguts auslösen. Eine Verstrahlung kann zu Immunschwächen, Krebs, Bluthochdruck oder Herz-Kreislauf-Krankheiten führen. Die Aufräumarbeiter in Tschernobyl alterten zudem rapide.

**Sind Schwangere und Kinder besonders betroffen?**

Ja. Kinder haben einen hohen Zellumsatz, ihr Organismus wächst noch und ist besonders empfindlich. Nach Tschernobyl wurden in der Region acht von zehn Kindern krank. Ungeborene Kinder sind noch anfälliger.

**Wie kann man sich gegen radioaktive Strahlung schützen?**

Die Arbeiter rund um das AKW müssen Bleianzüge und Schutzmasken tragen. Auch hier ist wesentlich, wie lange jemand welcher Dosis ausgesetzt war.

**Und die Bevölkerung, etwa in Tokio, was kann sie tun?**

Man kann sich nicht vorstellen, wie eine 35-Millionen-Stadt wie Tokio tauglich dekontaminiert oder gar evakuiert werden soll. Kontakt mit radioaktivem Staub sollte vermieden werden, falls sich die radioaktive Wolke der Stadt nähert. Und die Men-

schen sollten keine kontaminierte Nahrung und kein solches Trinkwasser zu sich nehmen.

**Und Jodtabletten, nützt das?**

Das kann Schilddrüsenkrebs vorbeugen. Diese Drüse wird dann von reinem Jod gesättigt und nimmt das verseuchte weniger auf. Das schützt aber nur vor einem von vielen radioaktiven Isotopen.

**Derzeit wollen auch viele Schweizer Jodtabletten zu sich nehmen. Ist das sinnvoll?**

Nein. In der Schweiz wurde bisher keine Erhöhung der Radioaktivität infolge der AKW-Katastrophe in Japan gemessen.

ANZEIGE



**AKAD**  
Die Schweizer Bildungsinstitution.  
Effizient. Sicher. Individuell.

In Aarau, Baden, Basel, Bern,  
Kloten, Luzern, St. Gallen, Zürich:

**Sprachen besser  
richtig lernen!™**

[www.akad.ch/sprachkurse](http://www.akad.ch/sprachkurse)

# Was passiert im Atomkraftwerk?

Ein Crashkurs in Reaktortypen, Kernspaltung und Strahlenkrankheit

VALENTIN AMRHEIN

**Die Menschheit wird noch viele Jahre mit Atomkraft leben müssen: Mit laufenden Reaktorblöcken und mit radioaktiven Abfällen. Wir sollten deshalb wissen, wie die Kraft aus den Atomen in unsere Steckdosen kommt.**

Es sieht im Moment ganz danach aus, als seien es Höllenmaschinen. Aber Atomkraftwerke sind als Wasserkocher gebaut worden. Der in ihnen produzierte Wasserdampf schießt durch eine Turbine, die wie der Dynamo am Fahrrad elektrischen Strom erzeugt. Hinter der Turbine muss der Dampf wieder zu Wasser abgekühlt werden. Das passiert durch Kühlrohre aus einem zweiten Wasserkreislauf, der meist durch einen Kühlturm oder einen Fluss führt. Die überschüssige Wärme wird mit Wasserdampf in den Himmel geschickt oder den Fluss hinuntergeleitet.

Bis hierhin passiert genau das Gleiche auch in Kohle- oder Gaskraftwerken; der Unterschied ist, dass die Wärme im Atomkraftwerk durch Kernspaltung produziert wird. Weltweit decken 212 Atomkraftwerke mit insgesamt 442 Reaktorblöcken 13 Prozent des globalen Strombedarfs. In der Schweiz gibt es vier Atomkraftwerke mit insgesamt fünf Reaktorblöcken, die 39 Prozent des Schweizer Stroms liefern.

**SIEWASSERREAKTOR.** In den sechs Reaktorblöcken von Fukushima befinden sich Siedewasserreaktoren, das ist der weltweit zweithäufigste Reaktortyp. In Siedewasserreaktoren steht das Spaltmaterial in Brennstäben direkt in dem Wasser, das verdampft wird und die Turbine antreibt. Da für Turbine und Kühlung nur insgesamt zwei Wasserkreisläufe nötig sind, ist dieser Reaktortyp relativ einfach und billig zu bauen. Der Nachteil ist, dass die Turbine mit dem Reaktorwasser betrieben wird und deswegen in ihrer Nähe Strahlung austritt. Siedewasserreaktoren stehen in der Schweiz in den Kraftwerken Leibstadt und Mühleberg. In Tschernobyl waren vier Druckröhrenreaktoren am Werk, eine recht störanfällige Art von Siedewasserreaktoren.

**DRUCKWASSERREAKTOR.** In den meisten Atomkraftwerken arbeiten heute Druckwasserreaktoren. Hier steht das Reaktorwasser unter einem Druck von 160 Bar und fängt deswegen bei einer Temperatur von etwa 300 Grad noch nicht an zu sieden. Das Reaktorwasser erhitzt die Röhren eines zusätzlichen Wasserkreislaufs, und erst in diesem wird Wasser verdampft, das die Turbine antreibt. Die Turbine kommt also nicht direkt mit dem verstrahlten Wasser in Berührung; dafür sind drei statt zwei getrennte Wasserkreisläufe notwendig. In der Schweiz befinden sich Druckwasserreaktoren in Gösgen und in den beiden Reaktorblöcken von Beznau. Auch die meisten der 58 französischen Reaktorblöcke sind Druckwasserreaktoren; die beiden ältesten, die noch genutzt werden, stehen in Fessenheim.

**KAMINFEUER.** Was ist der Unterschied zwischen einem Holzfeuer und der Kernspaltung? Bei der Verbrennung im Kamin bleiben die Atomkerne völlig unbehelligt. Beim Holzfeuer werden Kohlenwasserstoffe oxidiert: An lange Ketten aus Kohlenstoffatomen lagert sich Sauerstoff an, es entsteht bei vollständiger Verbrennung CO<sub>2</sub> und Wasser. Solche chemischen Bindungen zwischen Atomen werden durch die negativ geladenen Elektronen vermit-



**AKW Leibstadt.** Der Druckbehälter des Siedewasserreaktors während der Wartung, mit abgenommenem Deckel. Foto Keystone

telt, die um die Atomkerne kreisen; bei der Knüpfung neuer Bindungen zwischen Sauerstoff und Kohlenstoff werden die Elektronen angeregt und strahlen Licht und Wärme ab.

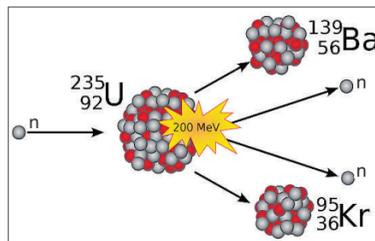
**KERNSPALTUNG.** Beim sogenannten atomaren Feuer, das als Kernspaltung in Atomkraftwerken brennt, geschehen Dinge, die unserem Vorstellungsvermögen noch viel ferner liegen: Hier verschwindet Materie aus Atomkernen und wird direkt in Energie umgewandelt. Der 1989 verstorbene Wissenschaftspublizist Hoimar von Ditfurth beschreibt in seinem Alterswerk «So lässt uns denn ein Apfelbäumchen pflanzen», dass «Energie auch in der Form von Materie auftreten kann, ja, dass alle Materie, die es gibt, einschliesslich derer, aus der wir selbst bestehen, eine spezielle Form von Energie darstellt».

**ENERGIE.** Das klingt ein wenig esoterisch, ruht aber auf einem soliden mathematischen Fundament. Albert Einstein hat dazu 1905 die wahrscheinlich berühmteste Formel der Welt publiziert:  $E=mc^2$ . Die Energie, die einer bestimmten Menge von Materie entspricht, ist so gross wie die Masse dieser Materie (m), multipliziert mit dem Quadrat der Lichtgeschwindigkeit (c). Das ergibt eine intuitiv nicht fassbare Zahl mit sehr vielen Nullen, und deswegen bringt Ditfurth ein halbwegs vorstellbares Beispiel: Die Materie eines Buches entspricht etwa der Energiemenge, mit der man einen grossen Ozeandampfer 100 Jahre lang antreiben könnte.

**MASSENDEFEKT.** Im Gegensatz zur chemischen Verbrennung von Gas oder Holz, bei der die freigesetzte Energie nur aus der Elektronenhülle stammt, werden im atomaren Feuer Atomkerne gespalten oder zusammengebacken. Dabei entstehen neue Elemente. Die Sonne wandelt durch Kernfusion in jeder Sekunde 4,5 Millionen Tonnen ihrer Materie in Energie um. Sie verschmilzt die am einfachsten gebauten

Atome miteinander, nämlich Wasserstoff, dessen Kern nur aus einem positiv geladenen Proton besteht. Ergebnis der Verschmelzung ist das Helium, mit zwei Protonen und zwei elektrisch nicht geladenen Neutronen. Nun ist das Verschmelzungsprodukt Helium um einen winzigen Betrag leichter als die vier Wasserstoffatome, aus denen es gebacken wurde. Das Fehlen dieses Betrags nennt man «Massendefekt», und die verschwundene Masse wandelt sich direkt in Sonnenstrahlen um.

**URAN.** Allerdings braucht es, um eine Kernfusion in Gang zu bringen, viele Milliarden Atmosphären Druck und Temperaturen von über zehn Millionen Grad. Einfacher ist es deswegen, Energie durch Kernspaltung zu gewinnen. Es gibt Elemente, die so viele Protonen und Neutronen im Atomkern haben, dass sie nicht mehr stabil sind und dazu neigen, in leichtere Elemente zu zerfallen. Der Urankern zum Beispiel besteht aus 92 Protonen und 146 Neutronen. Wie alle Elemente tritt auch Uran in Form verschiedener Isotope auf, die sich nur in der Anzahl Neutronen



**Energieblitz.** Ein Neutron (n) löst den Zerfall eines Urankerns aus.

unterscheiden. Das besonders leicht spaltbare, aber sehr seltene Uran-Isotop <sup>235</sup>U hat 235 Kernteilchen: ebenfalls 92 Protonen, aber nur 143 Neutronen. Es zerfällt selbsttätig in eine Reihe von leichteren Elementen. Ähnlich wie bei der Kernfusion ist aber die Summe der Gewichte der Zerfallsprodukte um einen winzigen Betrag kleiner als das Gewicht des Ausgangsmaterials Uran. Dieser Massendefekt beruht auf der Umwandlung von Materie in die Energie, die letztlich das Wasser im Atomkraftwerk heizt.

**KETTENREAKTION.** Nun lässt sich der Zerfall eines Uranatoms künstlich herbeiführen, indem man ein zusätzliches Neutron in den Kern schießt. Uran zerfällt dann zum Beispiel in die leichteren Atome Barium und Krypton (siehe Bild). Der zerfallende Urankern stösst seinerseits zwei bis drei Neutronen aus, die wiederum neue Urankerne spalten können. Viele der so entstandenen Neutronen verlassen die Uranstäbe, die im Atomkraftwerk etwa ein Zentimeter dick sind, und können keine weiteren Urankerne spalten. Wenn man aber viele dieser Brennstäbe nebeneinanderstellt, wird eine sogenannte kritische Masse erreicht. Es findet dann immer mindestens eines der beim

Uranzerfall ausgesandten Neutronen einen neuen Urankern, und in einer Kettenreaktion werden automatisch grosse Mengen von Uran gespalten.

**NACHZERFALLSWÄRME.** Die Kettenreaktion in Atomkraftwerken kann durch das Einfahren von Neutronen-schluckenden Brennstäben zwischen die Brennstäbe reguliert und bei Bedarf unterbrochen werden. Das heisst aber nicht, dass dann die Wärmeproduktion sofort aufhört: Viele der Spaltprodukte des Urans sind selber instabil und zerfallen mit Zeitverzögerung weiter, bis sie sich in stabile Atome umgewandelt haben. Heute, etwa eine Woche nach Einfahren der Steuerstäbe in den Reaktoren von Fukushima, sollte die in den Brennstäben produzierte Nachzerfallswärme eigentlich nur noch 0,2 Prozent der Wärmeleistung im Vollbetrieb entsprechen. Das gilt jedoch nur, falls nicht weiterhin in grösserem Massstab Kettenreaktionen im Gange sind. Und die Hitze von möglicherweise über 2000 Grad könnte trotzdem noch reichen, um die Schutzhüllen des Reaktors schmelzen zu lassen.

**STRAHLUNG.** Bei der Kernspaltung entsteht neben Wärmestrahlung auch sogenannte ionisierende Strahlung in Form von energiereichen Teilchen oder kurzwelliger Strahlung. Weil instabile Atomkerne wie Uran beim Zerfall diese Strahlung aussenden, heissen sie radioaktiv, zu Deutsch «strahlend». Es gibt im Wesentlichen drei Arten von ionisierender Strahlung: Alphastrahlung (in Form von Heliumkernen), Betastrahlung (Elektronen) und extrem kurzwellige Gammastrahlung. Alphastrahlung kann durch ein Blatt Papier abgehalten werden, Betastrahlung durch Metallblech. Gammastrahlung aber durchdringt die Hülle eines Schutzanzugs oder die Pilotenkanzel eines Hubschraubers und wird erst durch meterdicke Betonmauern abgeschwächt.

**STRAHLENKRANKHEIT.** Ionisierend bedeutet, dass die Strahlung Elektronen aus Atomen herausschlagen und chemische Bindungen aufbrechen kann. Besonders tückisch ist der Langzeitschaden, der durch die Strahlung entsteht. Die Ionisierung schädigt nicht nur direkt unser Erbgut, sondern sie produziert auch Radikale, besonders reaktionsfreudige Moleküle. Die chemischen Reaktionen dieser Radikale können zum Absterben von Zellen führen, zur Mutation von Genen und längerfristig zur Entstehung von Krebs. Wenn das Erbgut unserer Stammzellen bei der Zellteilung nicht richtig funktioniert, dann gibt es keinen Nachschub von frischen Blutkörperchen oder Darmzellen. Auch bei einer tödlichen Verstrahlung leben die Betroffenen einige Zeit ohne starke Symptome. Wenn dann nach Tagen oder Wochen ein Ersatz der Zellen in lebenswichtigen Organen fällig wäre, führen Blutverlust, Infektionen und Durchfall zum Tod.

tipps zur erfahrungsmedizin

mit Dr. med. Silva Keberle\*



## Bewusst atmen

«Vor Schreck hielt sie den Atem an», «erleichtert atmete er tief ein», «beim Gedanken an die Prüfung ging ihr Atem schneller»: Redewendungen wie diese zeigen, wie sehr die Atmung durch geistige Regungen und Gefühle beeinflussbar ist. Atmen ist eine Grundfunktion des Lebens und wie keine andere eng mit allen Vorgängen im Körper verknüpft. Wenn wir uns anstrengen, steigen Herzschlag und Atemfrequenz. Auch Stress und Anspannung spiegeln sich im Atemverhalten wieder, wir atmen dann kürzer und verkraempfter. Diesen Zusammenhang zwischen Atmung und Körperfunktionen macht sich die Atemtherapie zu Nutzen: Durch bewusste Wahrnehmung und gezielte Beeinflussung der Atmung sollen der natürliche Atemrhythmus wieder gefunden und eine ausgeglichene Körperspannung sowie eine innere Ruhe hergestellt werden. Dadurch können auch gesundheitliche Probleme positiv beeinflusst werden. Die Schulung des Atems ist eine alte Therapieform; sowohl in der östlichen als auch in der westlichen Heilkunde findet man Anweisungen für Atemübungen.

## Wahrnehmung der Atmung stellt innere Ruhe her.

Heute gibt es zahlreiche Formen der Atemtherapie, die sich in ihrer Behandlungstechnik unterscheiden. Genauere Auskünfte zu den einzelnen Methoden erhält man bei den Fachverbänden für Atemtherapie ([www.atem-schweiz.ch](http://www.atem-schweiz.ch), [www.sbam.ch](http://www.sbam.ch), [www.atemschulung.ch](http://www.atemschulung.ch), [www.lika.ch](http://www.lika.ch)) oder bei den Therapeutinnen und Therapeuten selbst. Zum Einsatz kommt die Atemtherapie bei Erkrankungen der Atemwege wie Asthma sowie bei Allergien, Ängsten, Depressionen, Burn-out, Schlafstörungen oder Rückenschmerzen. Auch bei Stimm- und Sprechstörungen kann eine Atemtherapie helfen.

\* Silva Keberle hat das Erfahrungsmedizinische Register EMR aufgebaut, das ein Qualitätslabel für Therapeuten und Therapeutinnen der Komplementärmedizin vergibt. Nähere Informationen unter [www.emr.ch](http://www.emr.ch) und [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch)

ANZEIGE

**n|w** University of Applied Sciences Northwestern Switzerland School of Life Sciences

**Experts in Demand  
Master of Science in Life Sciences**

Information event: March 29th, 2011  
Please register online: [www.fhnw.ch/lifesciences/master](http://www.fhnw.ch/lifesciences/master)

## Tunnelvogel

**NOTAUSGANG.** Der Gesang des Rotkehlchens hilft Autofahrern bei einem Tunnelbrand am schnellsten weiter. Der melancholisch lockende Klang bietet den meisten Menschen die beste Orientierung, um zügig zu einem Notausgang zu gelangen. Das haben Forscher der Universität der Bundeswehr München bei Versuchen in einem vernebelten Bunker herausgefunden. Das Rotkehlchen setzte sich gegen menschliche Sprechstimmen, Musikinstrumente und den Gesang anderer Vogelarten durch. DPA/amr

# Der Klimawandel aus Sibirien

Das Methan der Permafrostböden ist 25-mal klimaschädlicher als Kohlendioxid



**Polygon-Seen.** Links eine Forscherin bei der Methanmessung im Muckenschwamm, rechts die sibirische Tundra aus dem Flugzeug. Fotos J. Zeyer/ETH



ANDREAS LORENZ-MEYER

**Ein Drittel des weltweit gebundenen Kohlenstoffs steckt in den arktischen Böden. Ein Schweizer Wissenschaftler erforscht dort die Freisetzung des Treibhausgases Methan.**

Im sibirischen Lena-Delta ist Josef Zeyer von der ETH Zürich den verschlungenen Wegen des Methans auf der Spur. Im Sommer 2008 besucht der Umweltmikrobiologe die Forschungsstation Samoylov, eine einfache Holzhütte in den endlosen Weiten der Tundra. Dort bestimmt er die Methankonzentrationen in den Polygon-Seen, den typischen arktischen Tümpeln. Die Arbeit ist oft schwierig, denn bei Temperaturen knapp über dem Gefrierpunkt fallen Muckenschwämme über die Forscher her. Zeyer trägt deshalb eine Imkerhausrüstung.

**MODELLSYSTEM.** In der Schweiz ist das nicht notwendig. Zeyer und seine Mitarbeiter steigen regelmässig zu den alpinen Mooren im Tessin, im Berner Oberland oder im Engadin hinauf und stecken dort dünne, mit Sonden und Schläuchen bestückte Metallrohre in den weichen Grund, um die Konzentration von Methan zu messen. Freilich sind die alpinen Moore im Vergleich zu den arktischen vernachlässigbar klein. «Wir studieren sie auch nicht, weil sie eine grosse Bedeutung für die Erderwärmung hätten,

sondern weil sie ein gutes Modellsystem für den Methankreislauf in Mooren sind», so Zeyer.

Die Mechanismen, die in den Alpen zu einer Freisetzung von Methan führen, sind vergleichbar mit denen in den arktischen Gebieten Alaskas, Kanadas und Russlands. Und dort geht es um furcht einflössende Mengen: Arktische Böden enthalten rund 400 Milliarden Tonnen organischen Kohlenstoff, was rund einem Drittel des weltweit gebundenen Kohlenstoffs entspricht. Davon könnten in Zukunft grosse Anteile zu Methan umgesetzt werden.

**KLIMASCHUTZ.** Wie viel Methan könnte in die Atmosphäre gelangen und so die Erderwärmung beschleunigen? Das bestimmen die biologischen Akteure im Untergrund. Dort produzieren Bakterien, sogenannte Methanogene, unter Ausschluss von Sauerstoff Methan (CH<sub>4</sub>). Das Gas macht sich auf den Weg an die Erdoberfläche, wird aber unterwegs von anderen Bakterien zu Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) umgewandelt.

«Diese methanverzehrenden Mikroorganismen sind Gegenspieler der Methanogene», sagt Zeyer. «Sie arbeiten gewissermassen im Sinne des Klimaschutzes, indem sie das sehr klimaschädliche Methan in etwas weniger klimaschädliches CO<sub>2</sub> umwandeln.» Aber im

Ökosystem des Moores wächst auch ein dritter Spieler, die Schnabel-Segge *Carex rostrata*. Das unscheinbare Sauergrasgewächs hat in den Wurzeln und im Stängel viele Gasleitgefässe, die in der Tiefe Methan aufnehmen und an den Methanverzehrern vorbei an die Oberfläche schleusen. Über die Blätter wird das hochwirksame Treibhausgas dann an die Atmosphäre abgegeben.

Mithilfe von Plexiglashauben, die über den Seggen platziert wurden, erhielt Zeyer genaue Werte: Im Sommer gelangen über 95 Prozent des produzierten Methans durch die Gasleitgefässe der Seggen in die Atmosphäre. Dann geben alpine wie arktische Moore pro Quadratmeter und Tag bis zu 0,3 Gramm Methan ab. Das klingt im ersten Moment nicht beunruhigend, zumal eine Kuh in derselben Zeit das Tausendfache produziert. Aber bei den riesigen Flächen der arktischen Moore summieren sich die 0,3 Gramm pro Quadratmeter zu einer ernsthaften Bedrohung.

**HOCHMOOR.** «Wenigstens bringt der Winter eine Verschnaufpause», erklärt Zeyer. In der Kälte sind alle Mikroorganismen weniger aktiv, sodass die Methanproduktion absinkt. Zudem wird die Mooroberfläche durch Eis und Schnee abgeriegelt: Das wenige produzierte Methan kann nicht in die Atmosphäre ent-

weichen. Mit einsetzender Erderwärmung kann der klimafreundliche Eisdübel allerdings von Jahr zu Jahr weniger Methan aufhalten.

Moore nehmen aber auch Treibhausgas auf. Das Milieu im Untergrund ist zu sauer und zu nährstoffarm, als dass abgestorbenes Torfmoos ganz abgebaut werden könnte. Dadurch wachsen manche Moore in die Höhe – und speichern immer mehr Kohlenstoff. Welche Treibhauswirkung überwiegt nun, wenn einerseits CO<sub>2</sub> ins Moor eingebaut und andererseits Methan freigesetzt wird?

**KLIMAZELT.** Wissenschaftler vermuten, dass die Bilanz im Moment noch einigermaßen ausgeglichen ist. Aber dieses Gleichgewicht wird wohl verloren gehen. In den arktischen Böden steckt nämlich Biomasse, die durch den Permafrost gebunden und somit den Methanogenen noch nicht zugänglich ist. Wenn nun aufgrund des Klimawandels der Permafrost teilweise auftaut und die Methanogene aktiv werden, könnten grosse Mengen von Methan erzeugt und in die Atmosphäre abgegeben werden. Um das zu verhindern, sollten wir uns besser auf die Ursachen und nicht auf die Symptome konzentrieren, meint Zeyer: «Die Erderwärmung muss unbedingt gebremst werden. Wir können schliesslich kein Klimazelt über Sibirien aufstellen.»

## Die Wildkatzen sind zurück

Am nördlichen und am südlichen Rand von Basel wurden die scheuen Tiere wieder nachgewiesen

KURT DE SWAAF

**Um 1950 fast ausgerottet, gibt es in der Schweiz wieder 400 Wildkatzen. In der Region im Gmeiniwald bei Aesch und in der Petite Camargue.**

Das Tier auf dem Foto war keine gewöhnliche Katze. Tobias Roth, Doktorand an der Universität Basel, hatte im vergangenen Winter in der Petite Camargue nördlich von Basel Holzpflocke in den Boden gerammt. Es waren nur einfache Dachlatten, doch der Biologie hatte sie kräftig mit Baldrian-Tinktur eingerieben. Und auf Katzen wirkt dieser Duft unwiderstehlich.

**FOTOFALLE.** Fachleute sprechen von der Haarfallenmethode. Wenn sich die Tiere betört am rauhen Holz der Latte reiben, hinterlassen sie daran Haare. «Ursprünglich war die Idee, zu schauen, wie viele Hauskatzen eigentlich im Naturschutzgebiet vorkommen», erzählt Tobias Roth. Streunende Hauskatzen könnten für den Vogelschutz ein Problem darstellen. Was jedoch eines Nachts von einer in der Nähe des Holzpflocks installierten automatischen Kamera fotografiert wurde, ist eine Wildkatze. Am Pflock reibt sich ein ausgewachsenes Exemplar. Eine genetische Haaranalyse wurde noch nicht durchgeführt, sagt Roth, «aber die Experten sind sich aufgrund der Fellzeichnung so gut wie sicher, dass es eine Wildkatze ist.»

Es ist nicht die einzige gute Nachricht. Die Wildkatzen mit dem schönen lateini-

schon Namen *Felis silvestris* waren in grossen Teilen Europas fast ausgerottet, auch in der Schweiz. Doch nun kehren sie langsam in einige ihrer ehemaligen Lebensräume zurück. Vor zwei Wochen wurde vom eidgenössischen Bundesamt für Umwelt eine Studie veröffentlicht, die den Vormarsch der Katzen im Schweizer Jura dokumentiert. Offensichtlich haben sich Wildkatzen in den letzten Jahrzehnten vor allem in den Waldgebieten rund um Delémont und in der Blauen-Region ausgebreitet. Inzwischen sind sie sogar am Rand der Basler Agglomeration eingetroffen

«Im Gmeiniwald bei Aesch haben wir auch Wildkatzen nachgewiesen», berichtet Studienleiter Darius Weber vom ökologischen Beratungsbüro Hintermann & Weber. Das Besondere daran: Der Gmeiniwald wird normal bewirtschaftet und ist gleichzeitig ein Naherholungsgebiet. Die Wildkatze gilt aber als besonders scheues Tier, das Kontakte mit Menschen so gut wie möglich meidet. Laut Weber wurden anhand von Haarproben mindestens drei verschiedene Individuen nachgewiesen. Zumindest eines der Tiere könnte im Gmeiniwald-Areal fest ansässig sein.

**WIEDERBESIEDLUNG.** Insgesamt dürften im Schweizer Jura inzwischen wieder etwa 400 Wildkatzen leben, es könnten auch etwas mehr sein. Genaue Zahlen sind aufgrund der heimlichen Lebensweise der Tiere kaum zu ermitteln. Der Grund für



**Petite Camargue Alsacienne.** Wildkatze reibt sich an Baldrian-Köder. Foto PCA

die Rückkehr der Wildkatzen dürfte vor allem der strenge Schutz der Art sein. Noch bis vor 30 Jahren hat man die Katzen als Schädlinge verfolgt. Die Wiederbesiedlung der Schweiz startete höchstwahrscheinlich vom Waldgebiet am Col du Neuneich anderthalb Kilometer nördlich der französischen Grenze aus. Dort hatte eine kleine, versteckt lebende Restpopulation der Ausrottung widerstanden.

Die positive Bestandsentwicklung ist bislang ohne gezielte menschliche Unterstützung ausgekommen, und die Wiederbesiedlung des Jura schreitet offenbar weiter voran. Leider stellt der Strassenverkehr für Wildkatzen eine ernsthafte Gefahr dar. Es gibt immer wieder Verkehrstopfer, doch diese Verluste konnten die bisherige Verbreitung offenbar nicht aufhalten, sagt Darius Weber. In der Jura-Region verlaufen die meisten stark befahrenen Strassen in für Wildkatzen ungeeigneten Lebensräumen, so der Biologe.

**HYBRIDE.** Ein anderes Problem könnte die genetische Vermischung der Wildkatzenpopulation mit Hauskatzen sein. Beides sind Unterarten ein und derselben Spezies, und so manche gestreifte Hauskatze ist auch für Fachleute kaum von einer echten Wildkatze zu unterscheiden. Unsere Hauskatzen stammen aber von afrikanisch-asiatischen Wildkatzen ab, und die Entwicklungslinien von asiatischer und europäischer Wildkatze verlaufen seit etwa 200 000 Jahren getrennt.

Immer wieder paaren sich streunende Hauskatzen mit ihren wilden Verwandten. Darius Weber und seine Kollegen haben viele Tiere gefunden, die aus solchen Liaisons hervorgegangen sind. «Der Prozess der Hybridisierung ist also in Gang.» Ob dies eine Bedrohung für die Bestände der Wildkatze ist, kann laut Weber noch nicht eindeutig gesagt werden.



coffee talk

## «Befürworter»

VALENTIN AMRHEIN

Es ist wieder viel Medienschele zu hören in diesen Tagen. Oft ist von Panikmache die Rede. Macht man hingegen nicht genug Panik, wird man schnell mit dem neuen Schimpfwort «Befürworter» belegt. In einer emotional aufgeladenen Debatte sollen Politiker und Journalisten Farbe bekennen. Ich bin gegen Atomkraft. Es braucht nicht viel Mut, das zu sagen. Denn Atomkraft ist ein Auslaufmodell, genau wie die fossilen Brennstoffe. Die Vorräte an Uran, Erdöl und Gas reichen nur noch für einige Jahrzehnte. Ich bin nicht grundsätzlich gegen das Aufbrauchen von Rohstoffen, wenn sie danach wirklich weg sind. Aber Erdöl und Uran sind nicht weg, sondern als CO<sub>2</sub> für Jahrhunderte in der Luft und als radioaktiver Abfall für Jahrhunderte in der Erde. Atomkraft und fossile Energie sind nur deshalb billig, weil wir einen Grossteil der Kosten auf die halbe Ewigkeit abwälzen. Sehr schade, dass die Natur uns Öl und Uran gegeben hat, und die Menschheit sich auf diese Brückentechnologien einlassen wollte. Man stelle sich vor, es wäre ab

## Atomkraft ist ein Auslaufmodell.

1950 statt der Atomkraft die Sonnenenergie gefördert worden. Wir hätten heute vermutlich keine Energieprobleme und sicher kein Fukushima und könnten uns in aller Ruhe über Einwanderungspolitik streiten. Vielleicht gäbe es auch weniger Einwanderer, denn Solarkraftwerke in der Sahara würden in Nordafrika bereits Arbeitsplätze generieren. Mich beeindruckt das internationale Konzept «Desertec». Eine Fläche von einem Drittel der Schweiz, in der Sahara mit Sonnenkollektoren bepflanzt, könnte den Strombedarf Europas decken. Marokko plant bereits Solarkraftwerke, die der Leistung zweier grosser Atomkraftwerke entsprechen. Gegenwärtig erleben wir gesellschaftliche Umwälzungen in Nordafrika, und eine Atomkatastrophe in Japan. Beides könnte Auswirkungen auf die europäische Energiepolitik haben. Freilich ist in beiden Fällen diese Auswirkungen sind.

## Nachhaltig

**KLEIDERTAUSCH.** Am 28. März beginnt an der Universität Basel eine Aktionswoche, die sich um den ökologisch und sozial verträglichen Umgang mit Kleidern, Essen und Reisen dreht. Es gibt Ausstellungen, Vorträge, Filme und Diskussionen. Aus dem Programm: Montag 14 Uhr und Donnerstag 13 Uhr «Konsumkritischer Stadtrundgang». Montag 19 Uhr «Kleidertauschparty». Dienstag 18.15 Uhr Vortrag «Der ökologische Fussabdruck». Donnerstag 11.30 Uhr «Faires Reisen». <http://kug.unibas.ch>



Toronto. Wem auf dem zweithöchsten Fernsehturm der Welt schwindelig wird, der hat nicht unbedingt eine Angststörung. Foto Pascal Reusch

## Höhenangst ist ganz normal

Eine Basler Studie zeigt, dass die Gabe von Cortisol bei der Verhaltenstherapie hilft

FRANK UFEN

**Panische Höhenangst beruht auf Übersteigerung eines an sich sinnvollen Reflexes. Die Angst kann man in einer Konfrontationstherapie aber wieder verlernen.**

Vielen Menschen wird unwohl, sobald sie spüren, dass der Abstand zwischen ihren Füßen und dem Erdboden zu gross wird. Wenn sie von einer Brücke in die Tiefe blicken oder auch nur eine Leiter hinaufsteigen, werden sie von Beschwerden wie Atemnot, Herzrasen und Schwindelgefühlen geplagt oder erleiden sogar eine Panikattacke. Menschen mit solchen vegetativen Symptomen leiden unter Höhenangst, im Fachausdruck Akrophobie.

**EVOLUTIV SINNVOLL.** Nach allgemeiner Auffassung handelt es sich bei der Akrophobie um eine krankhafte und der konkreten Gefahr unangemessene Angst, die psychologische Ursachen hat. Doch es gibt eine alternative Erklärung, die eher von einem evolutiv sinnvollen Ursprung ausgeht. Demnach kommt es zu Höhenangst, weil das Gehirn Höhenunterschiede grösser rechnet, als sie eigentlich sind. Diese Ansicht vertritt zumindest der amerikanische Kognitionspsychologe Russell Jackson von der California State University.

Nach der «Evolved Navigation Theory» hat die Evolution auch Menschen ohne Höhenangst mit einem Mechanismus ausgerüstet, der sie veranlasst, die Grösse von Höhenunterschieden in der Wahrnehmung künstlich zu verstärken. Vermutlich hat dieser Mechanismus die Funktion, Menschen vor Stürzen aus le-

bensbedrohlichen Höhen zu bewahren. Bei Menschen mit Höhenangst ist die Wahrnehmungsverstärkung möglicherweise einfach etwas ausgeprägter.

Geleitet von dieser Theorie hat Russell Jackson Experimente durchgeführt, an denen insgesamt 43 Studenten teilnahmen. Zunächst wurden die Versuchspersonen gebeten, die Höhe eines 14 Meter aufragenden, fünfstöckigen Parkhauses so exakt wie möglich zu schätzen – und zwar das eine Mal vom Dach des Gebäudes aus, das andere Mal vom Erdgeschoss aus. Ausserdem gab es einen Forschungsassistenten, der in der Nähe des Parkhauses stand. Ihn sollten die Versuchspersonen anweisen, jeweils so viele Schritte zu gehen, bis die zurückgelegte Strecke der mutmasslichen Höhe des Parkhauses entsprach.

Wie nicht anders zu erwarten, kam allen Probanden das Gebäude höher vor, wenn sie vom Dach aus nach unten blickten, statt von unten nach oben. Diejenigen, die am meisten unter Höhenangst litten, empfanden das Gebäude von unten aus gesehen um durchschnittlich drei Meter, aus der Vogelperspektive sogar um zwölf Meter höher als diejenigen, die erklärt hatten, ganz oder weitgehend schwindelfrei zu sein.

**KEINE STÖRUNG.** Russell Jackson schliesst daraus, dass die Akrophobie zu Unrecht als psychische Störung aufgefasst wird. In Wahrheit hätten die an Höhenangst Leidenden bloss das Problem, vertikale Distanzen verzerrt wahrzunehmen. «Akrophobiker, denen ein 14-Meter-Turm wie ein 50 Meter hoher Turm

erscheint, reagieren darauf genauso, wie Menschen ohne Höhenangst es tun würden, wenn diese tatsächlich einen 50-Meter-Turm bestiegen hätten», so Jackson.

Der Theorie von Jackson sei entgegenzuhalten, dass bei Personen mit Höhenangst schon nur die Vorstellung an eine Höhensituation Angst auslöse, sagt der Mediziner Dominique de Quervain, Direktor der Abteilung für Kognitive Neurowissenschaften der Universität Basel.

**KONFRONTATION.** Ungeachtet der Debatte über die Entstehung der Akrophobie gilt als gesichert: Personen mit Höhenangst profitieren von einer Verhaltenstherapie – und eventuell von einer zusätzlichen Dosis des körpereigenen Hormons Cortisol. Zu diesem Ergebnis sind Dominique de Quervain und seine Mitarbeiter gekommen. Sie berichten darüber in der neuesten Ausgabe des Wissenschaftsjournals «Proceedings of the National Academy of Sciences».

An dem Experiment der Basler Forscher nahmen insgesamt 40 Probanden teil, die alle unter Höhenangst litten. Die Personen unterzogen sich für die Dauer einer Woche einer virtuellen Konfrontationstherapie. Bei einer solchen Therapie lernen die Patienten, dass die Situation in Wahrheit nicht gefährlich ist, und überwinden so schrittweise ihre Angst. In drei Sitzungen wurden sie über eine Brille mit eingebauten LCD-Bildschirmen mit Computersimulationen konfrontiert, die bei ihnen Höhenangst unterschiedlicher Intensität auslösten. Die eine Hälfte der Versuchspersonen nahm

jeweils eine Stunde vor den therapeutischen Sitzungen eine Cortisol-Tablette ein. Der anderen Hälfte wurde nur ein Scheinpräparat verabreicht.

Drei bis fünf Tage später wurde untersucht, ob sich an der Höhenangst der Teilnehmer etwas verändert hatte – anhand von Fragebögen und durch Messungen der elektrischen Leitfähigkeit der Haut. Es zeigte sich, dass die Versuchspersonen der Cortisol-Gruppe tatsächlich erheblich weniger Angst verspürten als diejenigen der Placebo-Gruppe. Als das Experiment einen Monat später wiederholt wurde, hatte das Cortisol sogar eine langfristig anhaltende Verminderung der Angst bewirkt.

Dass ausgerechnet die Zufuhr des Stresshormons Cortisol die Therapie der Höhenangst unterstützt, mutet paradox an. Doch Dominique de Quervain hat eine schlüssige Erklärung.

**GEDÄCHTNIS.** In einer Reihe von Studien untersuchte er die Effekte von Cortisol auf das Gehirn. Der Befund war, dass das Hormon den Gedächtnisabruf behindert, während es die Abspeicherung neuer Informationen begünstigt.

Diese Gedächtnisprozesse spielen auch bei der Konfrontationstherapie eine wichtige Rolle. Demnach vermindert das verabreichte Cortisol einerseits den Abruf von Angsterinnerungen und begünstigt andererseits die Abspeicherung der im Rahmen der Konfrontationstherapie erworbenen angstfreien Erlebnisse. Mit Cortisol ist der Kopf also empfänglicher für neue Informationen und besser in der Lage, sich auf Lernprozesse einzulassen.



**symptomatisch**  
Die medgate-Sprechstunde

## Sonnige Zeiten

Jetzt kommt sie wieder zum Vorschein, die Sonne. Nach der kalten und dunklen Jahreszeit werden die Tage länger und wärmer. Und die Sonne hat, wie viele Dinge, zwei Seiten in Bezug auf unsere Gesundheit. Zum einen ist sie lebensnotwendig, da sie uns hilft, Vitamin D zu bilden. Ein Fehlen dieses Vitamins bewirkt eine Erweichung der Knochen, die einst gefürchtete Rachitis. Diese Krankheit war in vorindustrieller Zeit nicht bekannt, da bei der Feldarbeit jeder Mensch genügend der Sonne ausgesetzt war. Erst die Industrialisierung und der zunehmende Aufenthalt in Fabriken und geschlossenen Räumen führten zum Problem der «englischen Krankheit», so benannt nach dem ersten Zentrum der Industrialisierung. Heute sind von einem Mangel an Vitamin D vor allem solche Personen betroffen, die sich wenig an der Sonne aufhalten, wie Säuglinge oder ältere Menschen. Bei Säuglingen wird eine ergänzende Einnahme von Vitamin D ohnehin empfohlen. Bei älteren Patienten, besonders wenn sie in Pflegeheimen leben,

## Zehn Minuten Sonne reichen für die tägliche Dosis Vitamin D.

kann diese in Rücksprache mit dem behandelnden Arzt sinnvoll sein. Laut Experten genügt zur ausreichenden Bildung des Vitamin D eine tägliche Sonnenexposition von zehn Minuten auf Gesicht, Arme und Beine ohne Sonnenschutz. Hier kommen wir aber zur Schattenseite der Sonne. Leider nimmt in den letzten Jahren das Auftreten von Hautkrebs zu, vor allem des gefährlichen schwarzen Hautkrebses. Nach Möglichkeit sollten also die strahlungsintensive Mittagszeit gemieden und die allgemeinen Regeln für das Sonnenbaden beachtet werden. Wie alles, so sollte auch die Sonne mit Bedacht genossen werden. Weitere Informationen finden Sie auf folgender Webseite: [www.uv-index.ch](http://www.uv-index.ch) Somit steht den kommenden sonnigen Zeiten nichts mehr im Wege.

Infos unter [www.medgate.ch](http://www.medgate.ch), [info@medgate.ch](mailto:info@medgate.ch) oder Tel. 061 377 88 44

## Heimdialyse

**VORSORGE.** Am baz.cityforum vom 23. März berichteten der Basler Arzt und Nierenspezialist Felix Burkhalter, die Pflegefachfrau Marie-Christine Hummel und der Nierenpatient Josef Hänggi vom Leben mit chronischem Nierenversagen. Vor vollem Saal diskutierten sie über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Dialysetypen. «Vorsorge ist die beste Behandlung», hielt Burkhalter fest. Denn eine schwer geschädigte Niere verkürzt die Lebensdauer deutlich. Trotzdem gingen die Fachleute und der Patient einig, dass Nierenkranke dank moderner Therapien einen guten Lebensstandard beibehalten können. Das Publikum beteiligte sich aktiv an der Diskussion – das Schicksal der Nierenpatienten beschäftigte die Geister und berührte die Herzen. tp

## Der Böögg ist schuld am Klimawandel

**SCHNEEMANN.** Sechseläuten ist eine berühmte Klimakonferenz, die alle Jahre wieder in Zürich abgehalten wird. Aus für Basler unerfindlichen Gründen ist diese Konferenz meist sehr gut besucht. Man muss ihr aber zugutehalten, dass es im Unterschied zu den meisten anderen wissenschaftlichen Konferenzen jedes Jahr ein konkretes Resultat zu vermelden gibt. Im Rahmen eines öffentlichen Workshops wird nämlich ein Schneemann verbrannt, der sich von den meisten anderen Schneemännern dadurch unter-

scheidet, dass er inwendig Feuerwerk enthält, besonders in seinem Kopf. Der Schneemann heisst Böögg und steht auf einem Scheiterhaufen. Aus der Zeitdauer vom Anzünden des Scheiterhaufens bis zur Explosion des Kopfes ermitteln die Zürcher das Wetter der nächsten sechs Monate. In den letzten Jahren wurde die Zuverlässigkeit dieser Wettervorhersage in Zweifel gezogen. Matthias Brennwald und Kollegen von der ETH Zürich konnten jetzt aber zeigen, dass der Böögg zumindest das Klima richtig

voraussagt. Die statistische Analyse enthüllte, dass den längerfristigen weltweiten Klimaveränderungen in den 1970er- und 1980er-Jahren jeweils signifikante Veränderungen in der durchschnittlichen Böögg-Brenndauer vorausgingen. In einer komplizierten logischen Argumentationskette weisen die Forscher nach, dass die sich auf die Wettervorhersagen des Böögg abstützten Zürcher Banken letztendlich direkt auf das Klima wirken. Die Studie wird heute Freitag auf [www.arxiv.org](http://www.arxiv.org) veröffentlicht. amr



Foto Keystone

# Mit Sägespänen gegen radioaktive Wellen

Tepco pumpt verseuchtes Wasser ins Meer und sucht Lösungen, um die Verbreitung zu verhindern

MARTIN KÖLLING, Tokio

**Japans Regierung erhöht den Druck auf den Betreiber der Krisenreaktoren in Fukushima, die radioaktive Verseuchung der See einzudämmen. Die Regierung habe Tokyo Electric Power (Tepco) aufgefordert, schnell zu handeln, hat gestern Kabinettschef Yukio Edano gesagt.**

Unter dem Druck der Regierung, den Abfluss von radioaktiv verseuchtem Wasser ins Meer schnellstmöglich zu stoppen, prüft der Kraftwerksbetreiber Tepco bereits Ideen, das Einsickern von Radioaktivität aus dem Reaktor 2 ins Meer mit einem grossen Schlickzaun zu verhindern.

Die Reaktion der Regierung geht auf die Ankündigung Tepcos zurück, insgesamt 11 500 Tonnen relativ leicht radioaktiv verseuchtes Wasser aus den Krisenmeilern ins Meer zu entlassen. Mit dieser Massnahme soll in Wassertanks und in den Rückhaltebecken der Meiler Platz für stark strahlendes Wasser geschaffen werden, das aus den Lecks in den Reaktoren in die Reaktorgebäude und ins Grundwasser gesickert ist und die Rettungsarbeiten in wichtigen Teilen der Anlagen unterbrochen hat.

**RISIKOABSCHÄTZUNG.** Ausschlaggebend für die Entscheidung war eine einfache Risikoabschätzung. Das hochradioaktive Wasser muss abgepumpt werden, um Menschen wieder Zutritt zu den gefluteten Gebäudeteilen zu erlauben. Doch gibt es keine Speichermöglichkeiten auf dem Gelände. Und Pläne wie das Abpumpen in Tankschiffe haben sich auch noch nicht realisieren lassen. Also greifen die Retter in der Not zum kleineren Übel: Während das Wasser in den Gebäuden 100 000-

fach stärker als normal strahlt, überschreiten etwa 10 000 Tonnen in den Tanks und weitere 1500 Tonnen Grundwasser die Grenzwerte «nur» um das Hundertfache.

Eine Nebenwirkung dieser Entscheidung ist jedoch die wachsende Angst der japanischen Fischer nördlich und südlich des Meilerparks, dass ihr Geschäft wegen der Nachrichten über die radioaktive Belastung der Meere im Umkreis der Meiler kollabieren könnte. Schon vorige Woche wurden die japanischen Konsumenten durch die Nachricht verunsichert, dass die Grenzwerte im Umkreis der Meiler um das etwa 4000-Fache übertroffen worden waren.

**FARBIGES BADESALZ.** Die Retter hatten daher bereits am Wochenende versucht, die Lecks im Reaktor 2 mit einer Mischung aus Sägespänen, Zeitung und Polymeren zu stoppen. Bislang ohne Erfolg. Gestern Montag wurde daraufhin farbiges Badesalz ins Wasser geschüttet, um die genaue Flussrichtung der Lecks herauszufinden.

Mit dem zusätzlichen Schlickzaun soll nun verhindert werden, dass radioaktives Material aus dem Boden und dem Wasser ins weitere Meer gelangt, erklärte Hidehiko Nishiyama von Japans Atomaufsichtsbehörde. Schlickzäune werden normalerweise genutzt, um See- oder Flusswasser bei Bauarbeiten zu reinigen.

Darüber hinaus will die Regierung die Bevölkerung besser über die Ausdehnung der Radioaktivität informieren. Edano hat gestern das Wetteramt angewiesen, seine Vorhersagen über die Verbreitung radioaktiver Partikel umgehend zu veröffentlichen. Edano erklärte, das Wetteramt



**Handlungsbedarf.** Arbeiter in Schutanzug auf dem Gelände des AKW Fukushima. Foto Key

hatte die Daten bisher nicht veröffentlicht, weil es Angst vor Missverständnissen über die Gefahren befürchtet hatte.

**HILFE VON GENERAL ELECTRIC.** Ausserdem erhält Tepco weitere Hilfe, diesmal von General Electric (GE), auf dessen Plänen die rund 40 Jahre alten Krisenmeiler beruhen. GE-Chef Jeffrey Immelt hat heute in Treffen mit der Regierung und Tepco Unterstützung angeboten, die über den reinen Support für die Rettungsarbeiten hinausgeht. Die Unterstützung läuft über Hitachi, GEs jetzigem Partner.

Gleichzeitig will GE Tepco mit Gasturbinen beliefern. Die sollen den Japanern helfen, den Strommangel im Grossraum Tokio zu lindern. Schon jetzt stellt Tepco in Tokios Nachbarpräfekturen teilweise mehrere Stunden täglich den Strom ab, um die Hauptstadt selbst versorgen zu können. Doch im Sommer, wenn die Klimaanlage auf Hochtouren laufen, drohen die Engpässe noch dramatischer zu werden.

## Mit den Lachsen nach Kanada

Die ins Meer geratene Radioaktivität wird sich verbreiten

VALENTIN AMRHEIN

**Wie gross ist die Gefahr für den Pazifik und für unsere Fischmahlzeit, wenn jetzt 11 500 Tonnen radioaktives Wasser aus den Reaktorblöcken von Fukushima in den Pazifik geleitet werden?**

Nordöstlich von Fukushima liegt eines der fischreichsten Gewässer der Welt. Die hier lebenden Alaska-Seelachse zählen zu den beliebtesten Speisefischen. Um zu ihren Nahrungsgründen zu gelangen, wandern Alaska-Seelachse über Hunderte von Kilometern. Die Meeresströmungen schaffen einen Lebensraum, der keine Grenzen hat, und deren Bewohner oft nicht sesshaft sind. Das bedeutet, dass die Strahlung aus Japan rasch bei den Fischern in Alaska landen kann.

**VERDÜNNT.** Aufgrund der riesigen Wassermassen ist aber fraglich, ob die Radioaktivität starke Auswirkungen auf die Umwelt haben wird. Sollte es bei der Einleitung von schwach radioaktivem Wasser bleiben, hätten wir in Japan fast europäische Verhältnisse. Schwach radioaktive Abwässer werden auch aus den Wiederaufbereitungsanlagen in Sellafield und La Hague ins Meer geleitet: in La Hague sollen es täglich 400 Tonnen sein.

Wenn in Japan sehr viel stärker verstrahltes Wasser ins Meer gelangen sollte, wäre das sicher eine Ka-

tastrophe für die betroffenen Küstenregionen. Die radioaktiven Stoffe würden aber mit dem Kuroshio, der grossen japanischen Meeresströmung, aufs offene Meer getrieben und dort zu relativ ungefährlichen Konzentrationen verdünnt, so Frits van Dorp, Risikoberater und ehemaliger Mitarbeiter der Nationalen Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (Nagra).

**VERSENKT.** «Verteilen und verdünnen», das war lange weltweit die offizielle Strategie: bis 1982 waren die Weltmeere als internationale Endlagerstätte für radioaktive Abfälle vorgesehen. Mehr als 100 000 Tonnen lagern heute offiziell im Meer. Laut einem Bericht der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEA) hat auch die Schweiz in einer gemeinsamen Aktion der OECD-Länder schwach radioaktive Abfälle im Nordatlantik versenkt.

Bezüglich der Strahlungsstärke hat die Schweiz dabei hinter England am meisten radioaktives Material in den Nordatlantik entsorgt, insgesamt etwa drei Prozent der global im Meer versenkten Menge. Es waren 7420 Container, mit 5321 Tonnen Material. Gemessen an der Anzahl der Reaktoren liegt die Schweiz damit über dem weltweiten Durchschnitt. 1983 wurde die Meeresversenkung verboten.

ANZEIGE

## Kauftipp

Bestes Preis/Leistungsverhältnis  
K-Tipp Nr. 6/11



**2.10**

DAUERTIEFPREIS

## 179.-

DAUERTIEFPREIS

Schnittbreite	40 cm
Motor	4 T / 123 cc
Leistung	max. 3,5 PS
Schnitthöhenverstellung	6-fach
Rasenfläche bis	800 m²
Fangkorb	40 l

## 329.-

DAUERTIEFPREIS

Schnittbreite	46 cm
Motor	4 T / 135 cc
Leistung	max. 4 PS
Schnitthöhenverstellung	5-fach zentral
Rasenfläche bis	1400 m²
Fangsack	60 l

# 5

JAHRE GARANTIE

## 499.-

DAUERTIEFPREIS

Schnittbreite	52 cm
Motor	4 T / 190 cc
Leistung	max. 5 PS
Schnitthöhenverstellung	8-fach zentral
Rasenfläche bis	2000 m²
Fangsack	55 l



Qualität / Preis / Auswahl  
www.landi.ch

**Microfasertuch Universal Pabella**  
Reissfest, formstabil und langlebig.  
Grösse: ca. 40 x 38 cm.  
CHF 2.10  
76204

**Rasenmäher Benzin OKAY C400**  
Motor OHV T375, Kunststoffgehäuse, inkl. Mulchkit, Unmontiert. **NEU.**  
CHF 179.-  
12572

**Rasenmäher Benzin OKAY Prestige 46**  
Stahlgehäuse, mit Radantrieb auf die Hinterräder, ergonomische und klappbare Griffholme mit Schnellverschlüssen.  
Unmontiert.  
CHF 329.-  
12577

**Rasenmäher Benzin OKAY Champion 52HW**  
Motor Briggs & Stratton 675 mit Ready-Start, 3-in-1 Funktion: Mulchen, Seitenauswurf, Heckauswurf. High Wheeler mit Radantrieb.  
Unmontiert. **NEU.**  
CHF 499.-  
12602



**SolarEis.** Wasserspeicher zum Heizen und Kühlen des Hotels Riva in Konstanz. Der Speicher ist heute vom Hotelparkplatz überdeckt. Foto isocal

## Mit Eis kann man Häuser heizen

Eine neue Wärmepumpe nutzt die Kristallisationswärme aus dem Gefrieren von Wasser

ANDREAS LORENZ-MEYER

**Heizen mit fossilen Kraftstoffen wird immer teurer. Wärmepumpen hingegen werden effizienter und wirtschaftlicher, zum Beispiel wenn sie nicht mit Erdbohrungen, sondern mit Wasserspeichern arbeiten.**

Jeder Schweizer Haushalt hat bereits mindestens eine Wärmepumpe, und zwar im Kühlschrank. In den Kühlrohren wird eine Flüssigkeit verdampft und dehnt sich dabei aus. Während des Übergangs in die Dampfphase saugt die Flüssigkeit Wärme aus der Umgebung, in diesem Fall aus dem Inneren des Kühlschranks. Aus dem Kühlschrank ist ein Kompressor, der das Gas wieder zu Flüssigkeit zusammenpresst. Dabei wird die Wärme an die Umgebung abgegeben.

Genauso funktioniert auch eine Wärmepumpe zum Heizen eines Hauses. Die Kühlflüssigkeit wird ausserhalb des Hauses in einem Rohrsystem verdampft und nimmt dabei Wärme auf, im Haus wird sie wieder zusammengepresst und gibt die Wärme ab. Durch Wärmepumpen betriebene Heizungen benutzen also nicht nur über weite Strecken herantransportierte Energie, sondern entnehmen Umweltwärme aus der direkten Umgebung: aus der Luft, aus der Erde oder aus dem Wasser.

Das zahlt sich im Laufe der Jahre aus: «Bei Wärmepumpen reduzieren sich die Heizkosten im Vergleich zu Ölheizungen um 60 bis 75 Prozent», sagt Stephan Peterhans von der Fachvereinigung Wärmepumpen Schweiz (FWS). Zum einen kommt die Wärme eben aus der Umwelt, zum anderen würden teure Unterhalts- und

Kontrollarbeiten wie bei Ölkesseln entfallen, und drittens müsste keine CO<sub>2</sub>-Abgabe bezahlt werden. Diese Abgabe wurde vor drei Jahren eingeführt und beträgt zur Zeit 36 Franken pro 100 Liter Heizöl. «Wenn die Kyoto-Ziele allerdings verfehlt werden», meint Peterhans, «dann ist mit einer Erhöhung der Abgabe zu rechnen, die das Heizen mit fossilen Energien weiter verteuern wird.»

**KALT MACHT WARM.** Auch beim Klimaschutz können Wärmepumpen vorbildlich sein. Öl- oder Gasheizungen von Einfamilienhäusern verursachen oft zwischen 5 und 10 Tonnen Kohlendioxid im Jahr, Wärmepumpen dagegen nichts – allerdings nur dann, wenn die Pumpen mit Strom aus erneuerbaren Quellen angetrieben werden. Weil Wärmepumpen Strom verbrauchen, raten Umweltschutzverbände, sich darüber zu informieren, woher dieser Strom kommt, und wie effizient und damit energiesparend die Wärmepumpe wirklich ist.

In Zukunft könnte die ökologische und ökonomische Bilanz von Wärmepumpen allerdings deutlich verbessert werden. In Friedrichshafen am Bodensee wurde zum Beispiel ein Heizsystem erdacht, das aus Kälte Wärme macht. Grundlage ist ein einfacher physikalischer Vorgang: Wenn Wasser zu Eis gefriert, wird Wärmeenergie freigesetzt, die sogenannte Kristallisationswärme. Doch wie lässt sich damit ein Haus heizen? Das Unternehmen «isocal» entwickelte unterirdische Wasserspeicher, in denen die Kristallisation kontrolliert abläuft. Die Wärmepumpe entzieht dem

Wasser im Speicher Energie, bis es den Gefrierpunkt erreicht und beim Gefrieren Wärme freisetzt. Dann wird das Wasser zum Beispiel mit Sonnenenergie wieder erwärmt und somit in den flüssigen Aggregatzustand zurückversetzt. Danach kann das Abkühlen von Neuem starten.

Der unterirdische Wasserspeicher ist aber nicht nur während der kalten Monate im Einsatz. Geht die Heizperiode im Frühjahr zu Ende, wird aus dem Heizsystem eine Klimaanlage. Das Eis im Speicher kühlt nun das Haus, wobei eine Umwälzpumpe den Kaltwasserkreislauf zwischen Gebäude und Eisspeicher aufrechterhält. Im Speicher bleibt irgendwann nur noch lauwarmes Wasser zurück, und daraus wird im Herbst, wenn es Zeit ist zu heizen, wieder Kristallisationswärme gewonnen. Fertig ist der ganzjährige Versorgungskreislauf, bei dem immer die gerade nicht benötigte Energieform gespeichert wird: Wärmeüberschüsse für den Winter und Kälte für den Sommer.

**KLEINE WASSERSPEICHER.** Das Eis allein kann allerdings nicht den ganzen Winter hindurch ausreichend Raumwärme erzeugen. Daher kommen auch andere erneuerbare Energiequellen zum Einsatz: die Erdwärme, die der unterirdische Wasserspeicher aus dem umliegenden Erdreich aufnimmt, und die Wärmeenergie von Sonne und Umgebungsluft, die ein Kollektor oben auf dem Dach sammelt.

Alexander von Rohr ist der Erfinder dieses «SolarEis»-Systems, das schon seit 2004 bei grossen Gebäuden eingesetzt

wird – bei Hotels oder Industriekomplexen. Seit dem letzten Jahr steht es nun in kleinerem Format auch für Privathäuser bereit. Der Wasserspeicher wurde dafür auf 10 bis 15 Kubikmeter verkleinert, so dass die Anlage mit dem Lastwagen ans Haus gefahren werden kann. «Mit diesem System können sich Eigentümer unabhängig von Öl- und Erdgaspreisen machen», meint von Rohr. Wenn diese wie erwartet zukünftig steigen, dann seien die Kosten für Heiz-Kühl-System und Wärmepumpe – zwischen 16000 und 20000 Euro – in fünf bis acht Jahren amortisiert.

**RISIKOLOSES VERGRABEN.** Das Unternehmen vom Bodensee ist weltweit das einzige, das Kristallisationswärme zum Heizen nutzt. Von Rohr erwartet, dass sich sein System auch auf dem Schweizer Heizgerätemarkt in wenigen Jahren etabliert. Anwender könnten damit zum Beispiel das Genehmigungsverfahren bei Tiefenbohrungen für Erdwärmesonden umgehen, an die die Wärmepumpen in vielen Fällen gekoppelt sind.

Die Risiken von Tiefenbohrungen und Geothermie treten immer mehr in den Vordergrund, meint von Rohr: «Allein aus wasserrechtlicher Sicht werden die Anforderungen strikter, was das Bohren aufwendiger und somit teurer macht.» Während Genehmigungen bei Tiefenbohrungen daher immer öfter nicht oder nur unter Auflagen erteilt werden, sei das Vergraben eines wenige Meter tiefen Wasserspeichers risikolos und selbst in Wasserschutzgebieten möglich.

## Strahlende Sedimente

Wie wird sich die Reaktorkatastrophe von Fukushima auf das Meer auswirken?

KURT DE SWAAF

**Die Strahlungswerte im Meerwasser vor dem AKW Fukushima sind stark erhöht. Die Schäden für die Umwelt bleiben aber wohl lokal begrenzt.**

«In der unmittelbaren Nähe, bis einige Hundert Meter von der Einleitungsstelle entfernt, werden schwer lösliche Substanzen wie Plutonium zu Boden sinken», erklärt William Burnett von der Florida State University. Die Sedimente am Meeresboden werden also hoch bestrahlt sein, aber nur in einem kleinen Küstenbereich. «Cäsium jedoch wird durch die Strömung fortgetragen.» Bis nach Alaska und dann weiter nach Süden, sagt der Ozeanograf.

Der Verdünnungseffekt werde allerdings so gross sein, dass die Konzentration schon bald unter die Nachweisbarkeitsgrenze sinkt. Ökologische Schäden sollte es laut Burnett über die Umge-

bung von Fukushima hinaus nicht geben.

Der japanische GAU mag technisch gesehen zwar einzigartig sein, doch es gibt durchaus andere nukleare Ereignisse, die sich zum Vergleich eignen. Während des Kalten Krieges wurden auf Inseln oder im Meerwasser eine Reihe von Atombombentests durchgeführt. So zündeten die Sowjets in den Fünfzigerjahren im Chernaya-Fjord an der Küste Nowaja Semljas mindestens zwei Atombomben. Vier Jahrzehnte später untersuchte ein internationales Forscherteam die ökologischen Folgen dieser Versuche.

**BORSTENWÜRMER.** Die Ergebnisse waren überraschend. Der Boden des Fjords ist schwer radioaktiv verseucht – für die Plutonium-Isotope 239 und 240 massen die Wissenschaftler bis zu 15000 Becquerel pro Kilogramm Sedi-

ment (Bq/kg; 1 Bq bedeutet, dass ein Atomkern pro Sekunde zerfällt). Trotzdem lebte im Boden reichlich Getier. Muscheln und Seeigel nahmen das strahlende Material zwar auf, aber die Radioaktivität der Tiere war mit 104 Bq/kg (Muscheln) und 22 Bq/kg (Seeigel) relativ gering. Dasselbe galt für den Seetang, der dort wächst. Lediglich bei sedimentbewohnenden Borstenwürmern wurden Plutoniumwerte über 1000 Bq/kg gemessen; auch waren im Chernaya-Fjord an sehr stark radioaktiv belasteten Stellen im Boden keine einzelligen Tiere zu finden.

Ähnliche Befunde kommen von den Marshall-Inseln im Pazifik. Hier testeten die USA Atombomben. Die Plutoniumbelastung von Riesenmuscheln und Schnecken aus den Gewässern des Enewetak-Atolls liegt meist weit unter 8 Bq/kg, Cäsium 137

ist kaum noch nachweisbar. Für die Bewohner der wiederbesiedelten Inseln stellt der Verzehr solcher Meeresfrüchte keine wesentliche Gesundheitsgefahr dar, sagen US-Experten.

**MIESMUSCHELN.** An der Westküste Englands leitet die Wiederaufbereitungsanlage Sellafield schon seit Jahrzehnten radioaktiv belastete Abwässer in die Irische See ein. Meeresströmungen tragen die strahlenden Partikel bis in die Arktis, allerdings nur in minimalen Mengen. Das meiste radioaktive Material bleibt in der unmittelbaren Nähe Sellafields. Dort sind zum Beispiel Miesmuscheln deutlich mit Plutonium kontaminiert: bis zu 35 Bq/kg. Ihre Artgenossen von der ostrischen Küste weisen nur noch 0,043 Bq/kg auf.

Eher gering ist auch die radioaktive Belastung von Meeresfi-

schen. Plutonium reichert sich nach Ansicht der meisten Fachleute nicht über die Nahrungskette an, sondern wird von Tieren zum grössten Teil wieder ausgeschieden. Dorsche und Schollen aus der Irischen See weisen meist weniger als 0,01 Bq/kg Plutonium auf.

Mit Cäsium allerdings verhält es sich anders: Fische lagern es in ihrer Muskulatur ein. Italienische Forscher fanden sogar bei Bodenfischen aus entlegenen antarktischen Gewässern Cäsium 137 mit Strahlung von 0,15 bis 0,47 Bq/kg. In einem nahe der Insel Madeira gefangenen Grosseaugenthunfisch massen Wissenschaftler Cäsium mit 0,4 Bq/kg. Solche niedrigen Strahlungswerte gelten aber als unbedenklich. Zum Vergleich: Die alleine von Plutonium 210 ausgehende natürliche Radioaktivität lag im selben Thunfisch bei 3 Bq/kg.



coffee talk

## Einstein und die Bombe

VALENTIN AMRHEIN

Albert Einstein an Präsident Roosevelt, am 2. August 1939: «Ich erwarte, dass das Element Uran zu einer neuen und grossen Energiequelle werden kann. Es könnte möglich sein, eine nukleare Kettenreaktion in Gang zu setzen, durch die riesige Mengen von Energie und von neuen Radium-ähnlichen Elementen erzeugt würden. Dieses neue Phänomen würde auch zur Konstruktion von Bomben führen.» Jahrzehnte früher hatte Einstein errechnet, dass Materie eine andere Form von Energie ist. Als Otto Hahn 1938 in Berlin Urankerne zu spalten lernte, war klar, dass dadurch Teile der Materie direkt in Energie umgewandelt werden konnten. Einstein wusste, dass in Deutschland nicht nur moralisch einigermaßen standfeste Experten geblieben waren, wie Hahn, Heisenberg oder Planck. Es gab unter den deutschen Physikern auch fanatische Nazis, die Hitler zur Bombe verhelfen konnten. Er riet deswegen Präsident Roosevelt, Uranvorräte anzulegen und die entsprechende Forschung zu verstärken. Es entstand das wohl ehrgeizigste und finanziell am besten ausgestattete Forschungsprojekt aller Zeiten, das über Hiroshima und Nagasaki, über Tschernobyl bis zu Fukushima führte.

## Es gab Physiker, die Hitler zur Bombe verhelfen wollten.

Während des Kalten Krieges jagte uns der vielfache atomare Overkill Angst ein. «Overkill», das klingt inzwischen wie ein Wort aus einer lange vergangenen Welt. Den Atombomben-Overkill gibt es aber übrigens heute noch. Sicherlich: Die Kernphysik und ihre verwandten Disziplinen aus dem letzten Jahrhundert haben, im Anschluss an Darwin, zur vielleicht grössten Erweiterung unseres wissenschaftlichen Weltbildes geführt. Aber war es das wert? Wäre es nicht besser gewesen, Einstein und Hahn, oder andere Forscher, hätten die Entdeckungen nie gemacht? Ich könnte vermutlich keine Antwort auf diese Frage liefern, auch wenn ich weitaus mehr Platz zum Nachdenken hätte als einen Coffeetalk.

## Kaffee-Gene

**COLA.** In den USA nehmen 90 Prozent aller Menschen regelmässig Koffein zu sich, die meisten in Form von Kaffee. Forscher untersuchen jetzt das Erbgut von über 47000 Menschen; sie berichten in «PLoS Genetics», dass Studienteilnehmer mit bestimmten Genvarianten im Schnitt 40 Milligramm mehr Koffein am Tag konsumierten als Menschen mit Genvarianten für niedrigen Koffeinkonsum. 40 Milligramm entsprechen einer Drittel Tasse Kaffee oder einer Dose Cola. SDA



## Alternativ gegen Krebs

Wer an Krebs erkrankt, kämpft um sein Leben. Dann ist jedes Mittel recht, um die Heilungschancen zu verbessern. Wer dabei allerdings auf unseriöse alternative Heilverfahren setzt und vielleicht noch die herkömmliche Krebstherapie abbricht, hat den Kampf gegen den Krebs meist schon verloren. Ein gutes Beispiel dafür, wie konventionelle und alternative Behandlungsmethoden kombiniert werden können, ist die anthroposophische Medizin. Die Anthroposophie versteht sich als geisteswissenschaftliche Ergänzung zur modernen Medizin. Ein anthroposophischer Arzt ist ein traditionell ausgebildeter Mediziner, der zusätzlich über einen speziellen Fähigkeitsausweis für anthroposophische Medizin verfügt. In der Anthroposophie wird der Mensch als Einheit aus Körper, Lebenskräften, Seele und Geist gesehen, und die Behandlung einer Krebserkrankung erfolgt nach einem speziell auf den jeweiligen Patienten abgestimmten Konzept: Um das Tumorgewebe zu beseitigen, werden chirurgische Eingriffe, Strahlen- und Chemotherapie eingesetzt. Heilmittel wie z. B. Mistelpräparate, Massagen und Heileurythmie, eine

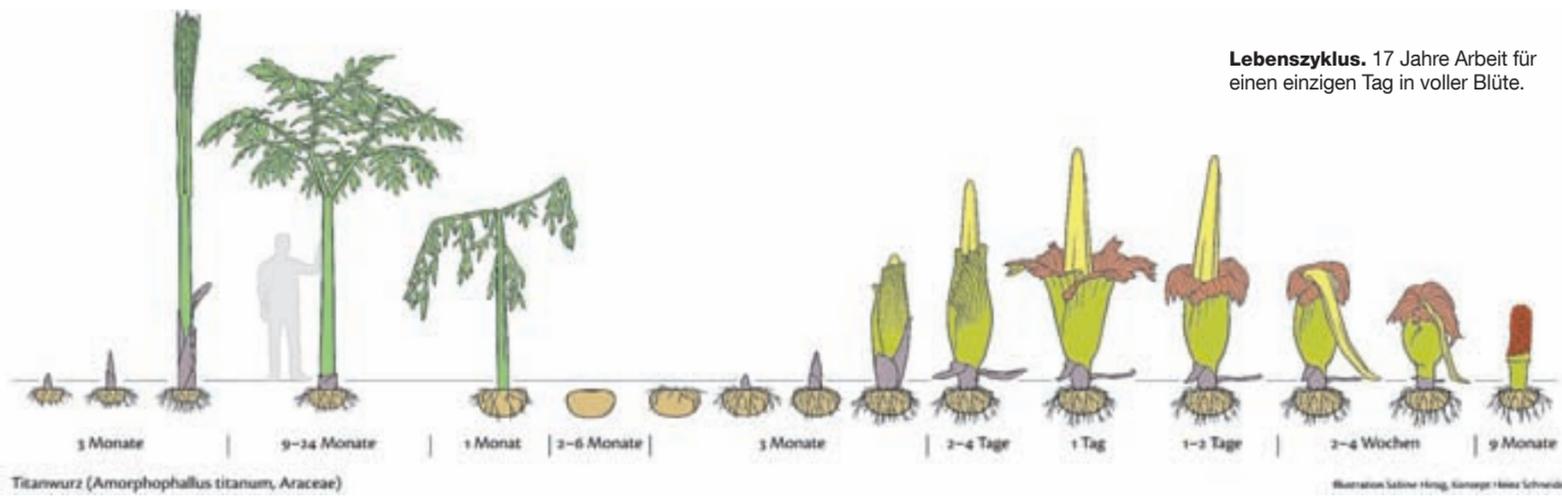
## Der Mensch als Einheit aus Körper, Seele und Geist

spezielle Bewegungstherapie, sollen die Lebensfunktionen verbessern. Mit Musik-, Kunst- und Sprachtherapie soll der Patient auf der seelisch-emotionalen Ebene angesprochen werden und Psychotherapie, Biofeedback und Meditation greifen auf der geistigen Ebene ein. Mittlerweile deuten einige Studien darauf hin, dass dieses Therapiekonzept sinnvoll ist: Krebspatienten, die anthroposophisch behandelt werden, haben eine bessere Lebensqualität und leiden weniger unter den Nebenwirkungen der herkömmlichen Tumortherapie. Auskunft über die Anthroposophie gibt die Vereinigung anthroposophischer orientierter Ärzte in der Schweiz [www.vaoas.ch](http://www.vaoas.ch).

\* Silva Keberle hat das Erfahrungsmedizinische Register EMR aufgebaut, welches ein Qualitätslabel für Therapeuten der Komplementärmedizin vergibt. Nähere Informationen unter [www.emr.ch](http://www.emr.ch) und [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch)

## Landvögel

**TALFAHRT.** In den letzten zehn Jahren haben die Bestände von Kiebitz, Feldlerche und Braunkehlchen jeweils um 20 Prozent abgenommen. Das schreibt Simon Birrer von der Schweizerischen Vogelwarte Sempach in einer neuen Studie. Dünger, Pflanzenschutzmittel und die starke Mechanisierung vernichtete die Nahrungsgrundlage vieler Vogelarten und zerstörte Brutplätze. Hoffnung bestünde durch die neue Politik des Bundesrates, nach der ökologisch wirtschaftende Landwirte mehr Direktzahlungen erhalten sollen.



Lebenszyklus. 17 Jahre Arbeit für einen einzigen Tag in voller Blüte.

# Basler Titanwurz setzt zum Endspurt an

Ab Gründonnerstag soll im Botanischen Garten die grösste Blume der Welt blühen

MARTIN HICKLIN

**Sie wächst pro Tag ganze elf Zentimeter: Eine mächtige Titanwurz enthüllt im Botanischen Garten der Universität 24 Stunden lang ihren Kolben und duftet betörend nach Aas. Scharen von Besuchern werden erwartet, ab Blühbeginn rund um die Uhr.**

Ganze 17 Jahre hat die Basler Titanwurz (*Amorphophallus titanum*) Anlauf genommen, jetzt ist sie kurz vor dem Ziel. Vor allem eines hat diese urwüchsige Pflanze all die Jahre getan: Sie stellte fünfmal in jeweils einem einzigen riesigen Blatt Kohlenhydrate her, um diese in ihrer Vorratsknolle zu verstauen. Nun hat sie die Hälfte des Ersparten auf eine einzige Karte gesetzt. Die wird voraussichtlich am Gründonnerstag ausgestellt: Die Pflanze enthüllt ihren mächtigen Blütenstand und beginnt eindrucksvoll übel zu duften.

Der Botanische Garten am Spalentor rüstet sich für Scharen von Besuchern. Sie dürfen ab Blütenöffnung rund um die Uhr zwei Augen und eine Nase voll nehmen. 700 Personen können maximal pro Stunde an der Pflanze vorbeigeschleust werden. In Stuttgart kamen in 24 Stunden einst 30000 Besucher, als dort die Titanwurz blühte.

**LOCKDUFT IM REGENWALD.** Nicht für menschliche Nasen wird der üble Duft produziert. In Sumatras Regenwald muss die nach dem alten griechischen Göttergeschlecht der Titanen benannte Riesenwurz sechsbeinige Besucher mit besonderen Vorlieben anlocken. Schmeissfliegen und Aaskäfer zum Beispiel. Darum riecht die Titanwurz mit aller Kraft nach verfallendem Fleisch, passend dazu färbt sich das Deckblatt innen täuschend rot. Damit der Duft sich im Regenwald möglichst weit verbreitet, heizt die Pflanze ihren Kolben auf – um mehr als neun Grad im Vergleich zur tropischen Umgebungsluft. Eine Riesenanstrengung, die in Basel mit einer empfindlichen Thermokamera wissenschaftlich verfolgt wird.

Gewärmt steigt der Duft schneller hoch und breitet sich über den Kronendächern aus. Die Botschaft riecht sich schnell herum. Angelockte Gäste landen und klettern tief in den Blütenschlund, um ihre Eier auf das vermeintliche Aas zu legen. Dabei kommen sie mit klebrigen Fäden in Kontakt, mit denen die männlichen Blüten der Titanwurz ihre Pollen reisefertig machen. Die Fäden bleiben an den Gästen hängen und werden vielleicht auf eine andere, hoffentlich gerade blühende Pflanze weitergetragen. Die Eier, die die Insekten aber ablegen, haben keine Zukunft, denn der Nachwuchs findet nicht die erwartete Fleischnahrung.

Das alles erzählt Heinz Schneider, der Kustos des Botanischen Gartens, mit Begeisterung. Auch für ihn hat das Ganze vor 20 Jahren begonnen, auch er setzt jetzt mit seinem Gartenteam und den Helfern des «Vereins Botanischer Garten am Spalentor» zum Endspurt an. Die Stadtoase wird zum Magneten. Denn so etwas hat es in der 422-jährigen Geschichte des Gartens noch nie zu sehen gegeben. Das Publikum soll möglichst viel von der grössten Blume der Welt mitbekommen, Besucher müssen allerdings wohl auch eine gehörige Dosis Geduld aufbringen. Sobald der Titan seine Hüllen zu öffnen geruht, wird dies im Internet bekannt gegeben. Zurzeit lautet die



Eintagsfliege. Blühende Titanwurz im Botanischen Garten Stuttgart, 20.10.2005.

Prognose auf Gründonnerstag. Die erste *Amorphophallus titanum* wurde 1878 vom Florentiner Odoardo Beccari nach Europa gebracht. Sie hat zum ersten Mal in den Royal Botanic Gardens von Kew in London geblüht. 1936 hat sich eine Titanwurz im Botanischen Garten Bern geöffnet. Basel wird jetzt Nummer 135 auf der weltweiten Blühliste botanischer Gärten sein.

**MIGRATIONSHINTERGRUND.** Die Titanwurz gehört zur Familie der Aronstabgewächse. *Amorphophallus* ist ihr Gattungsname und heisst so etwas wie ungestalter, unförmiger Stängel oder Penis. Nur eine Art der Aronstabgewächse bringt aber einen Kolben hervor, der die Bezeichnung «titanum» verdient. Das wird die Basler Pflanze nächste Woche hoffentlich beweisen.

Nach Basel ist die *Amorphophallus* als Heranwachsende gekommen, aus dem Bonner Botanischen Garten. Dort versteht man sich sehr gut mit der Pflanze. Sie muss konstant in warmer feuchter Atmosphäre gehalten und gegen direktes Sonnenlicht, aber auch gegen Schädlinge geschützt werden, die sich liebend gerne hinter die titanischen Ersparnisse

machen würden. Als vor lauter Erfolg in Bonn gar der Platz auszugehen drohte, rief man im befreundeten Basel an, ob Interesse bestünde. Heinz Schneider fuhr sofort nach Bonn und kam mit dem Titanen im Topf zurück.

In Basel hat es dem deutschen Migranten mit indonesischem Hintergrund offenbar gut gefallen. Schneider führt das auf guten Bonner Rat, aber auch auf das neben dem ersatzbedürftigen Tropenhaus stehende hochmoderne kleinere Gewächshaus zurück, das automatisch gesteuert werden kann. Hier wird die Riesenblume nächste Woche in ihrer Pracht vor einer Spiegelwand stehen, hier wurde die Pflanze seit Ende März alle zehn Minuten von einer Webcam aufgenommen und in einer Galerie auf der Webseite abgebildet. Dass der Blühtag wahrscheinlich auf den Gründonnerstag fallen wird, schliesst man aus dem Vergleich mit Bonner Wachstumskurven. Jetzt muss sich die Titanwurz nur noch daran halten.

**EIN BLATT WIE EIN BAUM.** Wen wundert noch, dass die *Amorphophallus* auch einen bemerkenswerten Lebenszyklus hat (siehe Zeichnung oben): Klappert es mit

### Was ist wann zu sehen?

**VORBESUCHE.** Wer bereits jetzt einen Blick auf die noch geschlossene Titanwurz werfen will, kann dies ab morgen Samstag tun. Bis zur Blütenöffnung werden täglich von 12 bis 19 Uhr immer zur vollen Stunde Führungen durchgeführt. Besammlung beim Foyer des Tropenhauses (neben Spalentor). Beitrag 5 Franken, Kinder bis 12 Jahre gratis.

**AB BLÜTENÖFFNUNG.** Sobald sich die Titanwurz zu öffnen beginnt, wird der Garten für 24 Stunden rund um die Uhr geöffnet. Zeitpunkt der Blütenöffnung und die Besichtigungszeiten an den nachfolgenden Tagen werden im Internet bekannt gegeben (siehe unten). Der Garten wird beleuchtet, es gibt Infostand, Spielecke und Beiz. Eintritt 10 Franken, Kinder bis 12 Jahren 5 Franken. Mit längeren Wartezeiten muss gerechnet werden, bitte Geduld und gute Laune mitbringen.

> [titanwurz.unibas.ch](http://titanwurz.unibas.ch)

der Befruchtung, reifen rund um den Stängel etwa 300 bis 500 rote dattelgrosse Früchte heran. Bis zu neun Monate lang steht dieser reich gedeckte Tisch hungrigen Schnäbeln zur Verfügung, zum Beispiel den Nashornvögeln. Sie verbreiten die Samen mit den Früchten. Im Boden bildet sich aus dem Samen eine Knolle, aus der ein einziges zunächst noch kleines Blatt wächst. Im Blatt wird nun erster Zucker produziert und in die als Sparstrumpf dienende Knolle gesteckt. Nach dem Abwelken ist Ruhe, bis das nächste Blatt produziert wird; die Knolle ist nun schon dreimal schwerer geworden. Fünfmal hat die Basler Titanwurz ein Blatt gebildet, immer grösser und immer mehr einem Baum gleichend. Am Blattstiel simulieren Flechtenflecken die Rinde eines Baumes. Wer sich da vierbeinig nähert, wird ausweichen wollen, um nicht hart aufzuprallen. In fünf Runden legte die Basler Knolle an Gewicht zu, bis sie über zwanzig Kilo wog. Der Zeitpunkt ist gekommen, an dem die Titanwurz mit ihren Vorräten einen ersten Blühsprung wagen wird. Schon letztes Jahr war Heinz Schneider darauf gefasst, dass es im Herbst so weit sein könnte. Doch die Basler Wurz nahm sich ein weiteres Time-out. Jetzt aber eilt die Pflanze in Riesenschritten auf ihre Gipfelzeit hin, elf Zentimeter ist sie allein von Montag auf Dienstag gewachsen.

**NEUER ANLAUF.** Im Blütenstand der Titanwurz sitzen sowohl männliche als auch weibliche Blüten. Sie liegen in zwei Bändern voneinander getrennt, verborgen im kesselförmigen Bauch des Hüllblattes. Sich selber kann die Pflanze nicht bestäuben; die Insekten braucht es also auf jeden Fall, um Pollen fremder Blüten zu bringen. Darum wird es auch in Basel nicht zur Befruchtung kommen.

Hat die Titanwurz ihr Ziel verfehlt und wurde nicht befruchtet, so nimmt die Pflanze einen neuen Anlauf. Sie kratzt ihren Notvorrat zusammen, treibt ein neues Blatt und vergrössert die Knolle, bis sie wieder blühen kann. Knollen von bis zu 200 Kilo Gewicht können da entstehen. Hat auch das keinen Erfolg, so teilt sich die Knolle und versucht so, wenigstens auf vegetative Weise noch etwas Verbreitung zu finden.

# Knut als 3-D-Projektion

Der Berliner Eisbär ist tot – doch inzwischen weiss man mehr über ihn als je zuvor

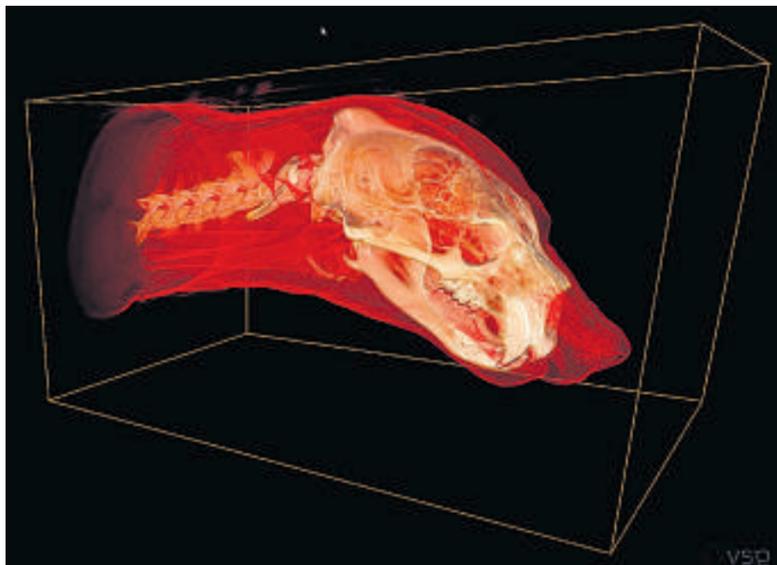
BENEDIKT VOGEL, Berlin

**Der Medienhype um den Berliner Eisbären Knut dauert über seinen Tod hinaus. Die Popularität des Tieres ist für die Wissenschaftler ein Segen: Sie können der Öffentlichkeit modernste Visualisierungstechnik vorführen.**

Eisbären werden rund zwanzig Jahre alt. Knut aber, dessen Geburt im Berliner Zoo im Dezember 2006 zu einem Weltereignis geriet, starb schon mit vier Jahren. Vor einem Monat ertrank er nach dem Sturz in ein Wasserbecken. Wie immer, wenn Prominente sterben, jagten sich die Gerüchte: Litt der Eisbär aufgrund von Inzucht an einem angeborenen Gendefekt? Wurde er gar vergiftet? Das Leibniz-Institut für Zoo- und Wildtierforschung (IZW) in Berlin, das den toten Eisbären untersuchte, wollte angesichts der neugierigen Öffentlichkeit schnell Klarheit schaffen. Noch bevor das Tier seziiert wurde, gab eine Untersuchung im Computertomografen (CT) erste Hinweise auf die Todesursache: Sie lag weder im Magen noch in den Genen, sondern im Gehirn.

Auf der Grundlage der CT-Daten stellten die Pathologen eine leichte Asymmetrie in den Hirnventrikeln fest, den mit Hirnwasser gefüllten Hohlräumen. Ursache war eine Gehirnentzündung; das hat später die Untersuchung der entnommenen Gewebeprobe bestätigt. «Knut hatte eine starke Enzephalitis, die der Auslöser dafür war, dass er die Koordination verlor und ertrank», fasst IZW-Wissenschaftler Thomas Hildebrandt die Diagnose zusammen. Als Verursacher der Entzündung kommen Parasiten oder, wahrscheinlicher, Viren infrage. Bislang konnte der Erreger noch nicht bestimmt werden.

Nicht alle Beteiligten hatten Freude an dem medialen Ratselraten über Knuts Todesursache. Zoodirektor Bernhard Blaszkiewicz untersagte seinen Mitarbeitern eine offensive Öffentlichkeitsarbeit. Dies zum Leidwesen der beteiligten Forscher: Für sie ist das öffentliche Interesse am



Frei drehbar. Der Schädel von Eisbär Knut, scheinbarweise geröntgt. Foto IZW Berlin

Promi-Eisbären nämlich eine gute Gelegenheit, für die neuen, interdisziplinären Wege zu werben, die sie mit ihrer Forschung beschreiben.

**DRAHTGITTERMODELL.** Das beginnt bei dem Computertomografen, mit dem Knuts toter Körper scheinbarweise geröntgt wurde. Das Präzisionsinstrument des IZW ist für Tiere bis zu 300 Kilogramm Gewicht und zwei Metern Länge ausgelegt und damit grösser als die gemeinhin verwendeten Geräte. Mit der Aufzeichnung von 128 Schichten in 0,3 Sekunden arbeitet der Tomograf auch ungewöhnlich schnell. Das hat zum Beispiel den Vorteil, dass bei der Untersuchung lebender Tiere die Narkosezeiten kurz gehalten werden können. Knut ist nach Auskunft der Berliner Forscher wohl der erste Eisbär, der je mit einem CT untersucht wurde.

Nicht nur mit der Computertomografie beschränkten die Forscher neue Wege, sondern auch dadurch, wie die CT-Daten weiterverarbeitet wurden. Das Mathematische Institut der Technischen Universität Berlin rechnete die Daten in 3-D-Modelle um. Die dabei verwendete Segmentierungstechnik führt zu einem Drahtgittermodell. Das Modell erlaubt die Visualisierung der 3-D-Daten durch Projektion, und die Anfertigung von Gipsmodellen.

Der Nutzen solcher Veranschaulichungen wird unter Wissenschaftlern allerdings kontrovers diskutiert. Für die einen eine teure Spielerei, sind andere überzeugt, das Innenleben von Tieren könne auf diese Weise anschaulicher dargestellt werden. So fanden die Berliner Forscher bei der Untersuchung von Knuts 840 Gramm schwerem Gehirn bestätigt, dass das Riechhirn des Eisbären etwa dreimal stärker

ausgeprägt war als bei einem Hund, der ja ebenfalls für seine feine Nase bekannt ist. Eisbären riechen Robben, ihre Beute, auf einen Kilometer Distanz.

Die Berliner Forscher sind überzeugt, dass 3-D-Technik die Analyse- und Diagnosearbeiten in der Wildtiermedizin verbessert, weil die CT-Daten noch vor der Sektion des Tieres erhoben werden. Sobald der Pathologe nämlich das Tier seziiert, bestehe die Gefahr, dass durch den Eingriff das Hirn beschädigt oder seine Geometrie verändert wird. «Erst die 3-D-Technik erlaubt die genaue Berechnung des Gehirnvolumens», betont Ben Jas-tram, Diplomingenieur und Leiter des 3-D-Labors an der Technischen Universität.

**JOYSTICK.** Das IZW in Berlin arbeitet in den Bereichen Evolutionsökologie und Wildtierkrankheiten. Solche Forschung ist Grundlage für wissenschaftlich begründeten Artenschutz. Um den Schutzgedanken zu propagieren, stelle die neue 3-D-Technik ein wichtiges Instrument dar, ist IZW-Wissenschaftler Hildebrandt überzeugt: «Wir wollen die Einstellung der Menschen ändern, um den Lebensraum von Tieren besser schützen zu können.» Dafür müsse die Wissenschaft nicht nur Grundlagenforschung betreiben, sondern auch Aufmerksamkeit in der Öffentlichkeit erregen.

Die 3-D-Präsentation von CT-Daten sei für dieses Ziel ein vielversprechender Weg, sagt Hildebrandt. Die Technik spreche auch interessierte Jugendliche an. Schon heute lassen sich die 3-D-Projektionen interaktiv nutzen: Anders als bei einem 3-D-Film kann der Betrachter die 3-D-Projektion mit einer Art Joystick ergreifen, beliebig drehen und mit 3-D-Brille von allen Seiten betrachten. Fernziel der Forscher sind animierte 3-D-Bilder. So liess sich beispielsweise das Herzschlagen eines lebenden Tigers darstellen. Zurzeit ist dafür aber die Rechenleistung der Computer noch nicht gross genug.

## Bären willkommen

In Spanien ist der Braunbär Identifikationsfigur

ANDREAS LORENZ-MEYER

**Im Kantabrischen Gebirge in Spanien sorgt eine Wildtierstiftung dafür, dass sich die Braunbärenpopulation langsam wieder erholt. Die Rückkehr der Tiere wird von der Bevölkerung als Chance verstanden.**

Eine Motorsäge heult durchs Valle de Trubia, aber Tola lässt sich durch den Krach nur kurz aus der Ruhe bringen. Dann stürzt sie sich wieder auf ihr Mittagsmenü. Mit einem geschickten Tatzehieb öffnet die Bärin eine Orange, auch Erdnüsse werden vorsichtig geöffnet. Kurz darauf bleiben nur noch Schalen und Hülsen liegen. Tola ist jetzt satt und wackelt davon. Ihre Geschichte kennt jedes Kind in den engen Bergtälern Asturiens, südwestlich von Oviedo. Vor 20 Jahren wurde die Mutter von Wilderern erschossen, und Tola kam ins Freigehege beim Ort Proaza. Dank regelmässigen Mahlzeiten bringt sie nun wesentlich mehr auf die Waage als ihre wilden Artgenossen im Gebirge.

Dort macht Roberto Hartasánchez seine Kontrollgänge. 1983 gründete der 57-jährige Asturier die Wildtierstiftung Fapas, die inzwischen von mehr als 15 000 Spendern unterstützt wird. Damals sah es nicht gut aus für den Braunbär, der einst durch ganz Spanien streifte. Vor allem wegen der Trophäenjagd war er vom Aussterben bedroht. Mittlerweile tappen wieder 150 Exemplare durch die unzugänglichen Wälder des Kantabrischen Gebirges. Vor allem im westlichen Bärengebiet, dem Wirkungskreis von Fapas, hat sich die Population erholt. Allein im Valle de Trubia stieg die Bärenzahl von 0 auf 25, darunter sind drei Weibchen mit Jungen.

**AASFRESSER.** Was ist das Geheimnis erfolgreichen Wildtiermanagements? «Ganz einfach», sagt Roberto Hartasánchez, «der Bär braucht etwas zum Essen.» Es giesst in Strömen an diesem Morgen, und der Naturschützer steht mit seinem Sombrero in einem Feld aus 600 Eisen-

stangen, die in exakten Abständen über einen Steilhang verteilt sind. In ein paar Jahren sollen hier 600 Ebereschen, Traubeneichen, Kastanien und Kirschbäume gewachsen sein – ein gedeckter Sommer-tisch für den Braunbären. Wenn die Bären im März mit knurrenden Mägen aus der Winterruhe erwachen, dann sind die Berge allerdings noch zugeschnitten und die Bäume tragen keine Früchte. In diesen kritischen Momenten sichern Tierkadaver das Überleben der Aasfresser.

**BRÜSSEL.** Vor acht Jahren aber kam aus Brüssel die Hygieneverordnung 1774/2002: Kadaver von Wiederkäuern müssen zur BSE-Vorbeugung entsorgt werden. In Spanien trat sogar eine verschärfte Regelung in Kraft, die auch Pferde und Esel zum Risikomaterial zählt. Die Verordnung sei eine Katastrophe, schimpft Hartasánchez: «Sie nimmt dem Bären die wichtigsten Proteinlieferanten weg.» Immerhin wurde die Verfütterung von Tierkadavern an gefährdete Wildtiere im April 2009 von der EU wieder erlaubt, diese Lockerung muss allerdings noch in nationales spanisches Recht umgesetzt werden. Bis dahin gilt eine Sonderregelung der asturischen Regionalregierung. Sie genehmigt das Auslegen von Kadavern auf landwirtschaftlichen Grundstücken («Fincas»), wenn diese mit einem Fahrzeug nur schwer zu erreichen sind. Und so trappeln auf dem abgelegenen Landgut «El Coronel» betagte Asturcón-Ponys über die Wiesen. Wenn sie sterben, lässt Fapas die Kadaver für die Bären liegen.

Nur wenn alles ganz still ist und keine Hunde bellen, nähern sich Braunbären nachts auch einmal den Bergdörfern. In den Wäldern hinterlassen die scheuen Tiere überall Spuren, zum Beispiel, wenn sie sich den Rücken an einem Baum reiben. Oder wenn sie ihrer Leidenschaft für Honig nachgehen. Mitten im Bärenrevier steht hinter dornigem Buschwerk ein verfallenes Haus. Der morsche Holz-



Gut genährt. Braunbärin Tola beim Mittagssmahl. Foto Andreas Lorenz-Meyer

balkon könnte jeden Moment herunterkrachen. Die Steinwände sind von Kratzspuren gezeichnet. «Der Bär hat sich den ganzen Honig geholt», stellt Hartasánchez fest und hält als Beweis die Überreste eines Bienenstocks hoch. Trotzdem ist der Braunbär bei den Menschen in den

Bergdörfern mittlerweile willkommen. Er wird nicht mehr nur als Honigplünderer gesehen, sondern auch als Identifikationsfigur für eine durch Abwanderung geschwächte Kulturlandschaft. Und so heisst das Valle de Trubia jetzt ganz ausdrücklich Valle del Oso, Bären-tal.



coffee talk

## Dialekte

VALENTIN AMRHEIN

Die Hälfte der rund 6000 Sprachen, die auf der Welt gesprochen werden, sind vom Verschwinden bedroht. Das steht in der aktuellen Ausgabe des «Atlas bedrohter Sprachen» der Unesco. In Deutschland sind 13 Regionalsprachen gefährdet. Dazu zählen Nordfriesisch, Ostfränkisch, Niedersächsisch und Limburgisch-Ripuarisch. Das erstaunt uns nicht, denn wir dachten sowieso, in Deutschland spräche man Hochdeutsch. Wer das glaubt, der gehe nach Lörrach, wo die Alteingesessenen sich einer Sprache bedienen, die Nicht-Alemannen nur schwer von Baseldeutsch unterscheiden können. Der werfe einen Blick in deutsche Nachrichtensendungen, in denen bayrische Politiker ein Hochdeutsch pflegen, angesichts dessen sich nun wirklich keine Schweizer Bundesrätin, kein Bundesrat auf Deutschlandreise für die eigene Aussprache schämen muss. Limburgisch-Ripuarisch, das ist zum Beispiel Kölsch. Wer mit der Popgruppe BAP vertraut ist, der kennt diesen Dialekt. Eine solche Sprache sprechen nicht nur Kölner, sondern 1,6 Millionen Menschen in den niederländi-

## Kölsch heisst in Bonn Bönnsch

schen und belgischen Grenzregionen, und eine Million in Deutschland; freilich heisst Kölsch in Bonn Bönnsch, und die regionalen Schattierungen werden im Rheinland fast so wichtig genommen wie bei uns. In der Schweiz werden acht Sprachen als bedroht gelistet, darunter Rätomanisch und Jiddisch ebenso wie Bairisch, das in Bayern, Österreich, und in Samnaun in Graubünden gesprochen wird. Auch die alemannischen Dialekte werden als unsicher eingestuft, obwohl 10 Millionen Menschen diese Sprache sprechen, in Baden und im Schwabenland, im Elsass und vor allem in der deutschen Schweiz. Kaum zu glauben, dass Schweizerdeutsch bedroht sein soll, beträgt doch die Verbreitung unter Deutschschweizern wohl nahe 100 Prozent. Wer in der Region das Alemannische retten will, der sollte vor allem bei deutschen und Elsässer Eltern dafür werben, dass sie mit ihren Kindern wieder Dialekt reden.

## Euro-Bären

**MÜNSTER-TAL.** Ausserhalb Russlands gibt es in Europa am meisten Braunbären in Rumänien (7000) und in den Balkanländern, zum Beispiel in Slowenien und Kroatien (je 800). In den schwedischen Wäldern leben bis zu 3000. Restbestände gibt es in Italien (50) und Spanien (170). Die deutschsprachigen Länder sind seit Jahrhunderten nicht mehr reguläres Bärenland. Seit 2005 besuchen fast alljährlich Braunbären aus den Trentiner Alpen vorübergehend das Münster-tal. amr

# Auch Vögel pfeifen Dialekt

Der biologische Sinn der Mundarten

VALENTIN AMRHEIN

**Kinder lernen die Sprache am besten von der Erzieherin oder von anderen Rollenvorbildern, nicht von CD-Geräten und Fernsehern. Das gilt auch für die Vogelwelt.**

Ist Schweizerdeutsch eine eigene Sprache? Das ist Ansichtssache, und die Antworten sind meist politisch motiviert und kaum wissenschaftlich zu begründen. Die Schweizer Dialekte gehen kontinuierlich über in die weiteren alemannischen Dialekte, in die Sprachen unserer Nachbarn im Badischen und im Elsass (siehe Karte). «Schweizer Alemannisch» wäre daher vielleicht die korrektere Bezeichnung, aber «Schweizerdeutsch» macht klar, worum es manch einem wohl geht: um ein Deutsch, das anders ist als das Deutsch der anderen.

Auch wenn Sprachwissenschaftler finden, Schweizerdeutsch sei eine Varietät der deutschen Sprache wie viele andere auch: Wenn eine Gruppe von Menschen die Standardsprache als Fremdsprache definieren möchte, dann hat sie natürlich alles Recht, das auch zu tun.

**MIKRODIALEKT.** Denn im Grunde hat ja jeder Mensch seine eigene Sprache. Jeder einzelne spricht einen sogenannten Idiolekt, mit individuellem Wortschatz, Aussprache, und Ausdrucksweise. Übernimmt die Tochter solche Dinge von der Mutter, dann sprechen die zwei bereits ihren Mikrodialekt, der sie von anderen abgrenzt. Dialekt ist Sprache ist Abgrenzung: «Wahrlich, du bist auch einer von denen; denn deine Sprache verrät dich», das musste sich schon der leugnende Petrus anhören. Wie weit die Abgrenzung durch Dialekte gehen kann, das ist besonders gut und politisch einigermaßen unverfänglich für die Sprache der Tiere untersucht worden.

Besonders sprachbegabt sind bekanntlich die Singvögel. Eine hübsche Art ist der Gimpel, der in alten Zeiten, als das noch erlaubt war, als Käfigvogel gehalten wurde. Der inzwischen verstorbene Vogelforscher Jürgen Nicolai hat in den 1970er-Jahren 15 solcher Gimpel bei Besitzern gefunden, die ihre Vögel selber aufgezogen und ihnen dabei etwas vorgepfiffen hatten. In der freien Natur gibt der Gimpel ein vogeltypisches Lied aus Trillern und etwas schrillen Pfiffen zum Besten. Anders unter menschlich kultureller Prägung: «Alle von Vorpfeifern abgerichteten Gimpel pfiffen die Melodien von bekannten Volksliedern klangschön und meistens auch mit einer sauberen Intonation», schreibt Jürgen Nicolai.

Und weiter: «Ein Gimpel-Männchen, das von Kanarienvögeln aufgezogen wurde, erlernte den Gesang des Kanariemännchens und gab ihn an seine Söhne weiter. Vier Jahre später sangen die Urenkel dieses Vogels noch die Kanariensprophen in unveränderter Form.» Ein menschengemachter Gimpeldialekt also, der in Freiheit den Tieren kaum genutzt hätte: Denn kein wilder Gimpel hätte ihn als Gimpelgesang anerkannt. Arttypischen Gesang singen bei den meisten Singvogelarten nur die Männchen, und



**Begabt.** Links der musikalische Gimpel, rechts die bestuntersuchte Dialektsängerin, die amerikanische Dachsammer. Fotos iStockphoto

der Gesang ist wichtig, um sich mit anderen Männchen um ein Revier zu balgen und um ein Weibchen anzulocken. Nun geht man inzwischen davon aus, dass es bei den meisten Singvögeln auch in freier Natur Dialekte gibt – und Dialekte sprechen auch andere Tiere, die ihre Sprache von sozialen Vorbildern lernen, wie Wale und Fledermäuse. Was für einen biologischen Sinn soll das haben?

**PAARUNGSTIMMUNG.** Eben genau den Sinn, dass Dialekte helfen können, mit anderen Männchen zu diskutieren und ein Weibchen anzulocken, sagen die Vogelforscher. Es scheint, dass weibliche Singvögel Männchengesänge aus ihrer Heimat gegenüber dem Gesang von weiter entfernten Artgenossen bevorzugen. Eine der bestuntersuchten Dialektsängerinnen ist die nordamerikanische Dachsammer. Die meisten Dachsammern singen und wiederholen nur eine einzige Gesangsstrophe, die etwa vier Sekunden dauert und aus lang gezogenen Pfiffen besteht, denen eine Reihe von Trillern folgen. Während diese Grundstruktur immer gleich ist, ändert je nach Region die Tonhöhe, Länge und Abfolge der Triller. Meist singen mehrere Hundert Männchen in einem Gebiet die gleiche Strophe, und nur einige Kilometer weiter singen alle Männchen eine andere Strophe.

Die Forscher hielten sich nun Weibchen im Labor, und brachten sie mit Hormongaben in Paarungstimmung. Dann spielten sie Gesang verschiedener Männchen vor, und die Weibchen signalisierten ihre eventuelle Zustimmung durch kauernde Stellung, Flügelzittern und Aufstellen des Schwanzes. Mit diesem Verhalten zeigen die Weibchen in der Na-

tur ihre Paarungsbereitschaft an. Im Labor reagierten sie damit fast ausschliesslich auf den Gesang der Männchen aus ihrer Heimatregion, nicht aber auf Männchen der gleichen Vogelart, die in 270 Kilometern Entfernung zu Hause waren. Auch im Freiland waren Männchen besonders beliebt bei den Damen, wenn sie den lokalen Dialekt sangen – bei ihrem eigenen Weibchen und beim Nachbarsweibchen. Heimdialekt singende Männchen hatten mehr Junge in Nestern anderer Weibchen befruchtet als Männchen mit fremdem Dialekt.

In einer aktuell in den «Biology Letters» erschienenen Studie hat die amerikanische Forscherin Elizabeth Derryberry freilebenden männlichen Dachsammern Gesang vorgespielt. Auch die Männchen interessierten sich vor allem für Gesänge aus der Region und näherten sich dem Lautsprecher weniger stark, wenn Gesänge aus der 50 Kilometer entfernten Nachbarpopulation gespielt wurden. Interessanterweise reagierten die Männchen auch stärker auf ihre Heimdialekte, wenn die vor wenigen Jahren aufgenommen worden waren, als auf 30 oder 40 Jahre alte Aufnahmen. Auch bei Singvögeln wandeln sich Dialekte im Lauf der Jahrzehnte, und die junge Generation scheint sich vor allem für die moderne Sprache zu interessieren.

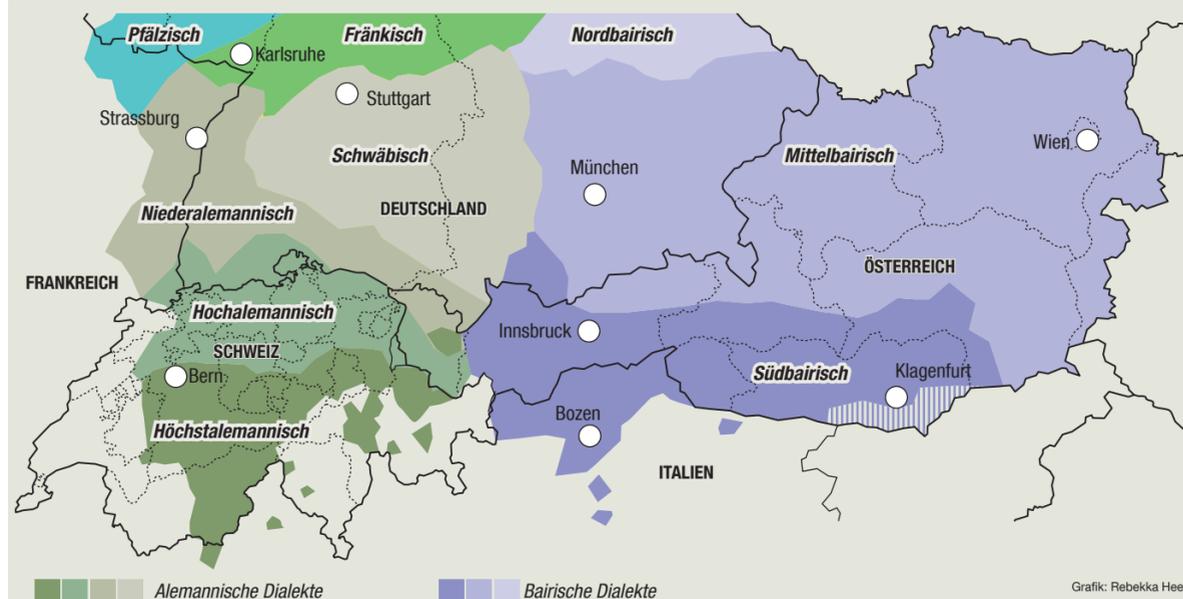
**GUT ANGEPASST.** Der biologische Grund, warum die Weibchen lokale Männchen bevorzugen, ist allerdings nicht ganz klar. Eine Hypothese ist, dass die Männchen aus der Region genetisch besonders gut an die Umgebung angepasst sind, eben weil bereits ihre Vorfahren schon dort lebten. Für diese Hypothese spricht,

dass Dachsammern, die den lokalen Dialekt singen, weniger Parasiten haben als Männchen mit fremden Dialekten – vielleicht weil ihr Immunsystem besser an die lokalen Krankheitserreger angepasst ist. Gegen die Hypothese spricht, dass viele Männchen mit lokalem Dialekt gar nicht aus der Region kommen, sondern zugewandert sind, und ihre Vorfahren in ganz anderen Gegenden zu Hause waren – viele lokal singende Männchen haben deswegen kein lokal angepasstes Erbgut, auch wenn es so klingt, als kämen sie von hier.

**STANDARDSPRACHE.** Denn Singvögel, anders als der Mensch, nehmen auch als Jugendliche noch gerne und schnell lokale Dialekte an; sie lernen nicht in erster Linie von den Eltern und im Kindergarten, sondern von ihren Nachbarn. Zwar gibt es eine besonders empfindliche Lernphase in den ersten Lebensmonaten, in denen jungen Singvögeln sogar ein CD-Gerät als Gesangsvorbild reicht. In der späteren Jugendzeit aber brauchen die Tiere sozialen Kontakt mit dem Lehrmeister, und das kann wie bei den Gimpeln sogar der Mensch sein.

Können wir daraus etwas für uns lernen? Vielleicht dies: Wer will, dass Menschenkinder sich in einer Sprache nicht fremd fühlen, der sollte dafür sorgen, dass sie lebendige Vorbilder haben und sich spielend an die Sprache gewöhnen können. Fernsehen und Hörspiele aus dem Lautsprecher sind wahrscheinlich kein guter Ersatz. Ob auch die Standardsprache solcherart gefördert werden oder eher Fremdsprache bleiben soll, das muss jede Gesellschaft für sich selbst entscheiden.

## SÜDLICHE DEUTSCHE DIALEKTGRUPPEN



**VIelfalt.** Vereinfachte Übersicht über die alemannischen und bairischen Dialektgruppen. Das klassische Stadt-Baseldeutsch ist der einzige Deutschschweizer Dialekt, der dem Niederalemannischen zugeordnet werden kann. Achtung: bayerisch ist das Bundesland, bairisch der Dialekt.

Grussbotschaften aus dem östlichen Alpenraum sind in Alemannisch und Bairisch zu hören unter [www.baz.ch/go/alpendialekte](http://www.baz.ch/go/alpendialekte)



**symptomatisch**  
Die medgate-Sprechstunde

## Minivampire

Zecken werden gemeinhin als gefährliche Parasiten betrachtet, die uns den Sommer vermiesen wollen. Sogar in den allgemeinen Sprachgebrauch hat die «Zecke» Eingang gefunden – auf Menschen bezogen kein sehr freundlicher Begriff. Man kann die Tiere aber auch aus einem anderen Blickwinkel betrachten. Diese Milben, die zur Klasse der Spinnentiere gehören, sind nämlich wahre Überlebenskünstler. Wenn sie auf Gestrüpp, Farne oder das Unterholz klettern, erklimmen sie Höhen von bis zu 1,5 Metern. Dies entspricht dem 500-Fachen der eigenen Körpergrösse. Zum Vergleich: Das würde bedeuten, Sie müssten für eine Mahlzeit auf etwa 875 Meter Höhe klettern. Wird die Zecke dann von der Pflanze abgestreift und landet auf einem Wirt, beginnt sie ihre Blutmahlzeit. Im Gegensatz zu Stechmücken ernähren sich bei den Zecken nicht nur die Weibchen, sondern auch die Männchen von Blut. Nach einer solchen Mahlzeit kann das Tier bis zu zwei Jahre fasten. Und obwohl Zecken bekanntermassen Krankheiten übertragen, sind bei Weitem nicht alle

## Bei Weitem nicht alle Zecken sind infiziert.

infiziert. Sollten Sie eine Zecke auf Ihrem Körper entdecken, entfernen Sie sie vorsichtig, indem Sie sie mit einer Pinzette direkt über der Haut fassen und gerade herausziehen. Bitte die Zecke nicht mit Öl vorbehandeln, denn das kann bei ihr zum Erbrechen führen, was unter Umständen ein erhöhtes Ansteckungsrisiko bedeutet. Sollten Teile der Zecke in der Haut bleiben, nehmen Sie bitte keine weiteren Manipulationen vor, sondern wenden sich an Ihren Arzt. Das gilt auch, falls Ihnen Hautveränderungen (z.B. kreisförmige Rötung) im Bereich der Einstichstelle auffallen. Die «Minivampire» sind nicht die angenehmsten Zeitgenossen, aber man sollte ihnen keine bösen Absichten unterstellen, sondern lediglich einen eigenen Überlebenswillen. Auf einen schönen, zeckenarmen Sommer!

Infos unter [www.medgate.ch](http://www.medgate.ch), [info@medgate.ch](mailto:info@medgate.ch) oder Tel. 061 377 88 44

## Computer

**SPIELE.** Wer an fünf bis sieben Tagen pro Woche zwischen 22 Uhr abends und 6 Uhr morgens Computerspiele spielt, hat ein höheres Risiko für depressive Symptome. Das fanden Forscher der Uni Basel heraus. Ein Grund könnte die Verschiebung des Schlaf-Wach-Rhythmus sein; möglicherweise sind bereits depressive Personen auch einfach eher nachts aktiv. Für Computerspiele am Tage fanden die Forscher keinen Zusammenhang mit Depressionen. amr

# Ruhe, bitte!

Neuartige vibrierende Fensterscheiben können Strassenlärm abhalten

ANDREAS LORENZ-MEYER

**Vor allem der Verkehrslärm von Autos, Flugzeugen und Zügen ist für unsere hohe Schallbelastung verantwortlich. Schweizer Wissenschaftler entwickeln Techniken, die in Zukunft für etwas mehr Ruhe hinter den Fenstern sorgen könnten.**

Schall tritt in verschiedener Form auf: als Ton, Klang, Geräusch oder Lärm. Ein Ton ist eine einzelne Sinusschwingung, zum Beispiel das durchdringende 1000-Hertz-Piepsen des nächtlichen Testbilds, wie es früher nach Sendeschluss im Fernsehen zu hören war. Was während eines schönen Konzertes an die Ohren dringt, wird wissenschaftlich als Klang eingestuft: die Vermischung von Tönen verschiedener Frequenz, also verschiedener Tonhöhe.

Bei der dritten akustischen Kategorie, den Geräuschen, ist die Frequenzmischung noch breiter und nicht mehr in einzelne Töne unterteilt. Geräusche kommen von einer Säge, vom Lastwagen oder von der Harley-Davidson. Bei diesem Motorradtyp wird klar, dass der Übergang vom Geräusch zum Lärm individuell verschieden interpretiert wird. Den Sound der Maschine empfindet der eine als Genuss, der andere als Krach.

Lärm ist aber nicht nur Geschmacksache: Er macht auch krank. Zum Beispiel können Herz-Kreislauf-Beschwerden durch lärmbedingten Stress verursacht werden, besonders wenn ein Mensch jede Nacht mehrmals von startenden oder landenden Flugzeugen aus dem Schlaf gerissen wird.

Stanislaw Pietrzko von der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt (Empa) versucht, dem Lärm etwas entgegenzusetzen. Keine schweren Schallschutzwände, sondern filigrane Plättchen, die so gross wie eine Streichholzschachtel sind. Sie bestehen aus Piezokeramik und gehören damit zu den sogenannten intelligenten oder aktiven Materialien. Diese Werkstoffe reagieren auf mechanischen Druck, indem sie elektrische Spannung erzeugen, und auf elektrische Spannung, indem sie sich verformen. Piezokeramik findet sich zum Beispiel im Feuerzeug und erzeugt auf Fingerdruck den elektrischen Zündfunken.

**EFFIZIENTES VIBRIEREN.** Eines Tages könnte das wundersame Material auch in den Fenstern unserer Häuser stecken, den akustischen Schwachstellen der Gebäude. Stanislaw Pietrzko entwickelte zusammen mit seinen Kollegen Manfred Morari und Oliver Kaiser vom Institut für Automatik



**Lärm macht krank.** Die Fenster sollen dichter werden, und die Autos leiser. Foto Keystone

an der ETH Zürich den Prototypen eines elektrisch geregelten Schallschutzfensters. Die Plättchen kleben dabei auf der Fensterscheibe und werden einer elektrischen Spannung ausgesetzt. Dadurch beginnen sie sich zu verformen und lassen die Scheibe vibrieren. Diese Gegenschwingungen können Lärm von draussen abwehren.

Wie viel Lärm die Fenster aufhalten können, das untersuchte Pietrzko im schalltoten Raum. Solch ein Raum ist mit schallschluckendem Schaumstoff ausgekleidet und lässt keinen Laut von aussen herein, selbst wenn ein Hubschrauber über dem Gebäude kreisen würde. Der eigentliche Clou ist aber das akustische Freifeld, das sich auch beobachten lässt, wenn ein Alpinist auf dem höchsten Gipfel weit und breit steht und einen Gruss in die Bergwelt hineinruft. Es kommt kein Echo zurück, weil die Luftschallwellen nirgends reflektiert werden.

Auch im schalltoten Raum gibt es keinerlei Echo. Beim Aufenthalt in solchen Räumen kommt man sich daher fast ein wenig verloren vor, weil kein Geräusch im Raumklang nachschwingt. Pietrzko montierte also ein Spezialfenster in die Wand des schalltoten Raumes und schick-

te dann Schallwellen dagegen. Es handelte sich dabei um tiefe Töne, Schallwellen also, die dem normalen Verkehrslärm entsprechen und Hindernisse wie Fenster meist mühelos durchqueren. So liess sich präzise bestimmen, wie viel Schall in den Raum gedrungen war – und wie viel die Scheiben mit der Piezokeramik aufgehalten hatten.

**TEURE KERAMIK.** Das Ergebnis konnte sich sehen lassen: Der Schallpegel war im Vergleich zu einem konventionellen Fenster mit Doppelverglasung um 14 Dezibel reduziert. «Für den Menschen ist das eine grosse Erleichterung», erklärt der Forscher. Denn schon eine Reduzierung um 10 Dezibel wird als Halbierung des Lärms wahrgenommen.

Zum Leidwesen lärmgeplagter Menschen gibt es auf der Welt aber noch kein einziges Haus, das Schallwellen mithilfe von Gegenschwingungen fernhält. Ein Problem sind die Kosten für die Elektronik, und dass die Keramiken zum Teil noch einzeln von Hand gefertigt werden müssen. Trotzdem würde er erwarten, dass sich solche Spezialfenster bald durchsetzen, meint Pietrzko.

Ein anderer Ansatz ist freilich, die Produktion von Lärm zu reduzieren. Das Auto, die grösste und allgegenwärtigste unter den Lärmquellen, könnte in Zukunft gedämpftere Geräusche von sich geben: Wenn das Zeitalter des Elektroautos beginnt. Richtig leise wird es aber auch mit den geräuscharmen Antrieben nicht. Denn sobald ein Fahrzeug schneller als Tempo 50 fährt, geht das dominante Geräusch nicht mehr vom Motor aus, sondern vom Abrollen des Reifens auf dem Strassenbelag und von den Windgeräuschen auf der Karosserie.

Zu leise werden Elektroautos sowieso nicht fahren dürfen. Weil sie sich ohne Getöse nähern und daher besonders Blinde und Sehbehinderte gefährden, wird auf Empfehlung der UNO wohl eine künstliche Mindestgeräuschkulisse vorgeschrieben. Die staatlich verordnete Extraportion Lärm für ein eigentlich leises Fahrzeug – seltsam ist das schon. Genau wie das Verhalten mancher Verbraucher, die lieber dröhnende Staubsauger und Motorräder kaufen, weil sie Lautstärke mit Leistung gleichsetzen. Und weil ja der Nachbar auch noch hören soll, wie viel Leistung man zu bieten hat.

## Nachtaktive Dinosaurier

Auch nach Sonnenuntergang war im Erdmittelalter noch viel los

KURT DE SWAAF

**Die Knochenstruktur ihrer Augen verrät, dass mehr Dinosaurier nachts unterwegs waren, als bislang angenommen wurde. Das betrifft sowohl Raubsaurier als auch Pflanzenfresser.**

Ein Flussufer vor mehr als 75 Millionen Jahren: Die Sonne ist vor knapp einer halben Stunde untergegangen, die Hitze des Tages verflüchtigt sich. Am Ufer sind mehrere grosse pflanzenfressende Dinosaurier eingetroffen. Sie trinken und bedienen sich an der üppigen Vegetation. Noch ist alles friedlich. Doch die Tiere sind wachsam, denn mit Einbruch der Dämmerung schlägt auch die Stunde der Räuber. Nur wenige Hundert Meter entfernt pirscht sich bereits ein Trupp Velociraptoren heran. Es wird kein ruhiger Abend.

Lange Zeit glaubten Wissenschaftler, dass Dinosaurier überwiegend tagaktiv lebten. Als wechselwarme Kreaturen seien sie auf Sonne und höhere Temperaturen angewiesen gewesen. Die Dunkelheit hätte dafür den ersten Säugetieren gehört, deren Evolution bereits zu Saurierzeiten begann. Diese An-



**Grosse Augen.** Er war ein Jäger in der Dunkelheit, der *Velociraptor mongoliensis*. Foto Lars Schmitz

nahme ist offenbar falsch: Einer neuen Studie zufolge waren viele Saurierarten nacht- oder dämmerungsaktiv.

**KNOCHENRING.** Der Paläontologe Lars Schmitz und der Biologe Ryosuke Motani, beide an der University of California tätig,

haben Schädel von insgesamt 33 Archosaurier-Arten untersucht und dabei verräterische anatomische Merkmale im Augenbereich gefunden. Fossile Saurier, aber auch die heutigen Reptilien und Vögel, tragen im Augapfel einen sogenannten Skleralring aus kreisförmig an-

geordneten Knöchelchen am äusseren Rand der Hornhaut. «Bei den nachtaktiven Tieren ist der Skleralring gross, dünn und hat eine sehr grosse Öffnung», erklärt Schmitz.

Technisch gesehen funktioniert ein solcher Aufbau ähnlich wie die Einstellung einer Kame-

ra bei Dunkelheit: Eine weit geöffnete Blende und eine kleine Brennweite sorgen für ein helleres Bild, sagt der Forscher. Tagaktive Arten haben hingegen dickere Skleralringe mit einer kleineren inneren Öffnung. Dadurch wird das Auge vor zu viel Licht geschützt.

**ESSENSZEIT.** Die neuen Studienergebnisse wurden letzte Woche in «Science» veröffentlicht. Aufgrund des Skleralrings folgern die Forscher, dass die untersuchten Raubsaurier wohl entweder dämmerungs- oder nachtaktiv waren, genau wie viele heutige Raubtiere. Interessanterweise dürften jedoch auch viele Pflanzenfresser nach Anbruch der Dunkelheit unterwegs gewesen sein.

Der vermutliche Hintergrund: Die riesenhaften Pflanzenfresser brauchten einfach mehr Zeit, um satt zu werden, und der Tag war dafür zu kurz. Ausserdem dürften vor allem Giganten wie Plateosaurus während der Mittagshitze geruht haben, um einen zu starken Temperaturanstieg ihrer riesigen, nur schwer kühlbaren Körper zu vermeiden.



coffee talk

## Dialekte: Suite et fin

VALENTIN AMRHEIN

Wissenschaftler suchen bekanntlich immer für alles eine Erklärung. Und häufig auch einen Sinn, selbst wenn sie es selber nicht so nennen würden. Die Sinnggebung ist wohl der Grund, weshalb sich viele Leute für wissenschaftliche Erklärungsversuche von unerklärlichen Dingen interessieren. Besonders beliebt: «Männer sind immer so (...), weil sie dadurch früher besser Mammut jagen konnten.» Vor einer Woche stand auf dieser Zeitungsseite, dass auch Dialekte biologisch sinnvoll sind. Weibliche Vögel finden Männchen mit lokalem Dialekt ganz besonders reizvoll. Das hat den Sinn, dass lokale Männchen einfach besser wissen, wie man sich lokal durchs Leben schlägt. Weibchen, die auf Dialekte fliegen, ziehen deswegen mehr Kinder gross, und die mögen ihrerseits Dialekte. So verbreiten sich die Dialektmögliche-Gene in der ganzen Welt der Vögel.

## Dialekt als Abfallprodukt des Lernens von Gesängen.

Wenn Sie finden, das beträfe Sie nicht, denn Menschen seien nun mal keine Vögel, dann haben Sie vielleicht recht. Zum Glück gibt es, wie immer in der Wissenschaft, viele alternative Erklärungen für die Existenz von Dialekten. Eine davon lautet: Dialekte sind biologisch sinnlos. Sie existieren als Abfallprodukt der kulturellen Weitergabe von Gesängen. Vögel und auch Menschen müssen ihre Gesänge von Vorsingern lernen, und wie das beim Lernen so ist, passieren Fehler. Die Bewohner der Stadt (...) haben also einfach bei ihren Lehrern nicht genau zugehört, und deswegen sprechen sie anders als wir. Für Dialektbildung durch Lernfehler genügt es, wenn ein paar Schulkinder den gleichen Fehler machen – schon ändert sich das Klangbild in der Klasse. Weil sich die Kinder an der durchschnittlichen Gesangsweise orientieren, singt die ganze Klasse auf die gleiche Weise falsch und anders als die eigenen Eltern (wer selber Kinder hat, kann das bestätigen). Finden Sie diese Erklärung schöner? Ich nicht.

## Depression

**KUSCHELHORMON.** Haben Schwangere einen tiefen Pegel des «Kuschelhormons» Oxytocin im Blut, steigt ihr Risiko, nach der Geburt Symptome einer Wochenbettdepression zu entwickeln. Das berichten Forschende der Universität Basel in der Online-Ausgabe von «Neuropsychopharmacology». Ein besseres Verständnis dieser Mechanismen könnte dazu beitragen, eine vorbeugende Behandlung gegen die Wochenbettdepression zu entwickeln. amr

# Ein unterschätztes Essproblem

Drei Prozent der Bevölkerung erleiden regelmässig unkontrollierbare Essanfälle

KURT DE SWAAF

**Das haltlose Hinunterschlingen grosser Speisemengen (Binge Eating Disorder) führt zu psychischem Leid und körperlichen Folgeschäden. Forscher der Universität Freiburg im Breisgau testen nun eine neue, internetbasierte Behandlungsmethode.**

Wenn es passiert, gibt es kein Halten mehr. Ein Pfund Käse am Stück, drei ganze Cervelat, eine Tüte Chips, eine Tafel Schokolade und am Ende vielleicht noch die Nudeln von gestern, direkt aus dem Kühlschrank – alles binnen kürzester Zeit verschlungen. Mit Lust am Essen hat das wenig zu tun.

Wer sich häufig solchen Essattacken hingibt, leidet wahrscheinlich unter der Binge Eating Disorder, kurz BED. Weil die deutsche Übersetzung mit «Fressgelagestörung» nicht sehr dezent klingt, wird meist die englische Bezeichnung benutzt. Es handelt sich um eine Essstörung, die sich vor allem durch ein intensives Gefühl des Kontrollverlusts auszeichnet.

«Die Betroffenen leiden sehr stark darunter, weil sie dem Anfall völlig ausgeliefert sind. Sie können nicht aufhören und essen, bis ihnen schlecht wird», erklärt die Psychologin Jennifer Svaldi von der Universität Freiburg im Breisgau. «Binge Eater» schämen sich zutiefst für ihre Anfälle. Im Gegensatz zu Patienten mit Bulimie greifen sie jedoch nicht zu sogenannten Kompensationsmassnahmen; das heisst, sie stecken sich nicht die Finger in den Hals, um zu erbrechen.

**FAMILIENSTRESS.** In Mitteleuropa sind schätzungsweise drei Prozent der Bevölkerung von BED betroffen. Das ist deutlich mehr als der Anteil der Magersüchtigen (1–2 Prozent), auch wenn letzteres Problem viel stärker in der Öffentlichkeit bekannt ist. Die geringe Beachtung des Binge Eating sei allerdings ein Fehler, meint Jennifer Svaldi. Die Störung führe bei den Betroffenen zu gravierendem Übergewicht, deshalb gehe BED langfristig mit schwerwiegenden medizinischen Komplikationen einher: Die Patienten haben ein 3,5-fach erhöhtes Sterberisiko.

Nach bisherigen Erkenntnissen wird BED durch Defizite in der emotionalen Regulierung ausgelöst. Die Betroffenen sind



**Dessert?** Für wen das nur eine Kleinigkeit ist, der kann sich jetzt im Internet therapeutische Hilfe holen. Foto iStockphoto

nicht in der Lage, Probleme kognitiv oder durch andere körperliche Aktivität sinnvoll zu bewältigen, und unterdrücken stattdessen ihre Emotionen. Das Binge Eating funktioniert dann wie ein Blitzableiter für die angestauten negativen Gefühle.

Typische Auslöser für eine Essattacke sind Streit in der Familie, Stress mit dem Chef, aber auch das Betrachten des eigenen Körpers beim Anprobieren neuer Kleidungsstücke. Auch der Anblick von Essen kann bei BED-Patienten zu einem Anfall führen, ohne dass schlechte Stimmung im Spiel ist. Typischerweise stürzen sich die Betroffenen auf süsse und fetthaltige Lebensmittel. Die Obstschale bleibt bei Essanfällen meistens verschont.

Die Heilungschancen stehen für BED-Patienten, anders als bei Bulimie und Magersucht, recht gut. Der Behandlungserfolg liegt bei etwa 70 Prozent. Man muss sich allerdings einer gezielten psychologischen Therapie unterziehen. Spontanheilungen gäbe es kaum, warnt Jennifer Svaldi: «Von alleine wird es nicht besser.»

Die Betroffenen müssen vor allem erkennen lernen, welche persönlichen Auslöser es für ihre Essanfälle gibt, und anschliessend individuelle Strategien zur Vermeidung solcher Attacken entwickeln. Der Therapeut hilft ihnen dabei. Es ist auch wichtig, psychisch bedingten Heissunger von normalem, körperlichem Appetit unterscheiden zu lernen. Wenn der Magen knurrt, bedeutet das nicht gleich Alarm.

**HILFE IM INTERNET.** Jennifer Svaldi und ihre Kollegen haben im Oktober 2010 das Projekt Interbed gestartet. Es handelt sich um eine Studie zur Wirksamkeit eines neuen, internetbasierten Selbsthilfeprogramms. Die Patienten werden dabei einmal wöchentlich online von einem Therapeuten beraten. Als Hausaufgabe führen sie detaillierte Essprotokolle und beantworten eine Fragenliste, die auch Beispiele zum Erlernen von alternativen Bewältigungsstrategien bei Stresssituationen enthält. Der Zugang über das Internet senke

die schambedingte Hemmschwelle, erklärt Jennifer Svaldi. Die Therapie dauert vier Monate. Auch Interessenten aus der Schweiz können sich für die Teilnahme bewerben (siehe unten).

In der Nordwestschweiz haben Forscher der Universitäten Basel und Lausanne gemeinsam eine Internetbefragung von jungen Erwachsenen zum Thema Essstörungen durchgeführt. 2,9 Prozent der Befragten leiden demnach unter Binge Eating, berichtet Sophia Fischer vom Lausanner Institut für Psychologie. Die Behandlungsmöglichkeiten seien hierzulande noch viel zu gering, so die Expertin. Leute mit BED haben oft keinen Zugang zu spezialisierten Angeboten, man schickt sie in allgemeine Psychotherapien oder in die üblichen Programme zur Gewichtsreduktion. «Die Krankheit wird häufig nicht als psychologisches Problem erkannt», sagt Sophia Fischer.

> Weitere Informationen zu Interbed unter [www.ednet-essstoerungen.de](http://www.ednet-essstoerungen.de)

## Mit Rhythmus gegen Alzheimer

Eine Übungsmethode mit Musikbegleitung kann die Hirnleistung älterer Menschen verbessern

THOMAS PFLUGER

**Am Universitätsspital Basel wird untersucht, wie sich die geistigen Fähigkeiten im Alter verändern. Die Spezialisten möchten dazu beitragen, Alzheimer früher zu erkennen oder sogar hinauszuzögern.**

Die «Memory Clinic» der Akutgeriatrie ist die wichtigste Anlaufstelle für Alzheimer-Patienten im Basler Universitätsspital. Ihr Leiter, der Neuropsychologe Andreas Monsch, befasst sich täglich mit den schwer kranken Menschen, ebenso wie sein Vorgesetzter, der Chefarzt Reto Kressig. Die beiden Fachleute behandeln aber nicht nur Kranke, sondern sie erforschen auch die Veränderungen, die das gesunde

Gehirn mit zunehmendem Alter durchmacht. Sie hoffen, dadurch mehr über die Frühstadien von Alzheimer herauszufinden.

«Alzheimer beginnt viele Jahre, vielleicht sogar Jahrzehnte vor den ersten Symptomen», sagt Kressig. «Könnten wir früher mit der Behandlung beginnen, liesse sich die Krankheit vermutlich deutlich verzögern.»

**VEREINSAMUNG.** Laut der Schweizerischen Alzheimer-Vereinigung leiden über 100 000 Personen in der Schweiz an Alzheimer oder einer anderen Form von Demenz, also an einer Beeinträchtigung der höheren Hirnfunktionen. Die Folgekosten betragen jährlich

über sechs Milliarden Franken. Nicht in barer Münze zu berechnen ist das Leid: Alzheimer führt oft nicht nur die Erkrankten in die Vereinsamung, sondern auch die betreuenden Angehörigen.

Dass das Gehirn mit dem Alter einen Teil seiner Leistungsfähigkeit verliert, sei ein ganz normaler Prozess, sagt Monsch. Mache sich der geistige Abbau im Alltag störend bemerkbar, sei ein Gang zum Hausarzt zu empfehlen. «Nicht immer ist es Alzheimer», erklärt der Neuropsychologe. «Gedächtnis und Wahrnehmung können unter anderem auch von einer Depression und bestimmten Medikamenten negativ beeinflusst werden.» Ist die

Hirnfunktion nur geringfügig reduziert, sprechen die Fachleute nicht von Alzheimer, sondern von einer «leichten kognitiven Störung». Die ist nicht unbedingt Vorboten einer schweren Erkrankung: Bei einem Teil der Betroffenen stabilisiert oder verbessert sich der Zustand wieder.

**GANGSICHERHEIT.** Auch eine leichte kognitive Störung kann allerdings zur Gefahr werden. Personen mit eingeschränkter Hirnleistung stürzen zum Beispiel häufiger als Gesunde. Unfälle gibt es vor allem, wenn das Gehirn durch das Gehen und eine weitere Aktivität doppelt beansprucht wird, etwa durch gleich-

zeitiges Telefonieren. Man weiss jedoch heute, dass sich das Gehirn trainieren lässt. Kressig und sein Team konnten zeigen, dass die Jaques-Dalcroze-Rhythmik, eine Übungsmethode mit Musikbegleitung, die Gangsicherheit älterer Personen verbessert.

Zwischen der Gangsicherheit und der Hirnleistung bestünde ein enger Zusammenhang, sagt Kressig. «Ich denke, dass ein Rhythmiktraining die Hirnfunktionen erhalten hilft.» Damit hat der Facharzt Anklang gefunden: Die kantonale Fachstelle für Gesundheitsförderung und Prävention Basel-Stadt bietet zusammen mit dem Seniorenforum seit letztem Jahr Dalcroze-Kurse an.

tipps zur erfahrungsmedizin

mit Dr. med. Silva Keberle\*



## Wenn das Ohr pfeift

Stille verbinden wir mit Entspannung, Erholung, dem Zu-Ruhe-Kommen. Ein erstrebenswerter Zustand. Nun stellen Sie sich vor, in Ihren Ohren würde es ständig klingeln, pfeifen, rauschen oder gar hämmern. Auch wenn es um Sie herum eigentlich ganz still ist, hören Sie ständig Geräusche. Mit dieser Art von akustischem Terror müssen sich Menschen auseinandersetzen, die an chronischem Tinnitus leiden. Tinnitus ist keine Krankheit an sich, sondern ein Symptom, das viele verschiedene Ursachen haben kann. Lärmschäden, Erkrankungen des Ohres oder Probleme mit der Halswirbelsäule können das Hörsystem so in Mitleidenschaft ziehen, dass der Betroffene ständig Geräusche hört, die sonst keiner wahrnimmt. Da es so viele mögliche Ursachen gibt, ist die Behandlung schwierig. Infusionen und Medikamente sind oft wirkungslos. Auch komplementärmedizinische Methoden schneiden bei der Tinnitus-Behandlung nicht viel besser ab; Akupunktur, Biofeedback oder Ginkgo-Präparate haben sich nicht als zuverlässig wirksam erwiesen. Am ehesten helfen Verhaltens-

## Bei Tinnitus ist Qigong vielleicht einen Versuch wert.

therapie und Entspannungstechniken. Ein aussichtsreicherer Kandidat scheint die chinesische Bewegungskunst Qigong zu sein: Tinnitus-Patienten, die im Rahmen einer kontrollierten Studie fünf Wochen lang ein Qigong-Training absolvierten, hatten nach dieser Zeit deutlich geringere Beschwerden als die nicht behandelten Vergleichspersonen. Die Ergebnisse sind vielversprechend, auch wenn es sich zunächst nur um eine Pilotstudie mit einer relativ geringen Zahl von 80 Versuchspersonen handelt. Vielleicht ist Qigong bei Tinnitus einen Versuch wert. Wenig Nebenwirkungen und geringe Kosten sprechen ebenfalls dafür.

\* Silva Keberle hat das Erfahrungsmedizinische Register EMR aufgebaut, das ein Qualitätslabel für Therapeuten der Komplementärmedizin vergibt. Nähere Informationen unter [www.emr.ch](http://www.emr.ch) und [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch)

## baz.cityforum: Alzheimer-Prävention

**SPEZIALISTEN.** Im BaZ CityForum beim Aeschchenplatz können sich BaZ-Leser am Mittwoch, 25. Mai 2011, ab 18 Uhr über die Prävention von Gedächtnisstörungen und Alzheimer informieren. Mit Prof. Dr. med. Reto W. Kressig und Prof. Dr. phil. Andreas U. Monsch von der Akutgeriatrie des Universitätsspitals Basel konnten zwei Alzheimer-Spezialisten von internationalem Format gewonnen werden. Gratis-Eintrittskarten gibt es am Schalter der BaZ am Aeschchenplatz, die Platzzahl ist beschränkt.



Foto: Ocburbox

## Die Forschung persönlich unterstützen

**STUDENTEILNEHMER.** Die Memory Clinic der Akutgeriatrie am Universitätsspital Basel sucht gesunde Personen, die sich für Studien zur Hirnleistung zur Verfügung stellen. Es handelt sich vorerst nicht um Medikamentenstudien. Untersucht wird zum Beispiel der Zusammenhang zwischen Hirnleistung und der Struktur des Gehirns. Dabei kommen modernste Techniken wie die Kernspintomografie zum Einsatz. Interessenten können sich informieren unter [www.memoryclinic.ch](http://www.memoryclinic.ch)

ANZEIGE

Was wollte ich im Keller nur wieder?

in flagrant weibegentur.baw



Bei Gedächtnisstörungen

**SYMFONEL forte**

Symfonel® forte, ein Ginkgo biloba-Spezialextrakt, wird angewendet bei Beschwerden wie Konzentrationsmangel, Vergesslichkeit, Schwindelgefühl und Müdigkeit infolge altersbedingter Durchblutungsstörungen im Gehirn.

Lesen Sie die Packungsbeilage. Vifor AG.

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

Vifor Pharma



Malerisch. Im Weinbaugebiet Lavaux am Genfersee bereiten Forscher den Schweizer Wein für das Wetter der Zukunft vor. Foto Keystone

## Wenn das Klima das Aroma wandelt

Viel Sonne und wenig Regen machen den Weinbauern zu schaffen

ANDREAS LORENZ-MEYER

**Zu viel Zucker, unvollständige Gärung, Pilzbefall: Das schöne Wetter kann unschöne Auswirkungen auf die Weine haben. Am Genfersee versuchen eidgenössische Weinforscher, die Anbaumethoden an den Klimawandel anzupassen.**

Selbstverständlich beurteilen Weinforscher einen Tropfen nicht immer nur nach mikrobiologischen Prozessen und Oechslegraden. Auch Wissenschaftler können einmal ins Schwärmen geraten. Der Favorit von Olivier Viret ist der Petite Arvine, eine uralte weisse Rebsorte, die an den steilen Südhängen der Rhone im Wallis gekeltert wird: «Dieser Wein schmeckt nach Zitrus, Rhabarber und rosa Pampelmuse – einfach phänomenal», sagt der Experte von der Eidgenössischen Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil.

Allerdings macht sich Viret Sorgen um die «schöne Säure» des Petite Arvine. Durch das wärmer werdende Klima sind Schweizer Weinberge zunehmender Besonnung ausgesetzt. Viel Sonne aber macht viel Zucker und viel Alkohol, denn der Zucker wird bei der Gärung in Alkohol umgewandelt. Die Weine werden dadurch irgendwann so alkoholisch und schwer, dass die Balance zwischen Zucker und Säure, das Geheimnis eines guten Weines, verloren geht.

**ZELLGIFT.** Nicht nur Weissweine wie der Petite Arvine, auch Rotweinsorten sind durch den Klimawandel gefährdet. Der Blauburgunder etwa erreicht jetzt schon annähernd 13 Prozent Alkohol. «Damit bewegen wir uns am Limit», sagt Viret. Denn der Alkohol wird durch Hefepilze produziert. Die Gärung wird aber ab einem Alkoholgehalt von 12,5 Prozent stark verlangsamt, weil der Alkohol als Zellgift wirkt und das Wachstum der Hefepilze stoppt. Bei zu hohem Alkoholgehalt stellt die Hefe also die Zuckerverwertung ein, sodass der Wein zu viel Restzucker ent-

hält. Im ersten Augenblick ist dann eine süssliche Note zu schmecken, wie bei Rotweinen sonst nicht üblich. Diese Restsüsse erzeugt beim Weintrinker rasch eine gewisse Ermüdung. Manchmal schleicht sich auch noch eine Note der Überreifung ein, etwa Töne von verbrannten Früchten.

Das Weinforschungsinstitut Agroscope liegt in Pully am Nordufer des Genfersees, standesgemäss umgeben von fünf Hektar Versuchsrebben im Anbaugebiet Lavaux. Die Weinbergterrassen von Lavaux wurden von der Unesco als eines von bisher zehn Schweizer Welterben anerkannt. Hier untersucht Olivier Viret, wie sich der Klimawandel auf den Weinbau auswirkt.

**SCHOKOLADE.** Das Problem ist nicht allein die zunehmende Kraft der Sonne. So vielschichtig wie der Geschmack eines guten Weines, so komplex sind eben auch die Folgen der Erderwärmung. Es wird nicht einfach nur wärmer, es kommt auch häufiger zu heftigen Gewittern und – das andere Wetterextrem – zu regelrechten Dürren.

Wie auch im Rest der Schweiz, so brachte der Frühling in Pully bisher wenig Regen: Statt 300 Millimeter Niederschlag, dem Mittelwert für die Jahre 1960 bis 1990, ist am Genfersee bis jetzt nur knapp die Hälfte gefallen, sodass Getreidefelder schon früh im Jahr bewässert werden mussten. Eine ungewohnte, ja beunruhigende Situation, die auch das Ökosystem Weinberg an einer für uns besonders empfindlichen Stelle besonders gefährdet kann: am Aroma des Weines.

In den Weinen der Welt soll es insgesamt mehr als 500 verschiedene Aromen geben. Beim Silvaner sind es Apfel, Stachelbeere und Quitte, beim Cabernet Sauvignon Schwarze Johannisbeere, Pflaume und Schokolade. Weinkenner können bei manchen Weinen sogar Spuren von Leder oder geschnittenem Gras heraus-schmecken. Verantwortlich für

diese Geschmacksstoffe ist neben dem «Terroir», dem generellen und geheimnisvollen Einfluss des Anbaugebietes, auch der Stickstoff, der für eine vollständige alkoholische Vergärung nötig ist. Denn wie alle Organismen, so brauchen auch Hefepilze zum Leben Stickstoff. Beim Chasselas muss es zum Beispiel eine Konzentration von mindestens 140 Milligramm Stickstoff pro Liter sein, idealerweise 200 Milligramm. Andernfalls können sich unerwünschte grasige und bittere Noten oder übelriechende Moleküle bilden.

Da im Boden nur wenig natürlicher Stickstoff vorhanden ist, helfen Winzer mit Düngung nach. Allerdings können Rebstöcke den Stickstoff erst aufnehmen, wenn er durch Wasser ge-

löst wurde. Dabei verlassen sich die meisten Schweizer Winzer immer noch auf den Regen. Wenn dieser aber, wie gegenwärtig vorhergesagt, nur in grossen zeitlichen Abständen fällt, dann geht den Trauben langsam der Stickstoff aus.

Nur im Wallis werden Sprengelanlagen zur Bewässerung genutzt. Diese althergebrachte Methode sollte aber durch die Tröpfchenbewässerung ersetzt werden, meint Viret. Dabei führen Rohre von Pflanze zu Pflanze: Auf diese Weise kann die Wasserzufuhr exakt gesteuert werden. Gut vorstellbar, dass Weinberge irgendwann ihr wissenschaftlich ermitteltes, computertechnisch optimales reguliertes Quantum Wasser erhalten. Aber das, so Viret, sei Zukunftsmusik.



Geschmackvoll. Die Petite Arvine ist eine uralte Rebsorte. Foto Agroscope

Eine andere Gefahr sind Pilzkrankheiten, die als Folge des wärmeren Klimas verstärkt auftreten. Besonders im feucht-warmen Tessin sind die Pilze aggressiver geworden. Viret spricht sich allerdings gegen das Spritzen von Chemikalien aus. Winzer sollten stattdessen auf Sortenresistenz setzen.

An der Forschungsanstalt Agroscope wurden in den letzten 15 Jahren über 100 verschiedene Kreuzungen entwickelt. Ein Geduldsspiel, meint der Weinwissenschaftler, aber nun sei eine Kreuzung aus der roten Rebsorte Gamaret, einer Neuzüchtung von Agroscope aus dem Jahr 1970, und dem weissen Bronner gelungen. Dieser Kreuzung kann der Mehltau nichts anhaben, weder der echte noch der falsche. Resistente Sorten seien der einzige Weg für einen glaubwürdigen ökologischen Anbau, so Viret. Damit könne man den Pilzbefall auch in einigen Jahrzehnten noch beherrschen.

**KLONE.** Die Schweiz ist eine besonders vielfältige Weinregion. Im Wallis werden Sorten angebaut, die es zum Teil nirgends sonst auf der Welt gibt, zum Beispiel Humagne rouge oder Cornalin, eine späte Sorte, die durch die Klimaänderung sogar besser reift als früher. Durch diese Artenvielfalt unterscheidet sich die Schweiz von globalisierten Weinregionen wie Australien und Südafrika, wo ausser Syrah, Merlot und Cabernet Sauvignon nicht viel zu trinken ist.

Agroscope erstellt nun Klon-sammlungen von den Hauptsorten, die aus den ältesten Schweizer Rebeständen stammen. Diese Klone stammen oft nur aus einer einzigen alten Pflanze und werden vegetativ vermehrt. Gesucht wird vor allem ein Klon mit viel Säure, damit der Wein selbst bei hohem Alkoholgehalt seine Frische bewahrt. Damit wird Olivier Viret hoffentlich auch in Zukunft seinen Petite Arvine genießen können.



coffee talk

## Atomkraft ist sicher...

VALENTIN AMRHEIN

...solange nichts passiert. Was hat uns Fukushima gelehrt? Wir wissen noch nicht, wie langfristig die Schäden sein werden. Wir wissen nicht, wie viele Menschen an den Folgen sterben werden. Die Frage ist auch, ob wir das jemals erfahren. Die Katastrophe von Tschernobyl hat 4000 Tote gekostet, sagt das Tschernobyl-Forum der UNO. Die Zahl der weltweiten Tschernobyl-Toten liegt mindestens zehnmal höher, sagen britische Wissenschaftler. Das Gefährliche um die Toten von Tschernobyl lässt uns vermuten, dass auch in Fukushima Zahlen Interpretationssache sein werden. Fakt ist: Die Sperrzone rund um Fukushima ist mehr als 1200 Quadratkilometer gross, wovon allerdings die Hälfte auf das Meer entfällt. Die Landfläche von Japan ist also 600 Quadratkilometer kleiner geworden.

## Atomkraftwerke brauchen eine völlig intakte Infrastruktur.

Das entspricht etwa der Fläche von Basel-Stadt und Baselland. Wir wissen nicht, wie lange diese Zone gesperrt bleiben wird, aber die 4300 gesperrten Quadratkilometer rund um Tschernobyl sind heute noch verlorenes Land. Gelernt haben wir auch: Atomkraftwerke sind nur dann knapp beherrschbar, solange die Infrastruktur eines Landes völlig intakt ist. Fällt der Strom aus, kann man Atomkraftwerke nicht einfach abschalten, denn ohne Kühlung frisst sich die Nachzerfallswärme den Weg in die Umwelt. Was passiert mit dieser Kühlung im Kriegsfall, oder bei einer noch grösseren Umweltkatastrophe, die ein ganzes Land lahmlegt? Atomkraftwerke geraten ausser Kontrolle, wenn der Strom, den sie selber liefern, nicht mehr fliesst. Wer immer sich dieses Prinzip ausgedacht hat, der hatte einen merkwürdigen Sinn für Humor. In der Filmsatire «Dr. Seltsam, oder wie ich lernte, die Bombe zu lieben» gibt es eine nicht abschaltbare «Weltuntergangsmaschine», die im Kriegsfall automatisch die Menschheit auslöscht und abschreckend wirken soll. Diese Maschine gibt es auch in Wirklichkeit.

## Effizienz

**SOLAR.** Wissenschaftler des Eidgenössischen Forschungsinstituts Empa haben die Effizienz der Energieumwandlung von flexiblen Solarzellen erneut gesteigert – auf den Rekordwert von 18,7 Prozent, eine wesentliche Verbesserung zum bisherigen Rekord von 17,6 Prozent, den dasselbe Team im Juni 2010 aufgestellt hatte. Flexible Dünnschicht-Solarzellen haben niedrigere Produktionskosten und sind leistungsfähiger als zurzeit handelsübliche Solarzellen. amr

# Wie gross ist das Restrisiko?

Drei von weltweit 212 Atomkraftwerken sind schwer verunglückt. Das sind 1,4 Prozent.

VALENTIN AMRHEIN

**Der Bundesrat hat den Atomausstieg beschlossen. Manche sagen, er hätte vorschnell gehandelt. Mit Fukushima hat sich aber unsere Einschätzung des Risikos tatsächlich verändert.**

Das Restrisiko ist ein verniedlichendes Wort für die Wahrscheinlichkeit, dass trotz der Sicherheitssysteme etwas passiert. Man könnte dazu auch einfach Risiko sagen. Die Wahrscheinlichkeit, dass in den anderen Atomkraftwerken der Welt ein Unglück eintritt, ist durch Fukushima natürlich nicht grösser geworden. Aber unser Wissen über das Risiko ist grösser geworden. Und dieses neue Wissen besagt, dass die Wahrscheinlichkeit, dass etwas passiert, grösser ist, als uns zuvor erzählt wurde.

Bereits in den 1970er-Jahren gab es Studien, die voraus sagten, dass es alle 10000 Betriebsjahre eine totale Kernschmelze geben könne. Bei einem solchen Unfall schmelzen die meisten der Brennstäbe in einem Reaktor und fressen sich im schlimmsten Fall durch die Reaktorhüllen («Super-Gau»). Wie wir in Fukushima sahen, vollzieht sich eine Kernschmelze automatisch, sobald aus irgendeinem Grund die Kühlung versagt.

**UNGLÜCKSLISTE.** Die 10000 Jahre galten pro Kraftwerksblock, also pro Reaktor. Weltweit wurden oder werden 442 kommerzielle Kraftwerksblöcke genutzt; demnach ist alle 23 Jahre irgendwo auf der Welt mit einer Kernschmelze zu rechnen. Das entspricht ziemlich genau dem Eintreffen der drei grossen Katastrophen: Bei der Kernschmelze 1979 in Harrisburg, USA, wurden radioaktives Wasser und Dampf freigesetzt. Kernschmelzen mit massivem Austritt von Radioaktivität gab es 1986 in Tschernobyl und 2011 in Fukushima.

Es gab ausserdem mindestens acht partielle Kernschmelzen, bei denen ein Teil der Brennstäbe schmolz, eine davon 1969 im schweizerischen Versuchsatomkraftwerk Lucens. Diese acht partiellen Kernschmelzen wollen wir für die folgende Risikoabschätzung der Einfachheit halber einmal vergessen, obwohl auch bei ihnen zum Teil beträchtliche Mengen Radioaktivität freigesetzt wurden. Ebenso ignorieren wir die partiellen Kernschmelzen in militärischen Anlagen und Atom-U-Booten, von denen vermutlich nicht alle öffentlich bekannt wurden.

**FÜNF PROZENT.** Es ist wohl sinnvoll, bei einer groben Risikoabschätzung nicht auf die einzelnen Kraftwerksblöcke zu blicken, sondern auf ganze Atomkraftwerke. Denn innerhalb eines Kraftwerks sind die Blöcke oft nicht unabhängig: Eine einzelne Ursache kann die Zerstörung mehrerer Kraftwerksblöcke einleiten. Im Falle von Fukushima war dies die gleichzeitige Überschwemmung fast aller Dieselgeneratoren, die zu längerem Ausfall der Stromversorgung und der Kühlung in vier Kraftwerksblöcken führte.

Die weltweit 442 Kraftwerksblöcke stehen also in 212 Atomkraftwerken. In drei dieser 212 Kraftwerke gab es, wie oben beschrieben, eine Kernschmelze, die zur Zerstörung der Anlage führte. Wir können damit eine durchschnittliche Kernschmelze-Wahrscheinlichkeit ausrechnen, die empirisch er-



**1979.** Das Atomkraftwerk Three Mile Island, Harrisburg, USA. Nach Ausfall der Kühlung fand eine Kernschmelze statt. Das Ablassen radioaktiven Dampfes verhinderte die Explosion. Foto Keystone



**1986.** Tschernobyl, Ukraine. Beim sicherheitstechnischen Versuch, einen Stromausfall zu simulieren, geriet der Reaktor ausser Kontrolle. Explosionen verteilten die Radioaktivität über Europa. Foto Keystone



**2011.** Fukushima Daiichi, Japan. Nach Erdbeben und Flutwelle fielen die Kühlsysteme aus. Es gab Kernschmelzen in den Reaktorblöcken 1 bis 3 sowie Wasserstoffexplosionen (Bild: Block 4). Foto Keystone

mittelt ist, also auf Beobachtung der Wirklichkeit beruht, nicht auf theoretischen Erwägungen.

Diese Kernschmelze-Wahrscheinlichkeit beträgt pro Atomkraftwerk 1,4 Prozent (3 geteilt durch 212). Bei vier Atomkraftwerken in der Schweiz wäre dann die Wahrscheinlichkeit, dass es in mindestens einem von diesen zur Kernschmelze kommt, zusammengenommen etwa 5 Prozent.

Diese Zahlen sind natürlich angreifbar. Die Experten sagen uns, das Risiko sei nicht für alle Atomkraftwerke gleich verteilt, denn Atomkraftwerke sind seit den 1970er-Jahren viel sicherer geworden. Und die unseren sind sowieso die sichersten. Das Problem ist nur: Das haben die Amerikaner auch gesagt, und die Japaner erst recht.

Bei allen drei Atom-Katastrophen ist der Unfall durch et-

was verursacht worden, das niemand vorausgesehen hatte. Dieser unbekannte Teil des Restrisikos lässt sich leider auch nicht zuverlässig schätzen. Ein meist nicht berechenbares Risiko ist zum Beispiel der Mensch. Die Katastrophen von Harrisburg und Tschernobyl wurden durch Bedienungsfehler ausgelöst. Und was sich menschliche Gehirne alles ausdenken könnten, um ein Atomkraftwerk willent-

lich zu zerstören, das wollen wir uns lieber nicht vorstellen; terroristische Anschläge werden auch nicht in die offiziellen Risikoanalysen einberechnet.

Prinzipiell gilt: Als potenziell Betroffene interessiert uns eigentlich nicht so sehr, warum welche Kraftwerke nach Meinung der Betreiber sicherer sind als andere. Wir sehen einfach, dass es bei 212 Atomkraftwerken zu drei schweren Unfällen gekommen ist. Und seit Fukushima sind es eben nicht mehr zwei, sondern drei Unfälle. Nur darauf kommt es leider an.

**GEDANKENSPIEL.** Eine gute Annäherung an das Restrisiko erhält man also, wenn man die Anzahl beobachteter Schadensfälle in Beziehung setzt zur Anzahl Atomkraftwerke. Gut 5 Prozent Eintrittswahrscheinlichkeit für eine totale Kernschmelze in der Schweiz, das war unsere Rechnung. Die ist wohl gemerkt zwar ernst gemeint, aber ein Gedankenspiel. Es geht hier nicht um die exakten Wahrscheinlichkeiten (die kein Mensch kennt), sondern um die Grössenordnungen.

Und 5 Prozent, das ist unglaublich viel. Zum Vergleich eine sehr häufige Ursache von Leid: Es gibt pro Jahr etwa 95000 Verletzte im nicht-beruflichen Strassenverkehr, Fussgänger inklusive. Die meisten sind zum Glück nur leicht verletzt und müssen nicht ins Spital. Nehmen wir an, dass etwa 6 Millionen Schweizer regelmässig auf Trottoir oder Strasse verkehren, dann liegt die Wahrscheinlichkeit einer Verletzung für jeden einzelnen bei 1,6 Prozent pro Jahr.

**VERSICHERUNG.** Selbstverständlich sind wir alle gegen Verkehrsunfälle versichert. Es gibt aber einen grundlegenden Unterschied zwischen Verkehrsunfällen und einer Kernschmelze. Läge Tschernobyl in der Schweiz, dann wären heute mit 4300 Quadratkilometern gut 20 Prozent der bewohnbaren Landesfläche gesperrt. Die Schweiz, wie wir sie kennen, hätte aufgehört zu existieren.

Es kursieren Schätzungen des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz über die langfristigen Kosten einer Tschernobyl-ähnlichen Katastrophe in der Schweiz von bis zu 4000 Milliarden Franken. Wegen dieser gigantischen Schadensgrösse kann man Atomkraftwerke nicht vollständig versichern.

**SUBVENTION.** Das Risiko tragen wir, die Steuerzahler. Und auch die Steuerzahler könnten 4000 Milliarden Franken nicht bezahlen: Das Schweizerische Bruttoinlandsprodukt betrug im Jahr 2010 496 Milliarden Franken. Das bedeutet: Schäden aus einer eventuellen Atomkatastrophe kann man wohl nicht wiedergutmachen. Das Risiko tragen wir, die Bewohner des Landes.

Wegen der möglichen hohen Schadensgrösse ist der Preis von Atomstrom, würde er korrekt berechnet, schon heute kaum mehr konkurrenzfähig. Es macht deswegen Sinn, Atomkraft nicht weiter auszubauen, und die erneuerbaren Energien mindestens ebenso zu fördern, wie wir heute schon indirekt die Atomkraft subventionieren. Denn Fukushima hat einmal mehr bestätigt, dass nicht nur die Schadensgrösse, sondern auch die Eintrittswahrscheinlichkeit einer Atomkatastrophe zu hoch ist.



**symptomatisch**  
Die medgate-Sprechstunde

## Restposten

Im häuslichen Arzneischrank befinden sich häufig angebrochene Tablettenpackungen, mit denen vergangene Erkrankungen behandelt wurden. Es scheint naheliegend, bei einer neuen Erkrankung auf die vorhandenen Medikamente zurückzugreifen. Davon ist aber grundsätzlich abzuraten, denn für jede Erkrankung müssen die Medikamente richtig gewählt werden. Auch wenn die Beschwerden gleicher Art sind, muss die Behandlung nicht dieselbe sein: Halsschmerzen können zum Beispiel durch einen viralen oder durch einen bakteriellen Infekt verursacht werden. Während die durch Bakterien verursachte Mandelentzündung mit Antibiotika behandelt wird, haben diese bei einer Infektion durch Viren keine Wirkung. Bei länger anhaltenden Beschwerden und solchen, die nach Anwendung der traditionellen Hausmittel keine Besserung zeigen, sollte eine medizinische Fachperson hinzugezogen werden. Es empfiehlt sich, alle ein bis zwei Jahre den Inhalt des Arzneischrankes zu überprüfen. Medikamente mit abgelaufenem Verfalldatum können in der Apotheke

## Abgelaufene Medikamente in der Apotheke entsorgen.

zur Entsorgung abgegeben werden. Augentropfen dürfen nach dem Öffnen maximal einen Monat angewendet werden. Achten Sie unbedingt darauf, dass die Medikamente für Kinder unerreichbar aufbewahrt werden. In den gut geordneten Arzneischrank gehören:

- > Vom Arzt verordnete, regelmässig einzunehmende Medikamente (z.B. Blutdrucktabletten, Herzmedikamente)
- > Fieberthermometer
- > Schmerzsenkende und fiebersenkende Mittel
- > Erkältungsmittel (Hustentropfen, Nasenspray)
- > Kühlpackungen
- > Sportsalbe, Rheumasalbe
- > Desinfektionsmittel (für kleinere Verletzungen)
- > Brand- und Wundheilsalbe
- > Verbandmaterial, Schere, Pinzette
- > Präparate gegen Durchfall, Magen- und Darmstörungen.

Infos unter [www.medgate.ch](http://www.medgate.ch), [info@medgate.ch](mailto:info@medgate.ch) oder Tel. 061 377 88 44

## Entschieden

**DEPRESSIV.** Depressive gehen Denkaufgaben analytischer an und treffen bessere Entscheidungen als Gesunde, sagen Forschende der Universität Basel. Depressive Probanden brauchten für die Auswahl von Kandidaten für einen Job länger, entschieden sich aber dann für die besseren Bewerber. Demnach fördert eine depressive Verstimmung die analytische und beharrliche Herangehensweise an Probleme und Entscheidungssituationen. amr



Es wird wärmer. Eisberg vor der Ostküste von Grönland. Foto Keystone

# Das grosse Schmelzen

Neue Studien zeigen, wie die polaren Eismassen schrumpfen

KURT DE SWAAF

**Die Meere steigen jedes Jahr um durchschnittlich drei Millimeter. Das liegt vor allem an der polaren Eisschmelze: Grönland und die Antarktis verlieren jährlich neunmal so viel Wasser, wie in den Bodensee passt.**

Die Meldung liess die Klimawandelskeptiker aufhorchen: James Houston und Robert Dean, zwei emeritierten US-Wissenschaftlern, schien eine kleine Sensation gelungen zu sein. Die beiden Gelehrten haben die seit mehr als 60 Jahren gesammelten Messwerte von insgesamt 57 Pegelstationen an den Küsten der Vereinigten Staaten und einigen Pazifikinseln präzise ausgewertet und die Ergebnisse im Fachblatt «Journal of Coastal Research» publiziert.

Der Meeresspiegel sei rund um die USA im Verlauf des 20. Jahrhunderts zwar kontinuierlich gestiegen, lautet das Fazit, aber eine Beschleunigung dieses Anstiegs sei nicht nachweisbar. Stattdessen lasse sich sogar eine geringfügige Entschleunigung erkennen. So mancher, der die weltweite Klimaerwärmung für ein Gespinnst überhitzter Forscherhirne hält, fühlte sich bestätigt. Zu Recht?

**PASSATWINDE.** Wohl kaum. Es ist ja nicht so, dass die Ozeane nicht steigen würden, erklärt der Autor der Studie, James Houston. «Satelliten haben zwischen 1993 und heute Steigungen von durchschnittlich etwa drei Millimetern pro Jahr gemessen. Aber wir wissen noch nicht mit Sicherheit, ob dies die Vorhut einer Beschleunigung infolge globaler Erwärmung ist.» Um allerdings die vom Weltklimarat IPCC vorhergesagte Gesamtsteigerung von bis zu einem Meter im Jahr 2100 zu erreichen, müsste der Anstieg der Meeresspiegel drastisch an Tempo zulegen. Und dies, so Houston, lasse sich anhand ihrer Daten aus den USA nicht erkennen.

Mojib Latif, Klimaexperte des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften in Kiel, wundert sich nicht über Houstons und Deans Zahlen. «Es gibt regionale Unterschiede», sagt der Fachmann. Das Wasser steige eben nicht überall gleichmässig. Ursachen sind unterschiedliche Strömungen, Windverhältnisse, Massenanziehungskräfte und Wassertemperaturen. Es gebe Gebiete, wo der Meeresspiegel gefallen ist, auch an den Küsten der USA. Im Westpazifik dagegen steigt der Ozean sehr stark, was übrigens auch

von Houston und Dean bestätigt wird. «Das liegt wahrscheinlich an verstärkten Passatwinden», meint Latif. Diese stauen das Meerwasser in den besagten Regionen auf. Ein intensiverer Passat sei an sich eher keine Folge des Klimawandels, erklärt der Wissenschaftler. Es handele sich vermutlich um natürliche Zyklen. Für das Steigen der globalen Meeresspiegelmittelwerte sei während des letzten Jahrhunderts vor allem die stärkere Ausdehnung der Wassermassen durch die Erwärmung der Meere verantwortlich gewesen. In der Zukunft sei dagegen vor allem das Schmelzen grosser Eismassen entscheidend.

**EISKAPPEN.** Und für ein solches Schmelzen gibt es deutliche Anzeichen. Beeindruckende neue Untersuchungsergebnisse wurden Ende April im Wissenschaftsmagazin «Nature» veröffentlicht. Sie betreffen den kanadischen Arktischen Archipel, vor allem die Baffin- und Ellesmere-Inseln westlich von Grönland. Die Inseln haben viele Gletscher und mehrere Eiskappen, insgesamt ein Drittel des globalen Landeises ausserhalb der grönländischen und antarktischen Eispanzer. Diese Eismassen sind sehr langsam gewachsen, und es wächst auch im Winter kaum etwas nach. Es fehlt nämlich an Niederschlag. «Die kanadische Arktis ist eigentlich so etwas wie eine polare Wüste», sagt Alex Gardner, Geowissenschaftler an der University of Michigan und Erstautor der Studie.

**«Den Klimawandel können Sie sehen und den können Sie messen.»**

Gardner und sein Team nutzten Zahlenmaterial aus drei verschiedenen Quellen. Zum einen verwendeten sie ein mathematisches Modell zur Berechnung des gesamtregionalen Eisschwunds auf Basis von lokalen Messdaten. Des Weiteren bezogen die Forscher Daten der Grace-Satelliten, die aus grosser Höhe Massenänderungen an der Erdoberfläche – also auch von Eispanzern – genau registrieren. Ausserdem erweiterten sie ihre Analysen um Messwerte aus dem ICESat-Forschungsprogramm. Hierbei handelt es sich um ebenfalls per Satellit und mit

tels Laser durchgeführte Höhenmessungen der Eiskappen. Die Ausgangszahlen wurden somit für alle drei Ansätze unabhängig voneinander ermittelt. «Wenn man diese drei Methoden miteinander kombiniert, dann kommt man zu einer klaren Schlussfolgerung», sagt Gardner.

Konkret heisst das: Der kanadische Arktische Archipel hat von 2004 bis 2009 etwa 368 Milliarden Tonnen Eis verloren. Das daraus entstandene Schmelzwasser hob den globalen Meeresspiegel um insgesamt 1,01 Millimeter an. Das Abschmelzen hat sich im Verlauf dieser Jahre auch deutlich beschleunigt – von 31 Milliarden Tonnen jährlich im Zeitraum 2004 bis 2006 auf 92 Milliarden Tonnen pro Jahr für die Periode 2007 bis 2009. Letzterer Wert ist viermal so hoch wie der geschätzte durchschnittliche Eisverlust zwischen 1995 bis 2000.

**BODENSEE.** Wahrscheinlich sind die stark gestiegenen mittleren Sommertemperaturen in der Region schuld. Der kanadische Archipel ist zwar vergleichsweise klein, aber er setzt eine Menge Wasser frei, sagt Alex Gardner: Es sei die drittgrösste Quelle nach Grönland und der Antarktis. 92 Milliarden Tonnen jährlich, das ist etwa zweimal so viel Wasser, wie der Bodensee enthält, und das verursacht einen weltweiten Meeresspiegelanstieg von 0,25 Millimetern pro Jahr.

Von den beiden grössten globalen Eislagern waren indes bereits Anfang März bemerkenswerte Nachrichten in den «Geophysical Research Letters» erschienen. In diesem Fall haben der Geophysiker Eric Rignot von der University of California und weitere US-amerikanische und niederländische Experten Modellrechnungen mit Grace-Daten kombiniert, um die Veränderungen an den antarktischen und grönländischen Eisschildern genauer unter die Lupe zu nehmen. Auch hietreten, trotz jährlichen Schwankungen, offenbar deutliche Beschleunigungen auf. Den Berechnungen nach ist der Netto-Eisverlust in Grönland von 1992 bis 2009 um jährlich 21,9 Milliarden Tonnen gestiegen. In der Antarktis hat der Schwund während desselben Zeitraums um durchschnittlich 14,5 Milliarden Tonnen pro Jahr zugenommen.

Doch diese Zahlen betreffen nur die Zunahmen, die absoluten Mengen sind natürlich grösser. 2006 zum Beispiel verlor Grönlands Eispanzer etwa 250

Milliarden Tonnen Gewicht, die Antarktis rund 200 Milliarden Tonnen. Insgesamt verläuft die Abnahme in der Antarktis also langsamer als in der Arktis, und der Trend ist stabiler. «Die Antarktis erwärmt sich anscheinend nicht so schnell, wie bisherige Modelle vorhergesagt haben», sagt Eric Rignot. Dennoch steigen auch am südlichen Ende der Welt die Temperaturen. Womöglich hat dies sogar einen positiven Nebeneffekt: mehr Schneefall. Das könnte zumindest theoretisch den Netto-Eisverlust im Südpolgebiet stoppen, meint Rignot. Wenn es denn eintrete. «Wir sollten eigentlich eine gewisse Zunahme des Niederschlags in der Antarktis erwarten, aber das haben wir noch nicht messen können», so der Forscher.

Die Zeichen des weltweiten Wandels lassen sich jedoch nicht nur in den Zahlenkolonnen von Geophysikern und Ozeanografen bestaunen. Auch Biologen stossen fast täglich auf neue Belege für die Folgen einer globalen Erwärmung. So untersuchten US-amerikanische und mexikanische Botaniker die Entwicklung von Mangrovenwäldern an der Baja California und hielten kürzlich im «Journal of Vegetation Science» fest, dass deren wasserzugewandter Rand seit 1959 infolge des steigenden Meeresspiegels deutlich zurückgewichen ist. Gleichzeitig haben Fluten zur Neuansiedlung von Mangrovenbäumen weiter landeinwärts geführt.

**WOLFSBARSCH.** Ebenfalls bemerkenswert sind die Veränderungen in der Tierwelt von Nord- und Ostsee, unter anderem bei den Fischen. Südliche, wärmeliebende Arten dringen immer weiter vor. An der holländischen Küste zum Beispiel war der Wolfsbarsch Ende der 1960er-Jahre noch ein seltener Fang, in deutschen Gewässern kamen die als «loup de mer» begehrten Speisefische gar nicht vor. Heute machen sogar Angler auf der Insel Sylt erfolgreich Jagd auf diese Tiere, die inzwischen auch in der südlichen Ostsee gefangen werden. Ähnliches gilt für Meeräschen, die sich nach Nordosten ausbreiten: Auch die brauchen relativ warmes Wasser.

Der Klimawandel, meint der Kieler Wissenschaftler Mojib Latif resümierend, sei eigentlich von niemandem mehr zu leugnen. «Den können Sie sehen, und den können Sie messen.»



coffee talk

## Skeptiker

VALENTIN AMRHEIN

Ich möchte mal richtig viele böse Leserbriefe bekommen. Leider vertrete ich fast nur Mehrheitsmeinungen. Ich kann gegen Atomkraft argumentieren, den Klimawandel beschwören, oder die Schönheit der evolutionären Schöpfung preisen. Alles akademischer Mainstream, gesellschaftlicher Konsens. Todlangweilig. Aber vielleicht kann man auch mit Minderheiten-Bashing Tabus brechen. Erstens: Evolution. Gerade ging wieder durch die Presse, 15 Prozent der Studenten an der Pädagogischen Hochschule Bern würden «absolute Glaubensgewissheit» besitzen. Man kann gegen den Glauben nicht wissenschaftlich argumentieren, der ist ja eben Glaubenssache. Umgekehrt sollten unsere angehenden Biologie-Lehrer akzeptieren, dass die Evolution keine Glaubenssache ist. Biologie ohne Evolution, das gibt es nicht. Wer damit Probleme hat, sollte ein anderes Fach unterrichten. Aber aufgepasst: Auch von Französisch-Lehrern wird erwartet, dass sie die grundsätzliche Existenz der französischen Sprache anerkennen. Zweitens höre ich, es gebe sogenannte Klimaskeptiker.

## Die meisten Klimaleugner präsentieren keine Daten.

Jeder Wissenschaftler ist von Berufs wegen ein Zweifler. Und auch ein Skeptiker ist wörtlich übersetzt ein Untersuchender. Es ist deswegen gut, wenn emeritierte Professoren ihre freie Zeit nutzen, um in grossen Datenmengen zu wühlen (siehe links). Die meisten Klimaskeptiker präsentieren uns aber keine Daten, sondern Meinungen. Ich kenne keinen einzigen aktiv forschenden Klimatologen, der grundsätzlich am Klimawandel und am menschlichen Einfluss darauf zweifelt. Eine kleine Minderheit von Klimawandel-Leugnern versteht es gut, ihren Glauben publik zu machen. Es sind pensionierte Wissenschaftler anderer Fachrichtungen, Hobbyforscher, Journalisten und Wirtschaftsvertreter. Drittens, die Minderheitsmeinung der SVP zur Atomkraft. Per Definition war ja bisher die SVP die Schweizer Volksvertretung. Vermutlich hat das Volk in der Atomsache einfach Angst, und deswegen den Verstand verloren. Letzte Woche stand auf dieser Zeitungsseite, von weltweit 212 Atomkraftwerken habe es in dreien eine totale Kernschmelze gegeben. Wer wegen dieser 1,4 Prozent das Zittern bekommt, reagiert einfach zu emotional. Bei SVP-Vorlagen hingegen hat das Volk ja immer rational entschieden. Zum Beispiel gibt es in der Schweiz etwa 200 Moscheen. Vier Moscheen haben ein Minarett. Das sind immerhin zwei Prozent. Gut, das war jetzt fast ein bisschen zynisch, und tendenziell auch Mehrheiten-Bashing. Schreibt mir jemand einen Brief, bitte?



**Berühmt.** Sie fanden einen Weg, mit ihrem Stottern umzugehen: Marilyn Monroe, Rowan Atkinson und Bruce Willis. Fotos Keystone

## Die Rede des Königs

Eine Stoffwechselstörung der Nervenzellen soll die Entwicklung vom Stottern begünstigen

FRANK UFEN

**Jedes fünfte Kind im Vorschulalter stottert für einige Zeit. Meist verschwindet die Sprachstörung von selbst. Neue Studien zeigen eine starke genetische Komponente.**

Marilyn Monroe, Bruce Willis oder Rowan Atkinson: Das sind drei von vielen Berühmtheiten, die stottern oder als Kind gestottert haben. «Mr. Bean» Rowan Atkinson merkt man die Sprechstörung allerdings nicht an, denn seine Filme zeichnen sich nicht gerade durch lange Dialoge aus. Marilyn Monroe gelang es angeblich, ihr Stottern zu verbergen, indem sie sich aufs Flüstern verlegte. Bruce Willis wurde nach eigener Aussage wegen seines Stotterns Schauspieler, denn er fand heraus, dass er nicht stotterte, wenn er auf einer Bühne stand.

Das Stottern verschwindet meist nicht nur beim Flüstern, sondern auch, wenn Stotternde singen, im Takt oder gemeinsam mit anderen sprechen; wenn sie nachsprechen, was andere gerade gesagt haben; oder wenn sie ihre eigene Stimme nicht hören können, während sie sprechen. In dem britischen Film «The King's Speech» bringt der stotternde Protagonist auf Antrieb das Kunststück zustande, einen Hamlet-Monolog ohne zu stocken zu deklamieren, sobald er sich einen Kopfhörer aufsetzt, aus dem Musik ertönt.

Warum diese simplen Methoden so gut funktionieren, ist noch kaum geklärt. Im-

merhin weiss man, dass beim Singen kein Stottern auftritt, weil für das Singen andere Schaltkreise des Gehirns zuständig sind als für das Sprechen. Das Stottern beginnt in aller Regel in der frühen Kindheit, und ohne dass es dafür einen erkennbaren Anlass gäbe. Jedes fünfte Kind im Vorschulalter stottert zumindest für einige Zeit. Doch in 80 Prozent aller Fälle verschwinden die Symptome irgendwann von selbst – wobei es unmöglich ist, vorherzusagen, bei welchen Kindern das passieren wird und bei welchen nicht.

«Die Pubertät ist entscheidend», sagt Jürgen Kohler, der an der Zürcher Hochschule für Heilpädagogik Dozent für Redestörungen ist. Entweder das Stottern verliere sich, oder es werde chronisch. Am Anfang stottern etwa ebenso viele Jungen wie Mädchen. Doch die Mädchen tun sich erheblich leichter damit, das Stottern zu überwinden, und deswegen gibt es schliesslich vier bis fünf Mal mehr stotternde Männer als Frauen. Etwa ein Prozent der Erwachsenen stottert.

**VERANLAGUNG.** Gewöhnlich wird zwischen zwei Grundformen des Stotterns unterschieden. Es gibt das «klonische Stottern», für das kennzeichnend ist, dass dieselben Laute, Silben oder einsilbigen Wörter mehrmals wiederholt werden. Und es gibt das «tonische Stottern», bei dem Laute gedehnt werden oder der Redefluss zeit-

weise völlig blockiert ist. Ausserdem gibt es Kombinationen beider Typen.

Nach dem gegenwärtigen Erkenntnisstand handelt es sich beim Stottern um eine neurophysiologische Störung, die möglicherweise zu 70 bis 80 Prozent genetisch bedingt ist. Schon seit Langem ist bekannt, dass Stotterer im Vergleich zu Nicht-Stotterern etwa drei Mal häufiger Verwandte haben, die ebenfalls stottern. Ausserdem ist bei eineiigen Zwillingen die Wahrscheinlichkeit hoch, dass beide Geschwister stottern.

Vergangenes Jahr sind der amerikanische Genetiker Dennis Drayna und seine Mitarbeiter vom Nationalen Institut für Taubheit und andere Kommunikationsdefizite in Maryland bei drei Genen auf Mutationen gestossen, die dafür mitverantwortlich sind, dass eine Veranlagung zum Stottern entsteht. Diese Gene liefern die Bauanleitungen für Enzyme, die an der Regelung des Stoffwechsels der Zellen beteiligt sind.

Die Wissenschaftler vermuten, dass die Mutationen zur Folge haben, dass sich in bestimmten Neuronen Stoffwechselprodukte ansammeln. Demnächst wollen die Wissenschaftler erforschen, was diese Mutationen bei Mäusen bewirken. «Wir haben allerdings keine Ahnung, wie sich Stottern bei Mäusen anhören könnte», sagt Dennis Drayna. Nach den Erkenntnissen der Frankfurter Medizinerin

Katrin Neumann und anderer Wissenschaftler sind bei Stotterern die Sprachzentren der linken Gehirnhälfte in verhältnismässig geringem Masse aktiv. Hingegen ist bei ihnen die rechte Gehirnhälfte, vor allem das rechte frontale Operculum, wesentlich stärker aktiv als bei Nicht-Stotterern. Und dieses Areal arbeitet umso intensiver, je stärker das Stottern ist. Das deutet darauf hin, dass hier ein Mechanismus am Werk ist, der dazu dient, die Schwächen der Sprachzentren auszugleichen.

**THERAPIE.** Mithilfe einer guten Stottertherapie ist es allerdings möglich, in den Sprachzentren der linken Hirnhälfte, also sowohl im Broca-Areal als auch im Wernicke-Zentrum, die vorhandenen neuronalen Netzwerke umzubauen – und damit die Basis für einen besseren Sprachfluss zu schaffen. «Erst die (Re-)Aktivierung linksseitiger Netzwerke bewirkt beim Stotterer ein flüssigeres Sprechen dank eines besseren Trainings der Sprachproduktion», erklärt Katrin Neumann.

Dabei wirken offenbar Techniken zum flüssigeren Sprechen als externe Schrittmacher. Sie synchronisieren die Signalübertragung zwischen den Sprechzentren in der linken Hirnhälfte für das Verstehen von gehörter Sprache, für die Planung der Sprechmotorik, und für die Ansteuerung der Sprechmuskeln, so die Forscherin.

tipps zur erfahrungsmedizin

mit Dr. med. Silva Keberle\*



## Musik hilft

Musik macht fröhlich oder melancholisch, belebt oder beruhigt, verursacht Herzklopfen oder löst Spannungen. Diese Wirkung von Musik auf Körper und Seele kennen wir alle und nutzen sie in unterschiedlicher Weise. Zum Beispiel dann, wenn wir uns bei klassischer Musik entspannen oder uns mit Rock-Musik in Schwung bringen. Es liegt also nahe, dass man Musik auch zu medizinischen Zwecken einsetzt. Die moderne Musiktherapie, die sich im Lauf des 20. Jahrhunderts entwickelt hat, ist ein eher psychotherapeutisch orientiertes Verfahren. Einsatzmöglichkeiten für Musik gibt es in der Medizin viele. Besonders geeignet ist diese Form der Behandlung für ältere Menschen und Kinder. Bei Frühgeborenen, denen man Musik vorspielt oder vorsingt, verbessern sich nicht nur die allgemeinen Lebensfunktionen wie Blutdruck, Herzschlag oder Atemfrequenz, sondern sie trinken auch besser und nehmen deshalb schneller an Gewicht zu. Meist sind die Eltern an der Musiktherapie beteiligt, indem sie einfach zuhören oder ihrem Kind etwas vorsingen. Das fördert die Eltern-Kind-Bindung und gibt den Eltern das Gefühl,

## Neugeborene trinken besser mit Musik.

selbst etwas zum Wohlergehen des Kindes beitragen zu können. Auch Kinder mit Krebserkrankungen können von einer Musiktherapie profitieren: So konnte in einer Studie gezeigt werden, dass Kinder, die vor einer Entnahme von Gehirnflüssigkeit aus der Wirbelsäule (Lumbalpunktion) Musik hörten, viel weniger Angst und Schmerzen empfanden als Kinder ohne musikalische Unterstützung. Weitere Informationen über die Musiktherapie erhalten Sie beim Schweizerischen Fachverband für Musiktherapie ([www.musictherapy.ch](http://www.musictherapy.ch)).

\* Silva Keberle hat das Erfahrungsmedizinische Register EMR aufgebaut, das ein Qualitätslabel für Therapeuten der Komplementärmedizin vergibt. Nähere Informationen unter [www.emr.ch](http://www.emr.ch) und [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch)

## Sprache kommt aus Afrika

Südwestafrika als Wiege der sprechenden Menschheit: Die Vielfalt der Laute ist dort am grössten

FRANK UFEN

**Wo hat der Mensch zum ersten Mal gesprochen? Wie die genetische Vielfalt, so nimmt auch die sprachliche Vielfalt ab, je grösser die Entfernung zu Afrika ist.**

Vor 50 Jahren erregte der deutsche Übersetzer und Dolmetscher Richard Fester mit seinen Behauptungen einiges Aufsehen. Gestützt auf die Hypothese, dass sämtliche Sprachen der Welt einen gemeinsamen Ursprung hätten, verglich er fünf Millionen Wörter aus mehr als 100 Sprachen miteinander, um die Urwörter der Menschheit zu erschliessen. Schliesslich glaubte er, die sechs ältesten Wörter überhaupt rekonstruiert zu haben: «ba, kall, tal, tag, os», und «acq», das «Wasser» bedeuten soll.

Die Linguistik erkennt Festers spekulative Ableitungen nach wie vor nicht an. Doch seine Annahme einer einmaligen Entstehung der menschlichen

Sprache hat einiges für sich. Hierfür sprechen auch die Erkenntnisse, zu denen der neuseeländische Kulturanthropologe und Evolutionspsychologe Quentin Atkinson kürzlich gelangt ist. Er berichtete darüber in der April-Ausgabe des Wissenschaftsjournals «Science».

**GUNST ODER KUNST.** Dass der *Homo sapiens* wahrscheinlich in Afrika entstanden ist, darauf lässt schon folgender Umstand schliessen: Die genetische Vielfalt heutiger Menschen nimmt im selben Masse ab, in dem man sich von Afrika entfernt. Populationsgenetiker nennen das den «Gründereffekt». Wenn sich eine Gruppe von einer Stammpopulation löst und abwandert, nehmen ihre Mitglieder nur den Teil der Genvielfalt mit, den sie zufällig in sich tragen.

Diese Schrumpfung der genetischen Vielfalt setzt sich fort, wenn sich von den Emigranten

noch weitere Gründerpopulationen abspalten. Könnte es nicht sein, hat sich Atkinson gefragt, dass das, was wohl mit den menschlichen Genen passiert ist, auch den Phonemen der menschlichen Sprachen widerfahren ist? «Da die Sprachen kleinerer Populationen in der Regel auch mit weniger Phonemen auskommen, wollte ich überprüfen, ob es einen linguistischen Gründereffekt gibt», erklärt Atkinson. «Und wenn ja, wo wir den Ursprung der Sprache zu suchen hätten.»

Unter Phonemen versteht man die kleinsten bedeutungsunterscheidenden Lauteinheiten einer Sprache. So gehören im Deutschen die Laute /g/ und /k/ zu den Phonemen, denn durch sie wird beispielsweise angezeigt, dass die Wörter «Gunst» und «Kunst» zwei verschiedene Dinge bezeichnen. Erstaunlicherweise kann die Anzahl der Laute, die zur Be-

deutungsunterscheidung benutzt werden, von Sprache zu Sprache extrem variieren. So begnügt sich das Pirahã, eine Sprache, die im Amazonas-Gebiet gesprochen wird, mit gerade einmal elf Phonemen. Hingegen verfügt das Kung-Ekoka, das von Buschmännern in Namibia gesprochen wird, über die gigantische Menge von 141 verschiedenen Phonemen. Hochdeutsch hat etwa 40 Phoneme.

**URSPRACHE.** Um der Sache auf den Grund zu gehen, hat sich Atkinson den «World Atlas of Language Structures» zunutze gemacht, den das Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie in Leipzig erarbeitet hat. In dieser Datenbank sind die Phoneminventare von 2650 Sprachen aus allen Kontinenten erfasst. Von diesen Sprachen wählte Atkinson 504 aus, die heute gesprochen werden, und ermittelte jeweils die Zahl ihrer

bedeutungsunterscheidenden Vokale, Konsonanten und Tonhöhen. Danach untersuchte er den Zusammenhang zwischen dem Phonemumfang der Sprachen und ihrer geografischen Verteilung über den Erdball.

Das Ergebnis: Sprachen mit der höchsten Vielfalt an Phonemen sind in Südwestafrika und dann in den übrigen Teilen Afrikas zu finden. Es folgen die Sprachen, die in Südostasien und in Europa gesprochen werden. Hingegen sind jene Sprachen am ärmsten an bedeutungsunterscheidenden Lauten, die man in Süd- und Nordamerika sowie in Ozeanien spricht – also in den Regionen, die am weitesten von Südwestafrika entfernt sind. Atkinson schliesst aus seinen Befunden, dass der *Homo sapiens* im Südwesten Afrikas die erste Sprache überhaupt gesprochen hat und dass aus ihr sämtliche anderen Sprachen hervorgegangen sind.

## Seltene Falter

**BEOBACHTEN.** Viele Waldschmetterlinge sind bedroht. Der Schweizer Vogelschutz SVS will mithelfen, ihre Lebensräume zu verbessern, und ruft deshalb die Bevölkerung auf, Beobachtungen der seltenen Tagfalter zu melden. Viele Waldschmetterlinge seien im Frühsommer, im Juni und Juli, gut zu beobachten, teilte der SVS/BirdLife Schweiz mit. Allerdings sei es vielen der Falter in den heutigen Wäldern zu dunkel oder es fehlten Nahrungspflanzen für die Raupen wie Salweiden oder Zitterpappeln. Am besten lassen sich Waldtagfalter am Morgen, bei schwülwarmer Witterung oder nach Regenfällen beobachten. SDA

# Wie wirken EHEC-Bakterien?

An sich harmlose Kolibakterien nutzen zur Darmbesiedlung einen Stoff, der giftig ist

KURT DE SWAAF

**Viele Krankheiten werden durch schlecht an den Wirt angepasste Parasiten verursacht. Möglich, dass EHEC seine Gefährlichkeit wieder verliert: Denn Parasiten haben nichts davon, wenn der Wirt stirbt.**

Ein Keim hält Europa in Atem. EHEC O104:H4, eine bösartige Variante der sonst eher harmlosen *Escherichia coli*, der Kolibakterie, die wir alle im Darm tragen. Dort teilen sich die Bakterien etwa alle 20 Minuten und vermehren sich damit so schnell, dass andere Mikroorganismen, die dem Körper schaden würden, sich nicht ausbreiten können.

EHEC aber steht für Enterohämorrhagische *E. coli*. Beim Menschen können diese Erreger das gefürchtete Hämolytisch-urämische Syndrom (HUS) mit Blutungen und Nierenschäden auslösen. Die Folgen sind mitunter tödlich.

Die Entstehung von Plagen wie EHEC beruht auf einem eigentlich alltäglichen Prozess. Evolution läuft bei Mikroben besonders schnell ab. Die oft rasante Vermehrung mit kurzen Generationszeiten begünstigt dies, ebenso wie trickreiche Mechanismen zur stetigen Optimierung des Erbgutes. So betreiben Bakterien Konjugation, eine Art Einzellersex, bei der kleine, ringförmige DNA-Einheiten ausgetauscht werden. Bakterien-befallende Viren wiederum transportieren Gene von einem Individuum zum nächsten. Das macht die Bakterien anpassungsfähig und fit für die Besiedlung neuer Lebensräume.

Der häufigste für Menschen gefährliche EHEC-Typ ist zum Beispiel O157:H7. Dessen eigentliche Heimat ist der Kuhpansen. Dieser biologische Reaktor wird von unzähligen Mikroorganismen bewohnt. Eine bessere genetische Tauschbörse ist kaum vorstellbar. Wenn O157:H7 in den menschlichen Darm gelangt, setzt er ein ganzes Arsenal an biochemischen Werkzeugen ein, mit denen er sich behaupten kann.

**ZELLTOD.** Im Fall des jetzt aufgetretenen O104:H4 scheint das Rind allerdings nicht das Reservoir zu sein, sagt Martin Mielke, Leiter des Fachgebiets Infektionskrankheiten am Robert-Koch-Institut in Berlin. Der Erreger habe so viele spezielle Eigenschaften, dass er wohl eher dem Menschen entstamme. Bei Tieren habe man diese Keime noch nie gefunden. Auch O104:H4 sei aber kein neuer Typ, wie manchmal behauptet wird: «Er wurde bereits 2001 an unserem Institut erstmalig isoliert.» Zwischen den damaligen und den heutigen Stämmen gebe es nur geringe Unter-



**EHEC-Zellen.** Kolibakterien teilen sich alle 20 Minuten. In den meisten Fällen nützt uns das mehr, als es schadet. Foto Keystone

schiede, sagt Mielke. Einer davon ist eine seltene Form von Antibiotikaresistenz, die durch Plasmid-Gene gesteuert wird. Der genetische Austausch während der Konjugation dürfte also bei der Verbreitung der aggressiven Merkmale in der heutigen O104:H4-Variante eine wichtige Rolle gespielt haben, so Martin Mielke.

Die gefährlichste Waffe der EHEC ist wohl ein Gift namens Shiga-Toxin. Die Gene für dessen Produktion liegen nicht auf Plasmiden codiert, sondern sind als Virenerbgut im bakteriellen Chromosom eingebaut. Shiga-Toxin ist eine wesentliche Ursache für schwere Krankheitsverläufe, erklärt Martin Mielke, denn es löse in der Regel eine starke Entzündung aus. Die Giftwirkung basiert auf der Fähigkeit, menschliche Zellen zu infiltrieren und zu zerstören.

Die komplex gebauten Gift-Moleküle verfügen über Strukturen, mit denen sie an der Aussenseite von Zellen andocken können. Das Opfer wird dadurch angeregt, das Toxin aufzunehmen. Einmal im Zellinneren angelangt, greift das Gift die Ribosomen an, die für die Proteinsynthese der Zelle entscheidend sind.

Fallen sie aus, können keine Enzyme und Botenstoffe mehr produziert werden, und die Zelle stirbt. Shiga-Toxine zerstören unter anderem rote Blutkörperchen, Blutplättchen und die Wände von haarfeinen Blutgefässen. Besonders schwere Schäden richtet das Gift oft in den Nieren an. Durch den Zelltod in Nierengewebe und Blutbahn wird HUS ausgelöst.

**NEBENWIRKUNG.** Doch welche Funktion haben Shiga-Toxine für den EHEC-Erreger selbst? Die Zerstörung des Wirtsorganismus, in diesem Fall der Mensch, kann eigentlich nicht das Ziel sein. Erfolgreiche Parasiten töten ihre Wirte nämlich nicht, denn wenn der Wirt stirbt, dann sterben sie selber auch. Des Rätsels Lösung liegt vermutlich in der faltigen Darmschleimhaut verborgen. Es gibt deutliche Hinweise darauf, dass Shiga-Toxine die Besiedlung der Schleimhaut durch EHEC unterstützen.

Zu Beginn einer EHEC-Infektion ermöglichen Shiga-Toxine den Bakterien also wohl ein besonders schnelles Einnistern der Keime, was für deren Überleben entscheidend sein mag. Doch leider

sind die Nebenwirkungen der Toxine für manche Menschen zu stark.

Eine Reihe von Beobachtungen scheint für eine solche Hypothese zu sprechen. Zum einen erkrankt nur eine Minderheit der EHEC-Infizierten an HUS. Das Bakterium ist also nicht generell schlecht an den Menschen angepasst, sondern es dürfte persönliche Faktoren geben, die manche Menschen anfällig für die Shiga-Toxine machen. Andererseits scheinen die Bakterien nach einer gewissen Zeit die bösartigen Eigenschaften zu verlieren.

Forscher der Universität Münster berichteten 2009 über einen HUS-Patienten, dessen EHEC über acht Tage hinweg ihr Erbgut erheblich änderten: 36 Gene verschwanden einfach, darunter auch eines, das die Produktion der Toxine einleitet.

Das sei gar nicht so erstaunlich, meint Martin Mielke: «Im Verlauf einer Erkrankung passt sich ein Bakterium oft immer stärker an den Wirt an.» Der Verlust schädlicher Gene ist dabei von Vorteil: Denn wenn es dem Wirt gut geht, dann geht es auch seinen bakteriellen Mitbewohnern gut.

## Mit Blaulicht gegen Diabetes

Basler Forscher erfinden einen lichtempfindlichen Schalter zur Regulierung körpereigener Wirkstoffe

MARTIN HICKLIN

**Durch Aussenbeleuchtung die Produktion von Medikamenten im Körper des Patienten regeln: Das klingt wie ein Traum der Gentechniker. Bei Mäusen kann nun die Insulinproduktion lichtgesteuert werden.**

Mit blauem Licht berührungsfrei zuckerkrankte Mäuse behandeln, das schaffen Forschende am Basler ETH-Departement für Biosysteme mit einem «optisch-genetischen» Bausatz.

Denn auf Blau bestimmter Wellenlänge reagiert ein Sehpigment, das wir alle in der Netzhaut unserer Augen tragen. Es heisst Melanopsin und sitzt in lichtempfindlichen Nervenzellen, gerade dort, wo sich die Auffahrt zur Datenautobahn ins Gehirn befindet. Diesen Nervenknoten hatte man lange nur Schaltaufgaben zugetraut. Erst im vergangenen Jahrzehnt wurde klar, dass hier neben Stäbchen und Zapfen ein drittes, lichtempfindliches System arbeitet. Es hat wohl die Aufgabe, die biologischen Uhren, die in unserem Körper ticken, nachzustellen. Ein heisses Thema chronobiologischer Forschung – auch in Basel.

**THERAPEUTISCH.** Doch nicht wegen verstellter Uhren und aus chronobiologischen Gründen griffen Martin Fussen-



**Kein Solarium.** Täglich drei Stunden Blaulicht kurbeln die Produktion von Insulin bei Labormäusen an. Foto Science

egger und sein Basler Team nach dem Augenpigment, sondern weil sie einen funktionierenden Bausatz brauchten, der zuverlässig auf definierte Lichtwellenlängen reagiert und vorhersehbare Folgeaktionen in der Zelle auslöst. Die wiederum sollten sich als Anfang einer Signalstafette nutzen lassen, an deren Ziel die möglichst exakt dosierte Herstellung eines therapeutisch wirksamen Eiweisses steht.

Melanopsin, das als Partner Vitamin A benötigt, eignet sich, weil es unter blauem Licht einen Einstrom von Calciumionen in die Zellen auslöst. Das

kombinierten die Forscher mit einem Schalter, der Gene und damit die Eiweissproduktion an- und ausstellt, und über die Signalstafette letztlich vom Licht betätigt wird.

Damit so ein synthetisch biologischer Bausatz funktionieren kann, braucht es eine Zelle, deren Maschinerie die Eiweissbausteine zusammensetzen hilft. Die Kombination wurde darum in verschiedene Mäuse- und Menschen-Zelllinien eingebaut. Dort verhielt sich das Ding erstaunlich robust, wie Haifeng Ye, Martin Fussenegger und Kollegen heute im amerikanischen Wissenschaftsjournal «Science» berichten. «Wir hatten schon lange die Idee, Licht zur Steuerung eines neu gebauten Prozesses zu verwenden», sagt Fussenegger, in Basel aufgewachsener ETH-Professor, «jetzt ist es uns gelungen.»

**INSULIN.** Dass diese berührungsfreie Steuerung therapeutisch eingesetzt werden kann, wurde an Mäusen gezeigt, die an Diabetes II litten. Ihnen wurden Zellen implantiert, die das Gen für die Herstellung des die Insulinabgabe fördernden Proteins enthielten. Das Gen konnte mit Lichtsteuerung an- und abgeschaltet werden. Der Zustand der kranken Tiere stabilisierte sich.

Nützlich könnte die Melanopsinsteuerung auch in der Herstellung von biologischen Medikamenten werden. Komplizierte Biomoleküle werden meist in Zellkulturen hergestellt. Manchmal hemmen die hergestellten Stoffe das Wachstum der produzierenden Zellen und lähmen den Herstellungsprozess. Hier könnte man «optogenetisch» feinsteuern und den Zellen je nach Bedarf blau heimleuchten, dass die Prozesse unter Kontrolle bleiben.

Eine Anwendung am Menschen werde noch etwas auf sich warten lassen, meint Fussenegger. Die Erfindung weiterentwickeln sei an einer Universität schwierig: «Wir sind auf die Zusammenarbeit mit Industriepartnern angewiesen.» Man könne sicher intelligente Systeme erfinden, die eine gezielte Belichtung eines Zellimplantats unter einer abdeckenden Manschette erlauben.

Damit bliebe auch das Auge unbeleuchtet und die innere Uhr unverstellt. Erst kürzlich hatte der Basler Chronobiologe Christian Cajochen gezeigt, dass abendliches Arbeiten im blaulastigen Licht hintergrundbeleuchteter LED-Bildschirme Einfluss auf das körpereigene Ticken hat. Man arbeitet zwar wacher, schläft aber schlechter ein und bezahlt am Morgen mit mehr Müdigkeit.



coffee talk

## Mehr Minarette

VALENTIN AMRHEIN

Werktags, Schlag sieben Uhr, werde ich von f, as und b zum Beten gerufen. Das kleine, aber klangvolle Geläut der Kornfeldkirche profitiere im weitgehend geschlossenen Betonturm von einer guten Akustik, heisst es im Glockenarchiv des Schweizer Radios. Der schätzungsweise halbstündige Heidenlärm würde mich ganz schön aufregen, wäre ich nicht meist schon wach. Denn die Kinder müssen ab Schlag zwanzig vor acht die Schulbank drücken. Das ist nach allem, was wir wissen, zwar gegen die Biologie von Schulkindern, aber für die Lektüre der Eltern: Wenn die Teenager demnächst am Frühstückstisch mehr schlafen als reden, werde ich endlich wieder in Ruhe Zeitung lesen. Im Frühjahr bin ich allerdings schon vor dem Kornfeldgebimmel aus dem Haus, denn forschungshalber darf ich mit den Vögeln aufstehen. Es würde mich daher auch nicht stören, wenn statt der

## Die zwei Rotoren decken ein Drittel der Energie für die Moschee.

Glocken ein Muezzin aus der Kirche riefte. Noch lieber aber liesse ich mich vom zarten Gesäusel der Riehener Windräder am Ohr zupfen. Auf der Homepage des englischen «Guardian» ist zu lesen, der Hamburger Architekt Selcuk Ünyilmaz plane eine neue Moschee, in Norderstedt. In den beiden 22 Meter hohen Minaretten wird sich je ein Windrad drehen. Die 1,5 Meter langen Rotorblätter sind aus Glas, und zu bestimmten Tageszeiten werde das Sonnenlicht auf ihnen eine Art Lichterschau produzieren. Laut «Guardian» passt dieses Projekt zum deutschen «energy-zeitgeist», der gegen die Atomkraft blase. Ünyilmaz entschied sich für Windräder statt für Solarzellen, weil der Wind bei Hamburg weitaus verlässlicher sei als die Sonne. Die zwei Rotoren werden ein Drittel des Energieverbrauchs der Moschee decken. Leider haben wir in der Schweiz recht wenig Minarette. Aber ziemlich viele Kirchtürme.

## Frauenfussball ist schneller

**TORJUBEL.** Männer sind grössere Schauspieler als Frauen – zumindest wenn es ums Fussballspielen geht. Sie bleiben nach dem Hinfallen länger liegen, jubeln ausführlicher nach einem Tor und brauchen selbst für das Auswechseln von Spielern mehr Zeit. Das haben Wissenschaftler der Technischen Universität München anhand von 56 Spielen herausgefunden. «Generell können die Unterschiede so interpretiert werden, dass bei den Männern der Gedanke der Inszenierung viel stärker ausgeprägt ist als bei den Frauen», sagt Sportwissenschaftler Martin Lames. Männer bleiben nach Verletzungen rund 30 Sekunden länger liegen. Auch für das Auswechseln brauchen sie zehn Sekunden mehr Zeit. Bei den Frauen wird ein Spiel zwar öfter unterbrochen, meistens aber schneller fortgesetzt. DPA

# Gedächtnis ist manipulierbar

Unter Gruppenzwang übernehmen wir fremde Erinnerungen

Von Kurt de Swaaf

Ein Klassentreffen, zehn Jahre nach Schulabschluss. Es wird viel gelacht, ein bisschen angegeben und natürlich in Erinnerungen geschwelgt. Wisst ihr noch, die fette Ratte, die sich damals im Chemielabor verirrt hatte? Ihr wütendes Zischen jagte der Lehrerin einen gewaltigen Schrecken ein. Manch einer mag jetzt vielleicht stutzen. War das wirklich eine Ratte und nicht einfach nur eine verängstigte Maus? Aber keiner sagt es. Wird schon so gewesen sein, wenn alle das meinen.

Aber kollektive Erinnerung kann falsch sein. Das Gedächtnis ist flexibel und gibt gern dem Druck der Gruppe nach, oder beugt sich der Meinung einflussreicher Personen. Psychologen bezeichnen dieses Phänomen als «Gedächtniskonformität». Die Verbiegungen treten in zwei Varianten auf.

Zum einen gibt es eine äusserliche, öffentliche Konformität, bei der Individuen vorgeben, die Sicht der anderen zu teilen, und sich dementsprechend äussern. «Dies dauert jedoch nur so lange, wie der soziale Druck besteht», erklärt der Neurowissenschaftler Micah Edelson. Danach können solche Mitläufer ihre Meinung wieder ändern. Sie haben nicht vergessen, was wirklich geschah.

## Aufschlussreiche Tests in Israel

Es gibt jedoch auch eine innere, private Konformität, die zu einer dauerhaften Gedächtnisänderung führt. Die Betroffenen glauben, was ihnen gesagt wurde, entgegen ihrer eigenen Erinnerung. Letztere wird dann praktisch überschrieben.

Micah Edelson, der als Forscher am Weizmann Institute of Science im israelischen Rehovot tätig ist, hat zusammen mit Kollegen des Londoner University College mehrere Aspekte der Gedächtniskonformität untersucht und seine Ergebnisse in der aktuellen Ausgabe von «Science» veröffentlicht. Die Experten zeigten sechs Gruppen zu jeweils fünf Personen eine Dokumentation über die Abschiebung illegaler Immigranten. Der Film enthielt aufwühlende, emotionale Szenen.

«Wir versuchten, so nah wie möglich an eine Augenzeugenerfahrung heranzukommen», sagt Edelson. Zwei Tage nach der Vorführung füllte jede Person einen Fragebogen zum Filmgeschehen aus. So testeten die Forscher, wie sich die Teilnehmer an die Dokumentation erinnern.

Das eigentliche Experiment begann am siebten Tag nach der Vorführung. Jetzt zeigte das Forscherteam seinen Probanden die Antworten aus den Fragebögen der vier anderen Gruppenmit-



**Flexibel.** Das Gehirn macht sich die Welt, wie es ihm gefällt. Foto iStockphoto

glieder, die allerdings durch die Forscher abgewandelt worden waren. Auf einem Bildschirm erschienen Fotos der Gesichter der vier Personen, und daneben deren vermeintliche Antwort auf die Frage, ob ein Polizist einen erwachsenen Mann oder ein Kind verhaftet hatte.

## Dauerhaft geänderte Erinnerung

Wenn alle anderen sagten, es sei ein Mann gewesen, dann schlossen sich mehr als zwei Drittel der Befragten dieser Meinung an, obwohl sie noch vor wenigen Tagen korrekterweise gesagt hatten, dass es ein Kind war. Eine Woche später wurden die Testpersonen zum dritten Mal befragt, diesmal wieder ohne äussere Beeinflussung. Über die Hälfte kehrte nun zu ihrer ursprünglichen Meinung zurück, doch für etwa 40 Prozent der zuvor konformen Probanden schien die Erinnerungsänderung dauerhaft zu sein. Bei ihnen hatte sich offenbar eine innere Meinungskonformität entwickelt.

Die Wissenschaftler werteten indes nicht nur Fragebögen aus. Um der neurologischen Basis der Gedächtnisanpassung auf die Spur zu kommen, schoben sie ihre Versuchspersonen während der oben beschriebenen Beeinflussung in einen MRT-Scanner und machten Aufnahmen der Gehirnaktivität.

Dauerhafte Änderungen des Gedächtnisses gingen mit einer erhöhten Aktivität der Neuronen in der Amygdala einher, dem sogenannten Mandelkern. Zudem steht die Amygdala hierbei verstärkt mit der Hippocampus-Region in Kontakt, wo nach dem derzeitigen Kenntnisstand langfristige Erinnerungen gespeichert werden. Der Mandelkern spielt im Sozialverhalten von Menschen eine zentrale Rolle. Es ist also wahrscheinlich, dass diese Gehirnanteile dauerhafte, durch Gruppenzwang bewirkte Gedächtnisänderungen steuern.

Aus gesellschaftlicher Sicht birgt die Meinungskonformität zahlreiche Risiken. Juristisch wichtige Aussagen von Augenzeugen können sich zum Beispiel

ändern, wenn sich die Zeugen untereinander austauschen. Des Weiteren ist die Beeinflussung des kollektiven Gedächtnisses ein oft zu beobachtendes Mittel, wenn autoritäre Staatsformen stabilisiert werden sollen. Ein anderes Beispiel sind die sogenannten Spin-Doctors, die nach Fernsehduellen von Spitzenpolitikern versuchen, die Erinnerung der Zuschauer im Sinne ihrer Auftraggeber zu beeinflussen.

## Gleichschaltung kann helfen

Andererseits dürfte die Flexibilität unserer Erinnerung evolutionäre Vorteile bieten. Sie unterstützt vielleicht effizienteres soziales Lernen. «Es macht Sinn, über ein flexibles Gedächtnis zu verfügen, das Erfahrungen von anderen mitaufnehmen kann», meint Micah Edelson.

Eine teilweise Gleichschaltung der Erinnerungen kann auch dem Gruppenzusammenhalt dienen. Das muss nicht immer schlecht sein, selbst wenn es auf Kosten der Wahrheit geht.

# Willkommen in Ihrem Gehirn

Zwei Experten erklären Nutzen und Nebenwirkungen der grauen Zellen

Von Margit Mertens

Was geschieht im alternden Gehirn? «Die schlechte Nachricht zuerst: Die Leistung des Gehirns lässt unweigerlich nach, je älter man wird», schreiben Sandra Aamodt, Chefredaktorin von «Nature Neuroscience», und Samuel Wang, Hirnforscher an der Princeton University. Die beiden haben einen unterhaltsamen «respektlosen Führer durch die Welt des Gehirns» verfasst, der als Taschenbuch bei dtv erschienen ist.

Besonders die für das Gedächtnis zuständigen Hirnregionen würden mit dem Alter schrumpfen. Das hat allerdings nichts mit dem Tod von Nervenzellen zu tun. Vielmehr nimmt die Zahl der synaptischen Verbindungen ab, über die Signale weitergeleitet werden, sowie auch ihre Neubildung bei Lernprozessen.

«Andererseits werden einige Hirnfunktionen durch den Alterungsprozess nicht sonderlich beeinträchtigt.» Sprachkenntnisse, Begriffsvermögen, Wortschatz und berufliche Fertigkeiten hielten sich in der Regel hartnäckig.

Und es gibt noch andere gute Nachrichten für erfahrene Gehirne. «Ältere Menschen haben einen wichtigen Vorteil: Sie sind besser imstande, ihre Emotionen zu kontrollieren. Die Häufigkeit negativer Emotionen nimmt ab und sie verfliegen schneller, die positiven Emotionen bleiben hingegen etwa gleich stark.»

## Schnelles Gehen macht klug

Ausserdem kann man der Abnahme kognitiver Leistungen entgegenwirken: mit intellektuell anspruchsvollen Hobbys – und vor allem mit körperlicher Bewegung. Moderater Sport, der den Herzschlag beschleunigt, hilft dem Blutkreislauf, das Gehirn mit Energie und Sauerstoff zu versorgen. «Sobald sich unspornliche Menschen mehr bewegen, selbst in den Siebzigern, verbessert sich die Exekutivfunktion innerhalb von wenigen Monaten.»

Das sollte mehrmals in der Woche geschehen und jeweils länger als 30 Minuten dauern. «Aber es muss nicht sonderlich anstrengend sein. Zügiges Gehen genügt völlig.» Bewegung kann

auch die Ausschüttung von Wachstumsproteinen auslösen, welche die Vermehrung von Synapsen fördern und die Bildung neuer Nervenzellen steigern.

Die beiden Neurologen erklären auf ihrem Rundgang durch das Gehirn für Laien leicht verständlich Aufbau und Funktionsweise dieses immer noch sehr rätselhaften Organs. Sie erläutern die verschiedenen Sinne, die Gehirnentwicklung von der Kindheit bis ins Alter, wie Lernen und Gedächtnis funktionieren und Emotionen entstehen.

Ein eigenes Kapitel widmen die Neurologen dem Wesen des Glücks, wie es im Gehirn entsteht und warum es nicht von Dauer sein kann – und geben praktische Tipps, wie man das eigene Glücksgefühl steigern kann.

Die Autoren erläutern auch, warum aus evolutionärer Sicht das Gehirn Körper perfekt gut findet und warum es sich deswegen so schwertut, Abnehmen zu unterstützen: Verhungern ist die grösste Gefahr für das Gehirn. «Wenn Sie einmal versuchen, Ihr Gewicht zu ändern, indem Sie weniger essen, lässt sich Ihr

Gehirn eine ganze Reihe von Tricks einfallen, um das Gewicht auf dem von ihm bevorzugten Stand zu halten.»

## Zwölf Watt Denkleistung

Des Weiteren räumen die Autoren mit zahlreichen Mythen rund um unser Denkkorgan auf, beispielsweise mit der Behauptung, der Mensch nutze nur zehn Prozent seiner mentalen Möglichkeiten. «Bei dieser Aussage stehen den Neurologen auf der ganzen Welt die Haare zu Berge. Funktionelle Bildgebungsverfahren belegen, dass schon einfache Aufgaben eine Aktivität im gesamten Gehirn auslösen.»

Überraschendes erfährt der Leser in den über das ganze Buch verteilten Kästen «Hätten Sie's gewusst?». Zum Beispiel, dass das Gehirn so effizient arbeitet, dass es nur zwölf Watt Energie und damit weniger als eine Kühlschrankschleife verbraucht, obwohl es so viel mehr leistet.

Sandra Aamodt, Samuel Wang: Welcome to your brain. Ein respektloser Führer durch die Welt des Gehirns. dtv, 2010. 304 Seiten, 18,90 Franken.

symptomatisch

## Muttermale



**Die Medgate-Sprechstunde.**

In Freibädern oder am Strand kommen sie wieder vermehrt zur Geltung: Muttermale – in der Fachsprache Nävi genannt – sind gutartige Fehlbildungen der Haut. Sie entstehen durch eine vermehrte Produktion von Pigmentzellen und können flach oder erhaben sein. Nävi können bereits bei der Geburt vorhanden sein, bis ins Erwachsenenalter bilden sich manchmal neue, oder bestehende bilden sich zurück. Häufigkeit und Aussehen sind sehr unterschiedlich. Das bekannteste Muttermal ist der Pigmentnävus, im Volksmund «Leberfleck» genannt. Obwohl gutartig, sollten Muttermale regelmässig kontrolliert werden. Selten einmal können nämlich nicht behaarte Nävi und solche, die z.B. durch Reibung ständig gereizt werden, entarten. Besonders Nävi im Gürtelbereich, an der Fusssohle oder zwischen den Zehen sollten beobachtet werden. Bei Unsicherheit lieber den Arzt aufsuchen. Ein gutartiges Muttermal entsteht plötzlich und bleibt unverändert oder verschwindet gar wieder. Wie kann es von einem bösartigen Hautkrebs unterschieden werden? Ein bösartiges Melanom wächst stetig und schnell. Es hat ein typisches Aussehen: dunkle oder unregelmässige Pigmentierung, rötlich-braun bis bläulich-schwarz, glatt oder höckerig, gelegentlich blutend oder verkrustet, mit rötlichem, unscharfem Rand. Es kann überall auf der Haut auftreten, auch auf Schleimhäuten. Kopf, Glieder und Rücken sind bevorzugte Regionen. Achtung: Das Melanom kann auch an Stellen auftreten, die nicht der Sonne ausgesetzt sind. Wer sich wirkungsvoll vor dem Melanom und anderen sonnenbedingten Hautkrebsarten schützen will, bevorzugt den Schatten, speziell natürlich zwischen 11 und 15 Uhr. Wer sich in der Sonne aufhält, sollte sich unbedingt mit hohen Sonnenschutzfaktoren eincremen und auch Lippen, Ohren und Augen schützen. Weitere Infos unter [www.bag.admin.ch/aktuell](http://www.bag.admin.ch/aktuell)

Infos unter [www.medgate.ch](http://www.medgate.ch), [info@medgate.ch](mailto:info@medgate.ch) oder Tel. 061 377 88 44

## Mückenschutz

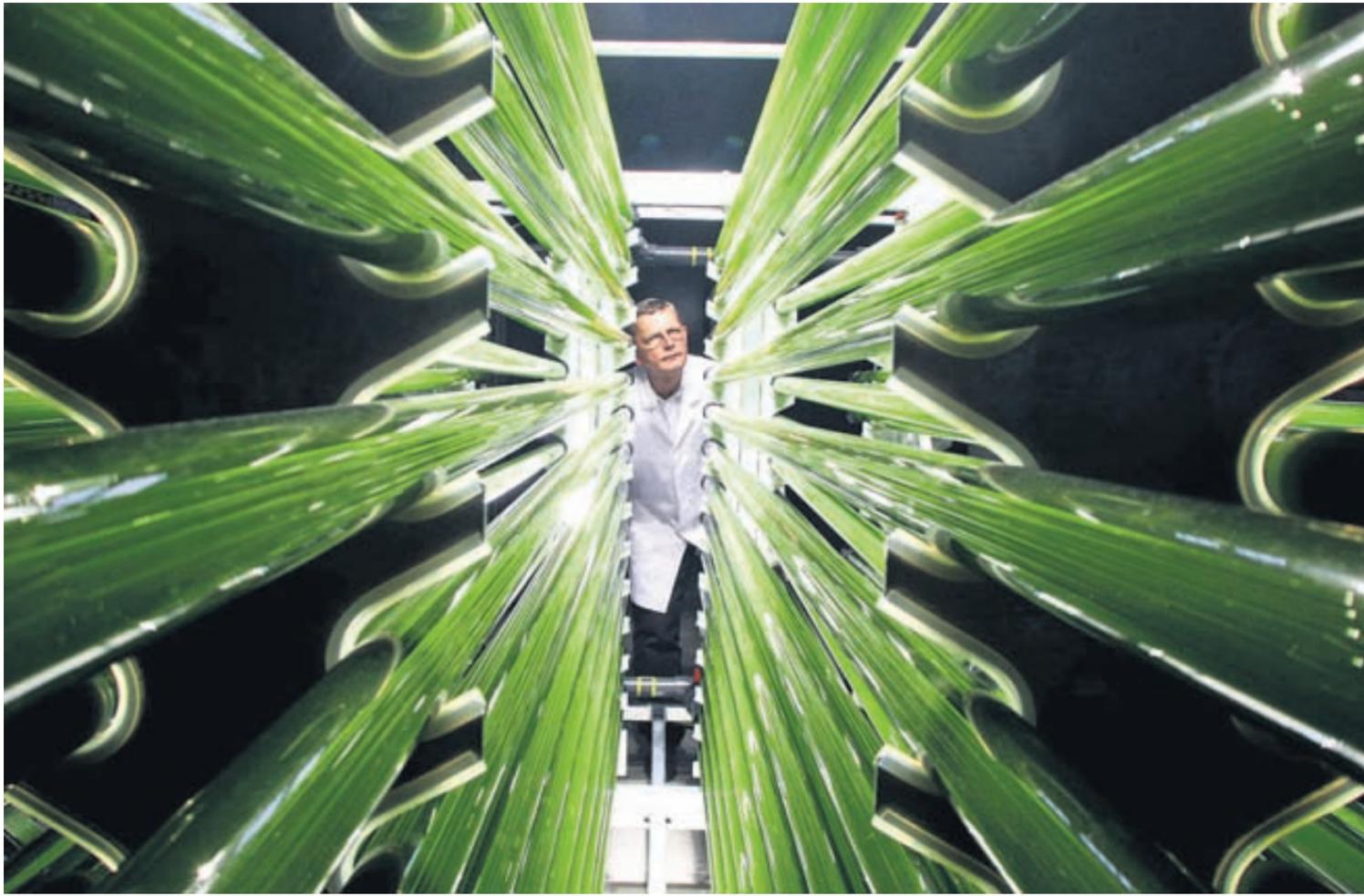


**Wasserfledermaus.** Frisst Insekten, die über dem Wasser fliegen.

Durchschnittlich alle vier Sekunden peilt eine Wasserfledermaus im Tiefflug über stiller Wasseroberfläche eine Mücke oder Schnake an. Rund 2500 dieser Insekten frisst sie pro Nacht, was fast der Hälfte ihres eigenen Körpergewichts entspricht. Wo Wasserfledermäuse jagen, kann man die Sommerabende im Freien geniessen.

Von den Mittellandseen bis hinauf zu den Bergseen und über allen natürlich verlaufenden Flüssen mit vegetationsreichen Ufern und ruhiger Wasseroberfläche stellen sie den stehenden Plagegeistern nach. Tagsüber verstecken sich Wasserfledermäuse meist in Baumhöhlen gewässernahe Wälder. Drastische Landschaftsveränderungen tolerieren sie kaum, und ausgeräumte Agrarlandschaften meiden sie ebenso wie hell beleuchtete Siedlungen. Komfortabel haben es jene Wasserfledermauskolonien, die sich direkt am Gewässer in Hohlräumen von Brücken und in Bootshäusern niederlassen. Mit dem Aufhängen von Fledermauskästen an Uferbäumen kann man ihnen optimale Unterschlüpf anbieten.

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



**Schneller Brüter.** Professor Otto Pulz entwickelt Bioreaktoren, in denen sich Grünalgen besonders wohlfühlen. Foto Steffen Rasche

## Algen im Autotank

Effizienter als Raps und Zuckerrohr: Grünalgen liefern Biosprit und Wasserstoff

Von Andreas Lorenz-Meyer

In Mitteleuropa sind Algen vor allem durch Sushi bekannt. Aber aus ihrem Pflanzenöl kann auch Treibstoff für Autos, Schiffe und Flugzeuge hergestellt werden. Genug, um eines Tages Erdöl zu ersetzen?

Etwa 300 000 Algenarten gibt es auf der Erde. Eine davon ist die *Chlorella vulgaris*. Unter dem Mikroskop wirkt sie unscheinbar: Es sind winzige einzellige Grünalgen. Doch die Süswasseralge produziert durch Fotosynthese 20-mal mehr Biomasse als zum Beispiel Raps. Denn bei den Algen betreibt jede Zelle Fotosynthese, und nicht nur die grünen Blätter; Algen-Biomasse ist ausserdem energiereicher, denn der Fettgehalt der Algen ist im Vergleich zu Landpflanzen wesentlich höher.

### Neue Anlagen steigern Wachstum

Und Algen machen unseren Nahrungsmitteln den Ackerboden nicht streitig, wie das bei anderen Bioenergiepflanzen wie Raps und Zuckerrohr passiert. «Algen können in Bioreaktoren überall wachsen», sagt Otto Pulz vom Potsdamer Institut für Getreideverarbeitung, «auch auf Brachland oder Müllhalden.» Der Biotechnologe versucht, das Wachstum der *Chlorella vulgaris* zu beschleunigen.

Im US-Bundesstaat Arizona ging zu diesem Zweck eine Algenzuchtanlage neuen Typs an den Start, genannt 3D-Matrix-System. Die Fotobioreaktoren, die dort erstmals getestet wurden, sind anders aufgebaut als herkömmliche Modelle. Die Lichtaufnahme der Algen wird durch geometrische Strukturen in den Glasröhren verbessert. Und auch der Durchmesser der Wasserröhren ist optimal angepasst.

«Wir orientierten uns an einem gewöhnlichen Tümpel draussen in der Natur. Dort dringt Sonnenlicht auch nicht weiter als sechs Zentimeter unter die Wasseroberfläche», so Otto Pulz. Dank 3D-Matrix produzierten die Algen im 19-tägigen Testlauf doppelt so viel Biomasse wie zuvor: Auf ein Jahr umgerechnet wären pro Hektar etwa 300 Tonnen erreichbar. Theoretisch könnte Algenöl in industriellem Massstab als Treibstoff eingeführt werden – wenn da nicht die Kosten wären. «Wir müssen das Verfahren so billig machen, dass ein Kilogramm Biomasse für ein oder zwei Euro produziert werden kann.» Das schaffen aber selbst grosse Algenfarmen

in Thailand und auf den Philippinen noch bei Weitem nicht: Dort kostet das Kilo etwa sechs Euro. Und mit künstlichem Licht nachzuhelfen, meint Pulz, wäre wegen des hohen Stromverbrauchs ökologisch sinnlos.

### Algen fressen Kohlendioxid

Algen sind genügsame Wesen. Zum Wachsen brauchen sie Sonnenlicht, Wasser – und Kohlendioxid. Nichts möchten moderne Gesellschaften lieber loswerden als das Klimagas. Gerade Kohlekraftwerke sind berüchtigt für ihre miserable Umweltbilanz. Trotzdem setzt zum Beispiel China serienweise neue CO<sub>2</sub>-Schleudern in die Welt. Das umstrittene Verfahren der unterirdischen Kohlendioxidlagerung (Carbon Capture Storage) soll Kohle irgendwann klimaverträglicher machen, allerdings mit herben Verlusten beim Wirkungsgrad.

Grosse Energieversorger experimentieren daher auch mit Algen. Beim deutschen Braunkohlekraftwerk Niederaussem steht ein 1000-Quadratmeter-Gewächshaus mit Salzwasser-algen, die CO<sub>2</sub> aus dem Kraftwerk zu fressen bekommen. Die Algen schaffen allerdings nur einen Bruchteil der jährlichen Emissionen des Kraftwerks von 27 Millionen Tonnen Kohlendioxid. Was sie sich in einem Jahr einverleiben, bläst das Kraftwerk in einer Minute wieder in die Atmosphäre.

«Diese Anlage dient allerdings der Forschung und ist nicht dafür gedacht, den CO<sub>2</sub>-Ausstoss eines Grosskraftwerks aufzunehmen», sagt Laurenz Thomsen von der privaten Jacobs-Universität in Bremen. «Trotzdem können wir mit diesem Verfahren ein bisschen klimapolitischen Druck von der Kohle

nehmen.» Und zwar dann, wenn zukünftig Algenanlagen grösserer Dimension an ein Kraftwerk gekoppelt werden.

Der Algenforscher nennt als Beispiel Europas grösstes Gewächshaus im spanischen Almería. Dort werden auf 350 Quadratkilometern nichts als Tomaten gezüchtet; wenn aber die Erderwärmung in Südspanien zuschlägt, müsste die Tomatenzucht vielleicht aufgegeben werden. «Angenommen, auf dieser Fläche würden Algen angebaut, dann könnten im Jahr 20 Millionen Tonnen Kohlendioxid weggesaugt werden – das sind immerhin die Emissionen von vier 1000-Megawatt-Kohlekraftwerken.» Für seine Forschung verwendet Thomsen aus Prinzip keine Süswasser-algen wie die *Chlorella vulgaris*: «Süswasser ist für Industrieprojekte einfach zu schade. Wir sollten uns lieber beim Salzwasser bedienen, davon gibt es genug.»

Als Kohlendioxid-Speicher können Algen allerdings nur dienen, wenn man sie nicht gleich wieder verbrennt – denn dann wird das CO<sub>2</sub> wieder freigesetzt. In Zukunft dürften Algen aber genau dafür benutzt werden: zum Antrieb unserer Verkehrsmittel, und zur Stromproduktion.

### Wasserstoff statt Biomasse

Olaf Kruse ist Biologe an der Universität Bielefeld. Seine grosse Hoffnung heisst STM6, eine gentechnisch veränderte Variante der einzelligen Grünalge *Chlamydomonas reinhardtii*. Bei Sauerstoffmangel nutzt diese Grünalge das Licht der Sonne nicht dafür, um in der üblichen Fotosynthese-Reaktion aus CO<sub>2</sub> und Wasser Kohlenhydrate und damit Biomasse zu machen, sondern sie produziert dann in einer Art Leerlaufre-

aktion Wasserstoff. Mit der optimierten Variante STM6 lässt sich aus einem Liter Algenbrühe in drei Tagen ein halber Liter Wasserstoff gewinnen. «Die Forschung steckt zwar noch in den Kinderschuhen», sagt Kruse. «Aber im Prinzip wird mit STM6 ein Forschertraum wahr.» «Sun to Fuel» nennt sich dieser Traum: die Umwandlung von Sonnenstrahlen in Treibstoff.

Als Treibstoff kann Wasserstoff allerdings nur bei kurzen Entfernungen eingesetzt werden. Unvorstellbar, dass ein Jumbo mit Brennstoffzelle, in der mit Wasserstoff elektrischer Strom produziert wird, von Zürich nach New York fliegt. «Aber der Clou ist, dass bei der Wasserstoffgewinnung kaum Biomasse verloren geht», sagt Kruse. «Die STM6-Algen können nach der Wasserstoffproduktion weiter verwertet werden, zum Beispiel als Biosprit für Flugzeuge.»

### Die Stadt der Zukunft

In der Luftfahrtindustrie werden Algen bereits hoch gehandelt. So wurde bei der Internationalen Luft- und Raumfahrtausstellung in Berlin erstmals ein Kleinflugzeug präsentiert, das Treibstoff aus Algen verbrennt. Was den Algentreibstoff, neben der Vermeidung von fossilem CO<sub>2</sub>-Ausstoss, auch noch attraktiv macht: Bei gleichem Tankinhalt kommt ein Flugzeug mit Algen weiter als mit Kerosin. Aber könnten STM6 und andere Algen auch genug Biomasse produzieren, wenn sie erst einmal im Grosseinsatz sind? «Manche Algenarten reproduzieren sich im Stundentakt», antwortet Kruse, es gibt also einmal pro Stunde eine neue Algenergeneration. «Es ist ein sich selbst immer wieder erneuerndes System.»

Wie sieht eine von Algen versorgte Welt aus? Im Rahmen des Ideenwettbewerbs «City of the Future» zeichnete der schwedische Architekt Peter Lindblad das San Francisco des Jahres 2108: Zwischen Wolkenkratzern heben sich elegante geformte Algentürme in den Himmel – Wasserstofflieferanten für das Grossstadttauto. So spektakulär wird die Zukunft aber wohl nicht sein, meint Otto Pulz vom Institut für Getreideverarbeitung. Er hält niederländische, von Foliengewächshäusern geprägte Landschaftsbilder für wahrscheinlicher: «Auch andernorts könnte es irgendwann so aussehen wie in Holland. Mit dem Unterschied, dass in den Gewächshäusern keine Gurken gedeihen, sondern Algen.»

### coffee talk

## Staumauern sind schön

Von Valentin Amrhein

Ich war gerade in den Bündner Alpen, um zu prüfen, ob die Hochebene der Greina nicht doch für die Stromerzeugung genutzt werden sollte. Ich habe dazu auf der Terrihütte eine repräsentative Umfrage durchgeführt. Lars und Tore sind extra aus Norwegen angereist. Das ist erstaunlich, denn man trifft sehr wenig Norweger ausserhalb Norwegens. Schliesslich ist Norwegen das schönste und beste Land der Welt. Doch die Greina gilt als Tundra der Alpen und ist das natürliche Biotop des Norwegers, wenn er schon den Fuss auf Europa setzt. Sind Lars und Tore von der ein Kilometer breiten Hochebene beeindruckt? Ganz nett, lautet das Urteil, wie ein Fussballfeld. Daheim in Norwegen gibt es auch ein paar Hochebenen mit Tundra drauf, die südlichste heisst Hardangervidda und ist 100 Kilometer breit. Und 98 Prozent des norwegischen Strombedarfs werden durch Wasserkraft gedeckt. Da müsse die Schweiz wohl noch etwas aufholen, meint Tore. Mein Kumpel Niko kommt aus Deutschland. Er hat mir den Ausflug zu einem Geburtstag geschenkt, der für meine Verhältnisse ziemlich rund war. Auch Niko findet, ein grosser See würde sich hier oben gut machen.

Zum Abschluss habe ich mich noch selber befragt, quasi als Vertreter der Schweiz. Ich fand, auch die Schweiz, das schönste und beste Land der Welt, ist mit Tundra noch schöner. Ausserdem ist die Greina oben flach und deswegen bei den kommenden runden Geburtstagen hoffentlich noch für mich geeignet. Bleibt die Frage, wo wir in Zukunft den Strom herzaubern. Ein Ökologe forderte neulich in einem Leserbrief, man dürfe auf keinen Fall den schönen Schweizer Jura mit Windrädern bepflastern. Ich bin selber ein Öko. Aber ich finde, wir dürfen uns nicht vorwerfen lassen, unser Ziel sei, dass der Strom künftig statt aus dem Atom wieder aus der Steckdose kommt. Das Problem der Schweiz ist halt, dass sie überall schön ist. Nun ist der Jura zweifellos besonders schön, aber er ist ein Mittelgebirge. Die nächsten Mittelgebirge sind von uns aus gesehen nicht erst in Norwegen, sondern sie lauern direkt hinter der Grenze. Basel ist umzingelt von Mittelgebirgen.

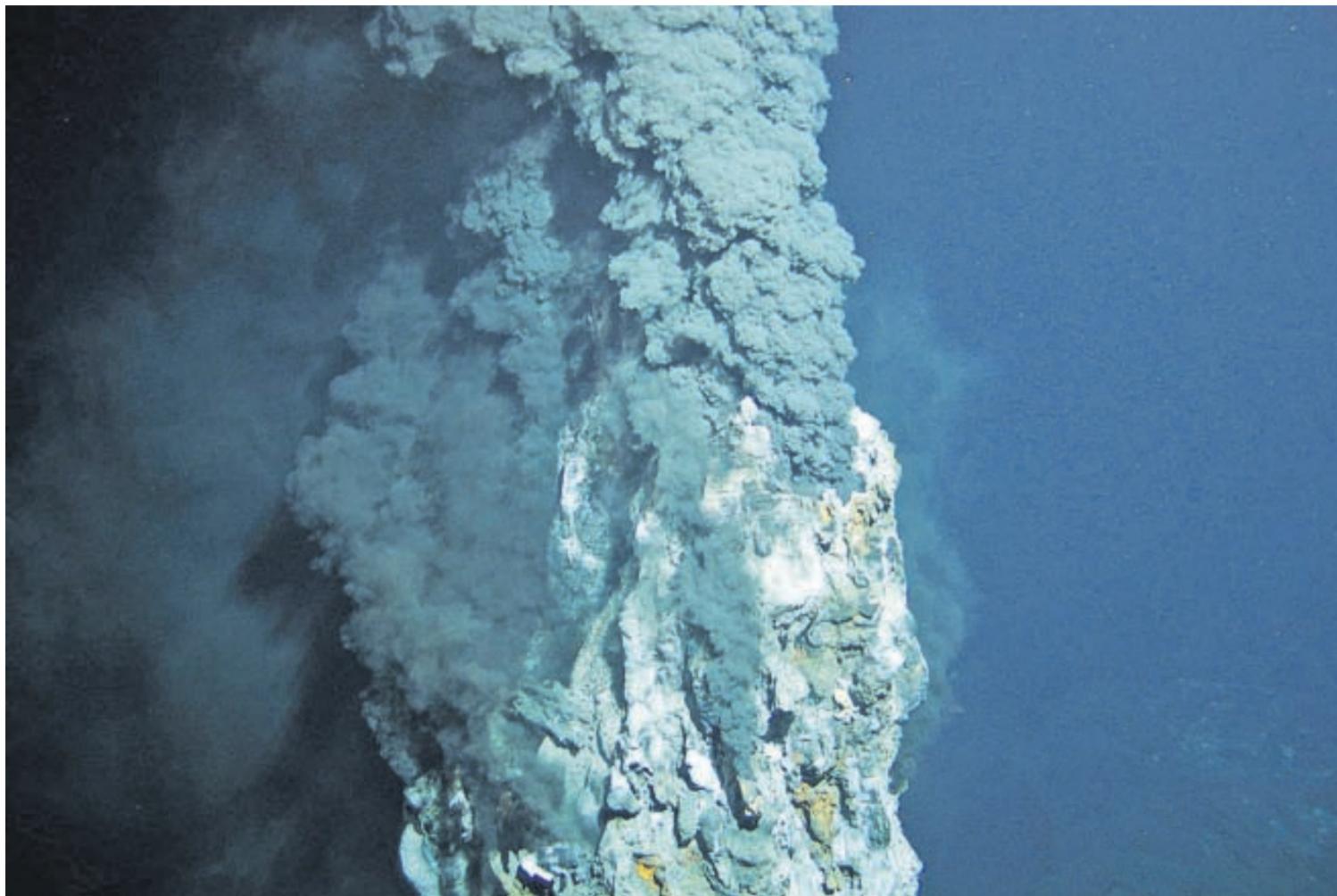
Ich finde, Windräder sind Gewöhnungssache. Und sie sind auch etwas zum Angeben. Die Deutschen pflastern gerade ihre Nordseeküste mit Windrädern zu, obwohl das Wattenmeer nicht nur in Europa, sondern weltweit einmalig ist. Aus dem Schwarzwald grüssen freundliche Windräder nach Freiburg im Breisgau. Ich fände es wunderbar, wenn sich auf den Hügeln rund um Basel ein Kranz von Windrädern drehte. Oder lasst uns die Wiese aufstauen und in den Langen Erlen endlich den Baselsee bauen. Auch ein Windrad auf dem Matterhorn würde es auf die Titelseiten der Weltpresse schaffen. Vielleicht müsste man diese Projekte noch durchrechnen, bevor man sie verwirklicht. Aber wir müssen lernen, Staumauern, Windräder, Algenplantagen und Solardächer schön zu finden. Schliesslich haben wir das auch mit Autos, Hochhäusern und Mobilfunktelefonen geschafft.

## Mädchenträume

**Basel.** Mädchen erinnern sich am Morgen öfter daran, was sie geträumt haben, als Knaben. Das zeigt eine Studie der Universität Basel. Laut Serge Brand von den Universitären Psychiatrischen Kliniken schlafen Mädchen oft weniger gut als Jungen und wachen häufiger auf. «Dadurch wechselt ihr Wach- und Bewusstseinszustand schneller, und die Chancen erhöhen sich, sich an Träume zu erinnern», so Brand. Eine andere Studie hatte gezeigt, dass die Träume von Jugendlichen, unabhängig vom Geschlecht, meist um fünf Themengebiete kreisen: verfolgt werden, fallen, sexuelle Erfahrungen, zu spät kommen sowie Schule, Studium und Lehrer. DPA



**Kleinkraftwerke.** Die einzellige Grünalge *Chlorella vulgaris* macht aus Sonne Treibstoff.



350 Grad Celsius. An der Spitze eines «Schwarzen Rauchers» tritt das lebensspendende heisse Wasser aus. Foto ROV-Team, IFM-GEOMAR

## Tiefseekühe im Thermalbad

In Tausenden von Metern Meerestiefe lebt eine Parallelgesellschaft ganz ohne Sonnenlicht

Von Kurt de Swaaf

Als Forscher an Bord des Tauchboots «Alvin» am 16. Februar 1977 in der Nähe der Galapagos-Inseln in etwa 2500 Metern Tiefe durch das Bullauge schauten, trauten sie ihren Augen nicht. In der Nähe einer heissen Quelle sahen sie zwei Meter lange Röhrenwürmer mit blutroten Tentakeln, weisse Krabben, Muschelbänke und bleiche Fische. Bis dahin hatte man geglaubt, der tiefe Ozeanboden sei eine biologische Wüste. Aber es gab offensichtlich Oasen.

Inzwischen wurden weltweit mehr als 200 solcher Tiefsee-Tiergärten entdeckt. Sie befinden sich an geologisch aktiven Stellen, wo sogenannte hydrothermale Quellen Wasser aus dem Boden jagen. Die üppigsten Gärten gedeihen dort, wo Kontinentalplatten rasch auseinanderdriften und durch Vulkanismus besonders heisse, unterseeische Geysire sprudeln. So wie eben am Galapagos-Archipel. Diese Lebensgemeinschaften nutzen indirekt die Hitze aus dem Erdinneren als Energiequelle, erklärt die portugiesische Meeresbiologin Ana Hilário. Die Organismen sind somit unabhängig vom Sonnenlicht, der energetischen Grundlage für fast alles andere Leben auf unserem Planeten.

### Komplexes chemisches Puzzle

Hydrothermale Arten wie die Riesenwürmer der Art *Riftia pachyptila* leben inmitten surrealistisch anmutender Unterwasserlandschaften. Vom schroffen Meeresboden erheben sich unregelmässig geformte Säulen. Sie sind hohl, und sie scheinen wie Schornsteine stetig dichten Qualm auszustossen: die «Raucher». Der «Rauch» ist heisses, mineralhaltiges Wasser. Manche der Schloten können 60 Meter hoch werden, bis sie wieder in sich zusammenfallen.

Die Entstehung der türmenden Gebilde ist ein komplexes chemisches Puzzle. Fachleute unterscheiden zwischen «Schwarzen» und «Weissen Rauchern». In einem der berühmtesten unterseeischen heissen Quellgebiete, dem Transatlantischen Geotraversen Hydrothermalfeld (TAG) am Mittelatlantischen Rücken, findet man beide Typen in nächster Nähe zueinander. Das TAG ist ein niedriger Hügel in etwa 3700 Metern Meerestiefe, bestehend aus hydrothermalen Ablagerungen. Auf seinem höchsten Punkt ragt eine Ansammlung Schwarzer Raucher emp.

Die Raucher entstehen zunächst durch die Bildung eines Mineralringes an einer Stelle, wo etwa 350°C heisses Geysirwasser aus dem Boden hervorschießt. Das kalziumreiche Geysirwasser reagiert sofort mit dem kalten Meerwasser und dem darin enthaltenen Sulfat. Unter diesen Bedingungen bildet sich das Mineral Anhydrit, chemisch Kalziumsulfat. So wird das Fundament für einen neuen Schlot gelegt. Im späteren Stadium lagern sich Metallsulfide und -oxide aus dem «Rauch» im ursprünglich weissen Anhydrit ab. Der Schornstein wird schwarz.

### Raucher sind nicht für die Ewigkeit

Die «Weissen Raucher» stehen am Hang des TAG, nur 70 Meter von den schwarzen Schloten entfernt. Wegen ihrer bizarren, zwiebelturmähnlichen Formen haben Forscher diese Ansammlung «Kreml» getauft. Aus den weissen Kaminen sprudelt nicht ganz so heisses, aber dafür saures Wasser. Der weisse «Rauch» entsteht unter Einfluss von Meerwasser, welches in der Nähe der Quelle in den Boden eingedrungen ist.

Das Meerwasser verursacht ein unterirdisches Ausscheiden der schwärzenden Metallverbindungen, noch bevor das Quellwasser austritt. Dabei entstehen unter anderem Wasserstoffionen, wodurch der pH-Wert sinkt: Das Wasser wird sauer, und infolgedessen werden andere Mineralien im Geysirwasser aufgelöst. Deshalb stossen die «Weissen Raucher» am TAG vor allem grosse Mengen Zink aus.

Hydrothermale Quellen sind oft nicht durchgehend aktiv. Wenn die Warmwasserzufuhr unterbrochen wird und die Schloten abkühlen, löst sich das Anhydrit im kalten Wasser wieder auf und die Gebilde brechen zusammen. Dies ist in der vermutlich 20000-jährigen Existenz des TAG offenbar mehrfach geschehen. Geologen gehen davon aus, dass zurzeitliche hydrothermale Felder für die Entstehung von reichen Erzvorkommen zum Beispiel auf der Insel Zypern verantwortlich gewesen sind.

Für die Lebensgemeinschaften an heissen Tiefseequellen spielen schwefelhaltige Substanzen die Hauptrolle. Der «Rauch» aus der Erdkruste enthält viel Schwefelwasserstoff (H<sub>2</sub>S), bekannt für seinen Faule-Eier-Gestank. Dieses gelöste Gas liefert spezialisierten Bakterien die Grundlage für ihren Stoffwech-

sel. Sie oxidieren und zersetzen das H<sub>2</sub>S, ein Prozess, bei dem chemische Energie freigesetzt wird.

Die Bakterien nutzen diese Energie, um aus CO<sub>2</sub> und abgespaltenen Wasserstoffionen organische Zuckerverbindungen herzustellen. Wissenschaftler bezeichnen dies als Chemoautotrophie. Die Bakterien tun damit in völliger Dunkelheit im Prinzip dasselbe wie grüne Pflanzen, wobei Letztere eben die Lichtenergie der Sonne nutzen. Beide Gruppen verwandeln anorganische Materie in organische und legen damit die Basis für ganze Nahrungsketten. Sie sind die «Primärproduzenten».

Viele chemoautotrophe Bakterien bilden in der Nähe von Rauchern regelrechte Matten. Krebse und Schnecken weiden diese Matten ab wie unsere Kühe die Alpwiesen. Riesige Würmer, zum Beispiel die Art *Riftia pachyptila*, haben allerdings eine viel raffiniertere Methode gefunden, um von den Mikroben zu profitieren. Sie halten die Bakterien als Symbionten. Die Würmer besitzen keine Verdauungstrakte mehr, stattdessen wird ein Grossteil ihres Körpers von einem speziellen Organ ausgefüllt, in dem Billionen Bakterien siedeln und Zuckermoleküle produzieren.

### Holzsenken und Walkadaver

Am Kopf der Würmer befinden sich rote federartige Antennen, welche die Tiere in das abkühlende Quellwasser aus den Schloten halten. Dadurch nehmen sie Schwefelwasserstoff, Sauerstoff und CO<sub>2</sub> auf, die Rohstoffe für die chemoautotrophe Zuckersynthese. Die fleissigen Bakterien zeigen sich durchaus dankbar für Kost und Logis. Sie geben ihren Wirten einen Teil der Zuckerproduktion ab.

Die Würmer sind jedoch nicht die einzigen Tiefseekreaturen mit chemoautotrophen Symbionten im Leib. Viele



Riesenwurm. Die Bartwürmer der Art *Riftia pachyptila* sind ein bis zwei Meter lang. Foto NOAA

Muschelarten der Tiefsee nutzen dasselbe Prinzip. Bei ihnen sind die winzigen Helferlein in den Kiemen untergebracht.

Ausserhalb der geologisch aktiven Regionen ist der Tiefsee-Meeressboden ein eher spärlich besiedelter Ort. Es gibt allerdings weitere Oasen. Dort, wo grosse Mengen organisches Material in die Tiefe sinken, haben Meereslebewesen ebenfalls einen reich gedeckten Tisch. Vor allem in tropischen Ozeangebieten findet man häufig Holzsenken. Die abgesunkenen Baumstämme und Holzstücke beherbergen komplexe Lebensgemeinschaften, darunter Muscheln, die mit den typischen Muschelarten aus hydrothermalen Feldern verwandt sind. Auch sie verfügen in ihren Kiemen über symbiotische Bakterien.

### Spezialisten fürs Zerlegen

Besonders seltsame Kreaturen fanden Forscher 1994 in einem vor der kalifornischen Küste versunkenen Walkadaver: *Osedax*, der Knochenfresser. Der Name mag martialisch klingen, doch die Tiere sind Würmer und nur wenige Zentimeter gross. Sie bohren verzweigte Gänge in die Walknochen und strecken darin ihre wurzelartigen Körperfortsätze aus.

Auch *Osedax* beherbergen bakterielle Symbionten, die allerdings keine Chemoautotrophen sind. Die Bakterien scheinen vielmehr auf das Zerlegen von Kollagen und Fett aus den Walknochen spezialisiert zu sein, genauso wie in unserer Welt die Bakterien im Magen der Kühe auf die Zerlegung von Zellulose spezialisiert sind.

In den vergangenen Jahren wurden weltweit bereits sechs verschiedene *Osedax*-Arten entdeckt, «aber es werden bald noch viel mehr sein», sagt die Wurmexpertin Ana Hilário: die Biologen arbeiten an der wissenschaftlichen Beschreibung weiterer Arten.

Tote Wale sind offenbar Lebensräume mit einem erheblichen evolutionären Entwicklungspotenzial und mit vielfältigen ökologischen Nischen. «In dickeren Knochen könnten zum Beispiel *Osedax* mit längeren Körperfortsätzen gedeihen», meint Hilário. Auch für andere Tiergruppen sind die gewaltigen Kadaver eine lang währende Lebensgrundlage. Bis eine Walleiche völlig zersetzt ist, können im kalten Tiefseewasser wohl bis zu 100 Jahre vergehen.

### erfahrungsmedizin

## Akupunktur hilft dem Herzen

von Dr. med. Silva Keberle\*



Wenn das Herz schlecht arbeitet oder aus dem Takt gerät, braucht es unbedingt den Facharzt, um die Erkrankung richtig zu behandeln. Es gibt jedoch Hinweise, dass Akupunktur bei Herzbeschwerden als ergänzende Behandlungsmassnahme hilfreich sein kann. So wurde in einer Studie gezeigt, dass sich die Belastbarkeit von Patienten mit chronischer Herzschwäche (Herzinsuffizienz) durch Akupunktur verbessern lässt: Diejenigen Patienten, die zusätzlich zu den üblichen Medikamenten mit Akupunktur behandelt wurden, konnten eine längere Wegstrecke zurücklegen und fühlten sich weniger erschöpft als Patienten, die nur eine Scheinakupunktur erhalten hatten. Auch Patienten mit Herzrhythmusstörungen kann Akupunktur nützen. Häufig liegen dieser Art von Herzbeschwerden keine organischen Ursachen zugrunde. Meist sind Stress, Aufregung, Angst oder Depressionen der Grund dafür, dass das Herz plötzlich rast, stolpert oder gar für einen Moment aussetzt. Gerade diese Auslöser können durch Akupunktur positiv beeinflusst werden. Die dritte Gruppe von Patienten, die eventuell von Akupunktur profitieren können, sind Patienten mit Arterienverkalkung (koronare Herzerkrankung). In einer dänischen Studie verringerte sich das Sterberisiko einer Gruppe von Patienten, die mit Akupunktur behandelt wurden und zusätzlich eine Diät und Entspannungsübungen machten sowie ein körperliches Training absolvierten, deutlich gegenüber anderen Herzpatienten, die auf herkömmliche Weise behandelt worden waren. Informationen über Akupunktur gibt es im Internet unter [www.sbo-tcm.ch](http://www.sbo-tcm.ch). Dort und unter [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch) finden Sie auch qualifizierte Akupunkteure.

\* Silva Keberle hat das Erfahrungsmedizinische Register EMR aufgebaut, welches ein Qualitätslabel für Therapeuten der Komplementärmedizin vergibt. Nähere Informationen unter [www.emr.ch](http://www.emr.ch) und [www.emindex.ch](http://www.emindex.ch).

## Lachen bremst Türenknaller

Die Medizin kostet nichts, und jeder kann sie selber herstellen: das Lachen. «Beim Lachen wird das Belohnungssystem eingeschaltet», beschreibt Michaela Schaffner vom europäischen Berufsverband für Lachyoga und Humortraining den Impuls, der eine Kettenreaktion in Gang setzt. Ein ganzer Glückshormoncocktail durchströmt den Körper. Vermutlich werden Serotonin, Dopamin sowie das auch beim Stillen und beim Sex wirksame Kuschelhormon Oxytocin ausgeschüttet. Der Körper geht in den Entspannungsmodus, sagt Schaffner. Es wird tief in den Bauch geatmet, das Schmerzempfinden kann nachlassen, der Blutdruck sinken.

Lachen sei «vor allen Dingen ein soziales Signal, das Aggressionen mindert, Menschen zu Gruppen zusammenbindet und Stress abbaut», sagt der Mediziner und Kabarettist Eckart von Hirschhausen. Es löst sowohl atmosphärische wie körperliche Spannung, sodass «wir auch körperlich beim Loslassen lockerlassen». Lachen gilt von Hirschhausen zufolge als Schutzfaktor gegen seelische Erkrankungen – und gegen Aggression. «In der Lachyoga-Therapie lernen Menschen Übungen, die zum Beispiel typische Wuthaltungen in entspanntes Verhalten ummünzen», erläutert Schaffner. Wer regelmässig Türen knallt, lernt, bereits beim Griff zur Klinke den Anti-Stress-Mechanismus in Gang zu setzen. Dieser hemmt möglicherweise unter anderem die Produktion von Adrenalin, das den Körper in Alarmstimmung versetzt. Lachyoga-Kurse werden in vielen Städten angeboten, auch in Basel. DPA/amr

# Die Kultur der Fehler

Mit eigenen und fremden Irrtümern konstruktiv umgehen, das spart Kosten und Nerven

Von Boris Hänssler

Es muss nicht immer gleich das vergessene OP-Besteck im Bauch eines Patienten sein, aber auch Ärzte machen Fehler. Im Jahre 2009 erkannte die deutsche Bundesärztekammer mehr als 2000 Behandlungsfehler an. Rund 7000 Fälle waren bei den Schlichtungsstellen der Ärzteschaft eingereicht worden. Das «Aktionsbündnis Patientensicherheit» schätzt, dass in deutschen Krankenhäusern jährlich 17 000 Menschen durch eine falsche Behandlung sterben, damit wären ärztliche Behandlungsfehler eine der zehn häufigsten Todesursachen.

Fehler passieren überall, in der Politik, in der Forschung, in der Industrie. Schon der griechische Naturphilosoph Thales von Milet soll beim Sternegucken in einen Brunnen gepurzelt sein. Gescheiterte Flugversuche, Zahlendreher in Studien, sinnentstellte Übersetzungen, die Liste öffentlicher Missgeschicke ist lang – und manchmal haben sie schlimme Folgen.

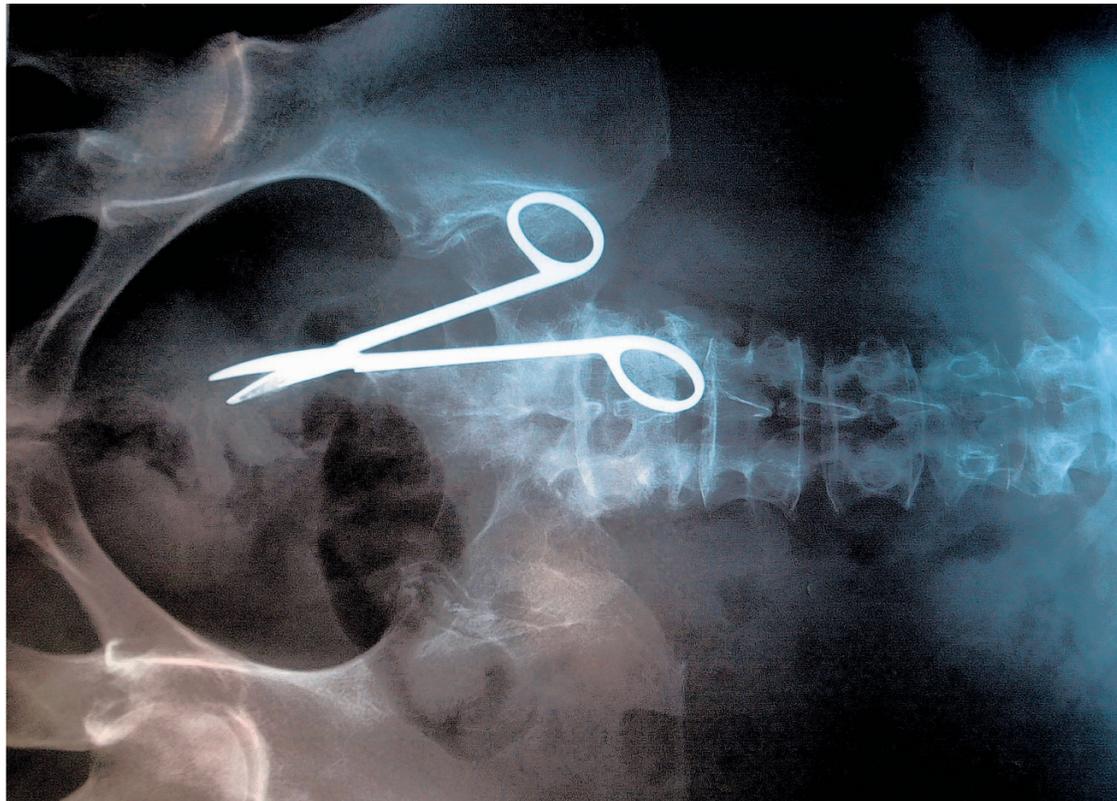
Der amerikanische Automobilhersteller Ford brachte in den 1980ern das Modell Pinto auf den Markt. Eine Billigkonstruktion, denn der Tank im Heck war nahezu ungeschützt und konnte bei kleinsten Auffahrunfällen in Flammen aufgehen. Ford kannte das Problem, wollte aber nicht das Geld aufbringen, es zu beheben. Erst nachdem 60 Menschen gestorben und über 120 schwer verletzt worden waren, nahm Ford den Pinto vom Markt.

## Schnelligkeit statt Gründlichkeit

Ein anderer Fall: 1999 wurde für 320 Millionen Dollar eine Marssonde namens «Climate Orbiter» gebaut. Die Software rechnete teils mit dem metrischen, teils mit dem angloamerikanischen Masssystem. Durch Verwechslung der Masseinheiten entstanden fehlerhafte Berechnungen, die dazu führten, dass die Umlaufbahn 170 Kilometer zu niedrig angesetzt war und die Sonde verglühte.

Warum passieren selbst angesehenen Wissenschaftlern solche Fehler? «Wir haben einfach Probleme mit komplexen Systemen», sagt Ulrich Frey, Philosoph an der Universität Giessen. Er glaubt, dass viele kognitive Fehler evolutiv bedingt sind. Das menschliche Gehirn musste schon vor Jahrtausenden bei Gefahr extrem schnell Entscheidungen fällen.

«Auch heute prasseln in jeder Sekunde unzählige Informationen auf uns ein, die unser Gehirn filtern muss», sagt Frey. Die Evolution habe daher meist den Fokus auf Schnelligkeit und Ein-



Schmerzhaft. Röntgenbild einer 17 Zentimeter langen Ärzteschere im Körper einer australischen Patientin. Foto Keystone

fachheit statt auf Gründlichkeit und Genauigkeit gesetzt. Das hilft in einer einfachen Welt beim Überleben, in unserer komplexen Welt aber ist diese Gabe manchmal ein Hindernis.

Ein Beispiel: Unser Gehirn nutzt bei Entscheidungen bestimmte Denkmuster wie das Ähnlichkeitsdenken, die Annahme, dass sich Ursache und Wirkung ähneln. Das ist oft hilfreich, führt aber mitunter zu abstrusen Ideen: Nach Vorstellung der Fang-Indianer wirkt sich der Verzehr von Eichhörnchen fördernd auf eine Schwangerschaft aus, weil Eichhörnchen aus Löchern herauschlüpfen. Bei den Hopi gibt es dagegen ein Tabu für Schwangere, Eichhörnchen zu essen, da diese in Löcher hineinschlüpfen.

## Horoskop und Medikamente

So absurd das klingt, auch in Europa sind solche Denkmuster verbreitet: Etwa 77 Prozent der Deutschen lesen regelmässig Horoskope, in denen es um sture Steinböcke, mutige Löwen und ausgeglichene Waagen geht. Hauptsache, der Charakter ähnelt dem Symbol. Oder noch folgenreicher: Die Wortwahl bei einer Studie könne Ärzte bei ihrer

Entscheidung für oder gegen eine Therapie beeinflussen, so Ulrich Frey. Ärzte verschreiben ein Medikament eher, wenn eine 80-prozentige Erfolgsquote angepriesen wird. Betont die Studie hingegen den 20-prozentigen Misserfolg, landet sie eher im Papierkorb.

## Die Null-Fehler-Gesellschaft

Fehler machen ist eine Seite, die andere ist der Umgang mit ihnen. Der Kulturhistoriker und Jurist Manfred Osten diagnostiziert Deutschland eine Null-Fehler-Kultur. «Wir glauben seit der Aufklärung, dass wir die Welt kognitiv wahrnehmen, obwohl das hauptsächlich sinnlich geschieht», sagt Osten. Dieser Glaube spornte die westliche Gesellschaft zwar zu Höchstleistungen in Wissenschaften und Technik an, allerdings sind in diesem Weltbild keine Irrtümer vorgesehen. Unsere Intelligenz und Ratio müssten sie ja verhindern.

Doch je komplexer unsere Welt wird und je schneller sich Informationen verbreiten, desto weniger können wir sie fassen. «Politiker reagieren auf diese Ohnmacht, indem sie eine Schar von Beratern beschäftigen», so Osten. Entscheiden sie dann trotzdem einmal

falsch, wird das gerne vertuscht oder sie geben jemand anderem die Schuld.

In Asien gehe man mit Fehlern pragmatischer um, glaubt Manfred Osten. Das Kollektiv sei dort dem Individuum übergeordnet. «Weil praktisch die gesamte Gesellschaft seit Jahrtausenden vom Reisanbau abhängig ist, sind die Menschen gezwungen, jede Form von Verschwendung und Ineffektivität zu vermeiden», sagt Osten. Dies führe in der Gesellschaft zu einer offenen Fehlerkultur, weil Mängel sofort beseitigt werden müssten. Das gelte auch in der modernen Industrie: Es darf keine Überproduktion, Lagerbestände oder unnötige Prozesse geben. Allerdings entstand in Asien anstelle der westlichen Vertuschungskultur eine Schamkultur – die Menschen schämen sich, weil ihre Schwächen ein Nachteil für das Kollektiv sind.

## Mitarbeiter brauchen Vertrauen

Die Unternehmensberaterin Elke Schüttelkopf unterstützt ihre Kunden beim Verankern einer positiven Fehlerkultur. «Es geht darum, Fehler frühzeitig zu erkennen und Präventionsmassnahmen zu entwickeln», sagt sie. Eine konstruktive Fehlerkultur reduziere unnötige Kosten, das Unternehmen bleibe wettbewerbsfähig. Dem Management blieben schlimme Krisen erspart, und den Mitarbeitern Stress. «Fehler passieren immer und überall. Ein guter Umgang mit ihnen ist für alle eine grosse Entlastung.»

Es brauche ein klares Bekenntnis der Führung, die über Reflexionsfähigkeit, Handlungsstärke und Sensibilität verfügen müsse. «Eine konstruktive Fehlerkultur basiert auf Vertrauen und Kooperation», sagt Elke Schüttelkopf. «Wo das nicht gegeben ist, wäre es naiv, sich allein hinzustellen und die eigenen Irrtümer offenzulegen.»

Aber man muss auch dann nicht die Hände in den Schooss legen. Vielmehr ist es hilfreich, im eigenen Bereich Schritt für Schritt Vertrauen und Kooperation aufzubauen. Politiker und Unternehmer könnten Vorbild sein.

«Sie unterliegen einer grossen Selbsttäuschung, wenn Sie glauben, dass Ihre Mitarbeiter Ihre Fehler nicht bemerken», so der Rat von Elke Schüttelkopf. «Folglich gewinnen Sie an Stärke, wenn Sie mit eigenen und fremden Fehlern konstruktiv umgehen.»

## Tipps für eine fehlerfreundliche Irrtumsgesellschaft

Ulrich Frey ist Philosoph und Buchautor. Fehler würden meist unbewusst geschehen, sagt er und gibt Tipps, um sie zu reduzieren:

- > Erwarte eine hohe Fehlerrate
- > Berücksichtige, dass viele Fehler nur schwer zu vermeiden sind
- > Benutze standardmässig sämtliche sinnvollen Kontrollen, die zur Verfügung stehen
- > Lerne von guten Problemlösern
- > Denke an Alternativen
- > Arbeite in Gruppen

- > Rekonstruiere vergangene Fehler
- > Kommuniziere Deine Fehler

## Buchtipps

- > **Ulrich Frey, Johannes Frey:** «Fallstricke: Die häufigsten Denkfehler in Alltag und Wissenschaft», C. H. Beck Verlag, München 2011. 240 S., ca. Fr. 18.90.
- > **Manfred Osten:** «Die Kunst, Fehler zu machen. Plädoyer für eine fehlerfreundliche Irrtumsgesellschaft», Suhrkamp Verlag, Berlin 2006. 106 S., ca. Fr. 21.90.

## coffee talk

# Monster und Gefühle sind nur in unserem Kopf

Von Valentin Amrhein

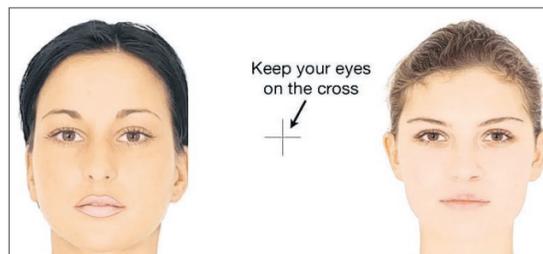


Als das zoologische Institut noch am Rheinsprung lag, gab es dort für die Basler Studenten zwei Attraktionen. Das eine waren die Lastschiffe auf dem Rhein, die es

während der Vorlesungen erstaunlicherweise immer schaffen, die engen Durchgangsstellen zwischen den Trägern der Mittleren Brücke zu treffen. Das andere war ein Schild im Treppenhaus des Instituts, auf dem stand: «Stoppt die Kontinentalverschiebung!» Schon damals war uns klar, dass die Erfolgsaussichten für eine Durchsetzung dieses Anliegens äusserst schlecht standen. Seither versuche ich hin und wieder, ähnlich hartnäckige Dinge zu stoppen, zum Beispiel die Gedanken in meinem Kopf. Es ist ja nicht so, dass Gedanken oder Gefühle immer von Nachteil wären, aber ein paar von ihnen würde vermutlich jeder von uns gerne im Rhein versenken.

Es gibt zum vorübergehenden Abschalten der Gedanken einige bewährte Hausmittel, von denen ich zum Glück nicht alle ausprobiert habe. Aber Sport, Kino und Rotwein haben auch mir manchmal geholfen.

Eine besonders interessante Möglichkeit, weil weder mit Schweiß noch mit Zellgiften verbunden, habe ich erst vor wenigen Jahren entdeckt: Man kann seinen Gedanken oder Gefühlen zuschauen, dann gehen sie von selber weg. Die Technik dazu ist sehr einfach. Man schliesse die Augen, wo man gerade sitzt, und beobachte seinen Atem, ohne irgendetwas zu verändern. Nach kurzer Zeit findet man sich plötzlich bei der Einkaufsliste für heute Abend wieder, oder beim Adrenalin-schub aus dem gestrigen Ärger über den lärmenden Nachbarn. Die Kunst ist jetzt, Gedanken oder Ärger einfach nur zu beobachten. Sehr bald verschwinden sie, lösen sich auf im Licht unserer Aufmerksamkeit. Wer jetzt nicht mehr weiterliest, weil das hier zu esoterisch wird, hat in gewisser Weise recht; denn es handelt sich natürlich um die Grund-



Keep your eyes on the cross

lagen der Meditation, wie sie in Ostasien perfektioniert wurden. Inzwischen haben westliche Mediziner und Psychologen das Konzept übernommen. Westliche Forscher haben bestätigt, dass regelmässig Meditierende nicht nur Gedanken und Gefühle besser kontrollieren können, sondern auch mehr graue Zellen in den Hirnbereichen haben, die der Verarbeitung von Emotionen dienen. Ich bin leider ein sehr unregelmässiger Meditierender, aber auch Laien wie ich können mit etwas Übung nachvollziehen: Wir sind nicht unsere Gedanken und Gefühle, sondern wir können hinter diese zurücktreten und die Erzeugnisse

**Keine Monster.** Bei schneller Bildfolge im Internetvideo macht unser Hirn schöne Frauen zu Aliens.

Foto TangenCognitionLab

unseres Gehirns quasi von aussen betrachten. Das ist sehr tröstlich, denn das, was unser Gehirn so produziert, ist bei allem Respekt für die grauen Zellen oft eine ziemliche Zumutung.

Meine Einführung in Meditation war ein Kurs, den der amerikanische Mediziner Jon Kabat-Zinn eigens für westliche Skeptiker mit wenig Zeit entworfen hat ([www.mbsr-verband.ch](http://www.mbsr-verband.ch)). Dort wurde uns ein Video gezeigt, das die Beschränktheit unserer Aufmerksamkeit eindrucksvoll vor Augen führt. Ich kann nicht mehr darüber verraten, sonst geht der Effekt verloren, aber schauen Sie doch einmal hier vorbei,

und versuchen Sie, aufmerksam zu zählen, wie oft die Damen in Weiss sich gegenseitig die Bälle zuwerfen:

> [www.baz.ch/go/ballspiel](http://www.baz.ch/go/ballspiel)

Direkt in die Windungen des Gehirns führt uns folgendes Video, das aus einer kürzlich im Fachmagazin «Perception» publizierten Studie stammt. Es werden jeweils nebeneinander zwei Fotos von Frauen gezeigt, und die Fotos wechseln mit einer Geschwindigkeit von etwa fünf Bildern pro Sekunde. Blickt man zwischen die beiden Fotos, so verwandeln sich die Frauen in Monster. Blickt man dann wieder auf die einzelnen Fotos, so sieht man ganz normale Frauen. Die Forscher vermuten, dass unser Gehirn einen schnellen Vergleich der Gesichter durchführt, und aufgrund der gleichbleibenden Positionierung der Augenlinie die Unterschiede zwischen aufeinanderfolgenden Gesichtern überbetont. Eine hohe Stirn wird zur Frankenstein-Fratze, runde Augen bekommen den Vampirblick. Auch Monster sind eben meistens selbst gemacht.

> [www.baz.ch/go/monster](http://www.baz.ch/go/monster)

# Der Alltagsstress im Mutterleib

Zu hohe Belastungen für werdende Mütter können die Gesundheit der Kinder schädigen

Von Kurt de Swaaf

**Basel.** Ständig neue Termine, Ärger am Arbeitsplatz, ein entgleisender Haushalt und mitunter ein Partner, der das alles nicht versteht: So manche werdende Mutter kommt während ihrer Schwangerschaft nicht zur Ruhe – im Gegenteil. Oft werden die Alltagsbelastungen nur noch grösser, und auch die Sorgen wachsen. Eine Qual, nicht nur für die betroffenen Frauen. Offenbar leidet auch der Fötus im Bauch.

Wissenschaftler der Universität Basel haben gemeinsam mit Kollegen aus Kalifornien und Dänemark detaillierte medizinische Angaben über die Entwicklung von mehr als 66000 dänischen Kindern ausgewertet, die zusammen mit ihren Müttern an einer seit 1996 laufenden Gesundheitserhebung teilnehmen. «Solch umfangreiches Datenmaterial ist in der Schweiz leider nicht vorhanden», erklärt die Basler Psychobiologin Marion Tegethoff, Erstautorin der neuen Studie.

## Langzeitschäden bei Kleinkindern

Es ist das erste Mal, dass eine derart umfassende Analyse der Auswirkungen von Stress während der Schwangerschaft vorgenommen wurde. Die Forscher setzten das Auftreten von 16 verschiedenen Krankheitsgruppen bei Kindern mit der Stressbelastung ihrer Mütter in Beziehung. Es ging zum Beispiel um Infektionen, Missbildungen, Atemwegserkrankungen, Hautleiden sowie um psychische Krankheiten und Verhaltensstörungen. Die Stressbelastung der Mütter war über eine standardisierte Befragung der schwangeren Frauen ermittelt worden.

Die Ergebnisse der statistischen Auswertungen sind überaus deutlich: Für elf der 16 Krankheitskategorien stellten die Experten beim Nachwuchs von gestressten werdenden Müttern ein gesteigertes Risiko fest. Der Mutterstress schadet offenbar der Gesundheit der Kleinen, auch noch Jahre nach der Geburt. Am stärksten war der Bezug zwischen der Stressbelastung der Schwangeren und dem Auftreten von Verhaltensauffälligkeiten bei ganz jungen Kindern unter zweieinhalb Jahren. Die Details der Studie wurden letzte Woche im Fachmagazin «Environmental Health Perspectives» veröffentlicht.

## Emotionaler Stress schadet kaum

Das Problem der kindlichen Gesundheitsbeeinträchtigung nach Stress während der Schwangerschaft scheint den Zahlen nach weit verbreitet zu sein. «Man kann davon ausgehen, dass dieser



**Haushalt mit Bauch.** Ist die Mutter überfordert, erhöht sich das Risiko von Infektionen und Verhaltensstörungen beim Kind. Foto Fotolia

Zusammenhang bei mindestens einem Viertel der Bevölkerung zu finden ist», sagt Marion Tegethoff.

Stress ist allerdings nicht gleich Stress. Die Forscher unterschieden bei ihrer Erhebung zwischen emotionalem Stress und sogenanntem Alltagsstress. «Die beiden kann man nicht in einen Topf werfen», betont Tegethoff.

Bei emotionalem Stress handelt es sich um innere Gefühle wie diffuse Ängste, Nervosität oder Reizbarkeit. Diese haben erstaunlicherweise so gut wie keine Auswirkungen auf die Gesundheit des Nachwuchses. Ganz anders der Alltagsstress, der zum Beispiel bei finanziellen Schwierigkeiten, hohem Arbeitsdruck oder Partnerschafts-problemen auftritt. Hierunter leiden die Kinder belasteter Mütter offenbar erheblich.

## Infos aus Nägeln Neugeborener

Über welche Stoffwechselmechanismen die gesundheitsschädigende Wirkung zustande kommt, lässt sich zurzeit noch nicht genau sagen. Im Verdacht stehen jedoch mögliche Störungen der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse (HHNA), erklärt Marion Tegethoff. Dieses System ist für die Bildung des Stresshormons Cortisol zuständig. Möglicherweise wird es beim ungeborenen Kind beeinträchtigt, so die Psychobiologin.

Um dem Auslöser auf die Spur zu kommen, hat das Basler Team in Kooperation mit Strassburger Forschern eine Methode entwickelt, womit sich Schwankungen des Stresshormonhaushaltes während der Fötalentwicklung nachträglich ermitteln lassen – anhand von Dehydroepiandrosteron (DHEA), dem wichtigsten fötalen Stresshormon, das in den Nägeln von Neugeborenen eingelagert ist. Die DHEA-Produktion wird von der HHNA gesteuert. «So kann man über die Fingernägel rückblickend auf die Stressbelastung im Mutterleib schauen», sagt Marion Tegethoff begeistert. Das Verfahren wird bereits in neuen Studien erprobt.

Die Entdeckung der Basler Wissenschaftler weist auf ein bislang wohl unterschätztes öffentliches Gesundheitsproblem hin. Tegethoff warnt gleichwohl vor Überreaktionen. «Die Gefahr besteht, dass Frauen auf solche Meldungen sehr ängstlich reagieren und dadurch noch viel stärker gestresst werden.» Nicht jedes Kind einer gestressten Mutter ist betroffen, so die Expertin. «Und man kann dem viel Gutes entgegenzusetzen.» Es gibt wirksame Entspannungstechniken, und manchmal hilft auch schon ein warmes Bad.

## coffeetalk

# kleinschreiben

Von Valentin Amrhein



dies sollte ein brennendes pamphlet zur einföhrung der totalen kleinschreibung werden. wenn man mit einer vorgefassten meinung zu recherchieren

beginnt, läuft die meinung aber leider gefahr, sich zu ändern. fangen wir von vorne an: nachdem die römer alle buchstaben grossgeschrieben hatten, wurde unter karl dem grossen im achten jahrhundert die karolingische minuskel erfunden. das frankenreich sollte über eine einheitliche verwaltungsschrift verfügen, die schneller zu schreiben und besser zu lesen sei. aus ihr entwickelten sich die kleinschreibung der deutschen schriften. zunächst wurde über jahrhunderte alles kleingeschrieben. die deutsche gross-schreibung entstand erst im barock, und sie war eine mode ohne strenge regeln. johann wolfgang von goethe etwa schrieb mitunter einfach Das gross, was er für Wichtig hielt.

Im 19. Jahrhundert wollten dann kluge Leute die inzwischen reguläre Gross-schreibung wieder abschaffen. Jacob Grimm zum Beispiel schrieb seine Texte klein, und auch Konrad Duden sah in Gross- und Kleinschreibung eine «nutzlose Gedächtnisbelastung». Doch es war zu spät. Die Gross-schreibung hatte Texte und Köpfe unterwandert, und sie war trotz aller Bemühungen nicht mehr wegzukriegen. Im Jahr 1954 wurde an einer internationalen Orthografiekonferenz in Stuttgart die gemässigte Kleinschreibung gefordert: Grossbuchstaben nur noch am Satzanfang und für Eigennamen. Das scheiterte allerdings am Widerstand vor allem von Schweizer Schriftstellern.

Nach wie vor gibt es eine Lobby für die Kleinschreibung, vor allem in der linken Ecke. Die «tageszeitung» (taz) aus Berlin schreibt seit Jahren ihren Titel klein. Das bauhaus, Heinrich Böll, und Elfriede Jelinek setzten und setzten sich unter anderem deswegen für die Kleinschreibung ein, weil vor dem Gesetz alle Wortgruppen gleich sein sollen. Böll fand, dass eine Sprache weder an Informationswert noch an Poesie verliere, wenn sie von der Gross- zur Kleinschreibung übergehe. Über den Informationswert kann man sich allerdings streiten. Und dabei geht es nicht nur um Witze, die die Mehrdeutigkeit klein geschriebener Wörter offenlegen, wie «der gefangene floh» oder «valentin beschäftigt sich mit vögeln» (was ich mir, schon damals Vogelfreund, in der Schule bis zum Überdruß anhören musste).

Es sieht so aus, als würde uns die Grossschreibung das Lesen erleichtern, weil die Information im Satz schneller erfasst wird. Das bedeutet aber nicht, dass Franzosen und Engländer langsamer lesen als wir, denn in diesen Sprachen ist der Satzbau weniger flexibel und daher überschaubarer als im Deutschen. Im Französischen wird meist zuerst das Substantiv genannt: «une voiture confortable et vite». Im Deutschen können wir sagen: «ein neues, grosses, blaues Auto, schnell und bequem». Das Auge kann sich inmitten einer Flut von Attributen am grossgeschriebenen Substantiv festhalten. In der Tat zeigen Studien, dass grossgeschriebene Texte schneller gelesen werden. Das gilt erstaunlicherweise auch für niederländische Versuchsteilnehmer, die Texte ihrer eigenen Muttersprache mit grossgeschriebenen Substantiven schneller lesen konnten als in ihrer vertrauten Kleinschreibung. Dagegen steht, dass Grossschreibung das Lernen und das Schreiben verzögert. Man denke an die armen Menschen, die unsere Sprache lernen müssen, und an die Verrenkungen der kleinen Finger auf der Tastatur, wenn sie die Umschalttaste bedienen. Da wir jedoch viel mehr lesen als schreiben, so das überzeugende Argument der Grossschreibfreunde, sollten wir die grossen Buchstaben behalten.

# Schere – Stein – Papier

Warum gibt es beim Knobelspiel so oft unentschieden? Schuld sind offenbar die Spiegelneuronen

Von Frank Ufen

Jedes Kind kennt das Spiel, das auf der ganzen Welt gespielt wird und im deutschen Sprachraum noch unter etlichen anderen Namen bekannt ist. Die geballte Faust steht für einen Stein. Die gespreizten Zeige- und Mittelfinger symbolisieren eine Schere. Und die flache Hand repräsentiert ein Stück Papier. Der Stein schlägt die Schere, weil er sie stumpf machen kann. Die Schere schlägt das Papier, weil sie es zerschneiden kann. Und das Papier schlägt den Stein, weil es ihn einwickeln kann.

Die beiden Spieler schliessen ihre Hand und lassen sie schlenkern oder verstecken sie hinter dem Rücken. Dabei zählen sie gleichzeitig bis drei oder sagen «Schere – Stein – Papier». Dann wird schnell die Hand vorgestreckt und eine der drei Figuren gebildet. Dieses einfache Spiel gibt der Wissenschaft ein Rätsel auf: Warum geht es so häufig unentschieden aus, so dass die zwei Spieler die gleiche Figur zeigen?

Der britische Psychologe Richard Cook hat dazu eine Reihe von Experimenten durchgeführt. Über seine Forschungsergebnisse berichtet er in der



**Entschieden.** Der Stein (rechts) schlägt die Schere (links). Foto iStockphoto

jüngsten Ausgabe der «Proceedings of the Royal Society».

Cook hat 45 männliche und weibliche Versuchspersonen in Dreiergruppen aufgeteilt, deren Mitglieder jeweils paarweise drei 20-Runden-Matches gegeneinander austragen sollten. In den ersten beiden Partien waren je einem der Spieler, in der letzten Partie beiden Spielern die Augen verbunden. Derjenige, der am Ende die meisten Runden gewonnen hatte, wurde mit einer kleinen Geldprämie belohnt.

Von den Spielen, bei denen weder die eine noch die andere Versuchsperson

sehen konnte, was ihr Gegenüber machte, gingen 33,3 Prozent unentschieden aus – was exakt der statistisch zu erwartenden Zufallsverteilung entspricht.

## Imitieren wider Willen

Hingegen stieg der Anteil der unentschieden ausgehenden Aufeinandertreffen um fast 10 Prozent, wenn einer der beiden Konkurrenten in der Lage war, seinen Mitspieler zu sehen.

Dieser Effekt war allerdings bei den drei Gesten nicht gleichmässig ausgeprägt. Er trat am stärksten bei

«Schere» auf, dicht gefolgt von «Stein», wohingegen er bei «Papier» völlig ausblieb.

Für all das, vermutet Cook, gibt es eine einfache Erklärung: Immer dann, wenn ein Spieler wahrnimmt, dass sich sein Gegenüber einen Sekundenbruchteil früher als er selbst für eine Geste entschieden hat, neigt er dazu, diese augenblicklich zu imitieren – ohne es zu wollen und ohne sich dessen bewusst zu sein. «Auch wenn es eigentlich gegen unsere Interessen ist», sagt Cook, «können wir das automatische Imitieren oft nicht unterbinden.»

Dass nur das Scheren- und das Stein-Symbol imitiert wurden, führt er darauf zurück, dass sie an der auffälligen Haltung der Hände und Finger innerhalb von Millisekunden erkennbar sind.

Cook glaubt, dass für das automatische Imitieren dieser Gesten die Spiegelneuronen verantwortlich sind. Also jene Nervenzellen in unserem Gehirn, die zum einen aktiviert werden, wenn wir bestimmte Handlungen ausführen. Und die zum anderen aktiviert werden, wenn wir beobachten, wie ein anderer die gleichen Handlungen ausführt.

# Wer sucht, der wird gefunden

Wie im Internet unser Suchverhalten entschlüsselt wird

Von Adrian Lobe

Das Netz vergisst nicht – so lautet ein bedrohlich klingendes Urteil über das World Wide Web. Ob Einkäufe, E-Mail-Verkehr oder simple Suchanfragen – überall hinterlässt der User eine digitale Datenspur.

Wer etwa bei Amazon nach einer Kaffeemaschine sucht, erhält beim Anklicken des entsprechenden Angebots den Link für die dazugehörigen Glastassen. Die führen dann zu exquisiten Löffelsets, worauf man sich wiederum zu anderem Zubehör weiter leiten lassen kann – die Liste liesse sich beliebig fortsetzen. Auch den letzten Buchkauf hat der Versandhandel registriert. Beim erneuten Seitenaufruf wird dem Nutzer offenbart: «Ihnen könnte dieser Artikel gefallen.»

## Schuhe ordnen im Schrank

Solche suggestiven Kaufaufforderungen sind kein Zufall. Hinter den Querverweisen steckt ein ausgeklügeltes System. Spezielle Algorithmen sorgen dafür, dass die Eingaben zu einem passenden Ergebnis gebündelt werden. Algorithmen sind nichts anderes als Rezepte, die mit Zahlen unterlegt sind.

Jede handelsübliche Bedienungsanleitung funktioniert nach diesem Prinzip.

Ein Beispiel: Ein chaotischer Schrank soll nach der algorithmischen Methode geordnet werden. Dabei entnimmt man dem Schrank jeweils einen Schuh und legt ihn – sofern er passt – auf eine Ablage. Anstatt die unpassenden Schuhe also wieder zurückzuwerfen, werden sie geschichtet. Das klingt zunächst banal. Das Resultat verdeutlicht aber, wie effizient die algorithmische Vorgehensweise ist. Freilich verfahren moderne Rechensysteme weit aus komplexer. Doch letztlich errechnet der Computer auch dort in einem mehrstufigen Annäherungsverfahren die Zielloptimierung. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass das digitale Gehirn in der Lage ist, immens aufwendige Folgen von Rechenschritten durchzuführen – egal wie unübersichtlich sich das Zahlengewirr darstellt.

Der Beharrlichkeit des Computers ist es zu verdanken, dass zum Beispiel Werbung individualisiert werden kann. Personalisierte Sucheingaben sorgen dafür, dass der Online-Einkäufer auf dem Bildschirm ein Warenangebot erblickt, das auf seine Vorlieben zugeschnitten ist.

Des einen Bequemlichkeit, ist des anderen Wirtschaftlichkeit: Online-Versandhäuser erschliessen nicht nur neue Marktnischen, sondern sparen auch noch Kosten. Schlaue Algorithmen, die Kundenwünsche von den Tasten ablesen, müssen im Gegensatz zu realen Verkäufern nicht entlohnt werden.

Dass Algorithmen keine blossen Zahlenhuberei darstellen, wissen die Verantwortlichen der Suchmaschine Google schon lange. Vor einiger Zeit hat der Konzern seine Dienste personalisiert. Seither kann jeder User seine Hobbys angeben, das Wetter seines Wohnortes abfragen und die Schlagzeilen von Google News abrufen. Eine individuelle Suchplattform, frei nach den Wünschen des Anwenders.

## Die Latte-Trinkerin gegenüber

Ganz uneigennützig ist der Service natürlich nicht. Googles Ziel ist es, die künftigen Suchabsichten des Nutzers im Voraus zu erraten. Bis zu sechs Monate werden die Sucheinträge gespeichert und detailliert ausgewertet.

Denn: Das Geschäft mit Werbung in Suchmaschinen floriert – die Informationen sind eine regelrechte Goldgrube.

Kein Wunder, dass Google sein Algorithmengeheimnis wie einen wertvollen Schatz hütet.

Mittlerweile ist die Technik so ausgefeilt, dass ein winziges Programm den digitalen Barcode des Menschen entschlüsseln kann. Google entwickelte letztes Jahr eine Anwendung, die es ermöglicht, unbekannte Personen auf einem Handyfoto zu identifizieren. Dabei werden die Gesichtsmarkierungen auf Algorithmen heruntergebrochen und mit ähnlichen Zahlenkombinationen im Internet verglichen. Die Fahrt des digitalen Abgleichs führt dann unter Umständen zu einem benannten Facebook-Profil mit Bild. Wer also im Strassencafé mit seinem iPhone einen Schnappschuss macht, kann mithilfe der Software herausfinden, wer die Frau ist, die gegenüber gerade einen Latte schlürft. Aus Datenschutzgründen verzichtete Google auf eine Freigabe – vorerst.

Das Gedächtnis des Internets wächst unaufhaltsam. Gespiess von unseren Sucheingaben, denkt das Internet immer verdrehter und vernetzter. Unsere Fragen an das Netz sind Antworten zugleich – manchmal entlarvender, als es einem lieb ist.

coffee talk

## Leukämie und Atomkraftwerke

Von Valentin Amrhein



«Wahrscheinlich kein erhöhtes Kinderkrebsrisiko in AKW-Nähe», so titelte die «Tageschau» auf ihrer Webseite am 12. Juli. Matthias Egger, Direktor des

Instituts für Sozial- und Präventivmedizin der Universität Bern, liess sich im Fernsehinterview auf die Äste hinaus: «Wir haben gefunden, dass das Risiko von Leukämie bei Kindern unter fünf Jahren, die innerhalb von fünf Kilometern von Kernkraftwerken wohnen, nicht höher ist als bei Kindern, die weiter weg wohnen.» Stimmt das? In der Pressemittteilung der Universität Bern und in der Fachpublikation liest sich das anders. Zwar wurden insgesamt 1,3 Millionen Kinder im Alter von 0 bis 15 Jahren aus der ganzen Schweiz in die Untersuchung mit einbezogen, was der Studie den Anschein grosser Zuverlässigkeit gibt. Aber bei Kleinkindern unter fünf Jahren, die besonders strahlenempfindlich sind, wurden innerhalb von fünf Kilometern um Atomkraftwerke «nur» acht Fälle von Leukämie gefunden. Es ist einerseits natürlich gut, dass dies relativ wenig Erkrankungen sind. Andererseits steht eine Schlussfolgerung, die auf so geringen Fallzahlen beruht, auf äusserst wackeligen Beinen.

Für den theoretischen Fall eines nicht erhöhten Risikos wurden in der Nähe von AKW 6,8 Fälle von Leukämie erwartet, gefunden wurden acht erkrankte Kinder. Im Vergleich zu den Kindern aus dem Rest der Schweiz war das Risiko, an Leukämie zu erkranken, um 20 Prozent erhöht. Das Problem ist nur: Aufgrund der geringen Fallzahlen war diese Erhöhung statistisch nicht signifikant. Nun ist das Konzept der statistischen Signifikanz kompliziert und wird in der Öffentlichkeit, teilweise auch von Wissenschaftlern, nicht immer richtig vermittelt. Signifikant würde in unserem Fall bedeuten, dass das um 20 Prozent erhöhte Krebsrisiko nur schwer durch Zufall zu erklären ist. Nicht signifikant bedeutet: Das Ergebnis kann reiner Zufall sein. Hätten wir die Umgebung anderer Atomkraftwerke untersucht, hätten wir vielleicht ebenfalls ein erhöhtes Risiko, vielleicht aber auch ein geringeres Risiko gefunden. «Die Ergebnisse sind statistisch sowohl mit einer Risikoreduktion als auch mit einer Risikoerhöhung vereinbar», fasst Egger in der Mitteilung zusammen.

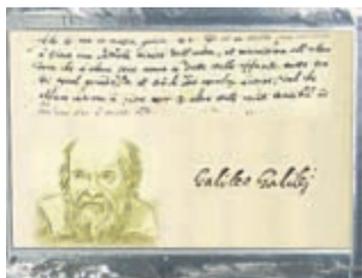
Die harte Wahrheit ist: Diese Studie sagt nichts aus. Nicht signifikante Ergebnisse können leider nicht als Beweis dafür herangezogen werden, dass es keinen Unterschied zwischen den Leukämieraten nahe bei und weiter entfernt von AKW gibt. Sie zeigen nur, dass die Stichprobengrösse nicht ausgereicht hat, um die «Überzufälligkeit» des gefundenen Unterschiedes zu demonstrieren. Solche «Nicht-Ergebnisse» sind für Wissenschaftler äusserst problematisch. Denn mit nicht signifikanten Ergebnissen kann man eben keine Aussagen machen, man kann sie meist schlecht publizieren, und man soll damit vor allem keine Politik betreiben. Denn der oft berechtigte Einwand ist: Hättest du mehr Daten gesammelt, wäre der Unterschied vielleicht signifikant geworden. In Deutschland hat man vor vier Jahren eine grössere Zahl erkrankter Kleinkinder untersucht, und es wurde ein signifikant verdoppeltes Leukämierisiko gefunden. Nun kann man sagen, ob sieben oder acht Leukämiefälle, das spielt vielleicht nicht so eine Rolle. Dieses Argument wollen wir eigentlich denjenigen überlassen, die so gerne mit den angeblich niedrigen Todesraten der Tschernobyl-Opfer herumspielen. Dass die Schweizer Studie aber in Medien und Politik als Beleg herumgereicht werden konnte, der gegen ein erhöhtes Kinderkrebsrisiko in AKW-Nähe spricht, ist ein wissenschafts-publizistischer GAU. valentin.amrhein@baz.ch

# Sonde Juno bringt Spielsachen für Jupiter mit

Mit Lego-Figuren und Plakette ist das Nasa-Raumschiff fünf Jahre zum Riesenplaneten unterwegs



**Lego-Trio.** Jupiter und Juno als Götter und Galileo Galilei als Mensch sind figürlich zum Riesenplaneten unterwegs.



**Florentiner Souvenir an Bord.** Eine Plakette mit dem Porträt Galileis und seinen Notizen fliegt mit. Fotos Nasa

Von Martin Hicklin

Weniger als einen Tag benötigt sie für die Strecke Erde-Mond, aber die Reise zum Ziel dauert doch fünf Jahre. Juno, die Planetensonde der Nasa, muss in jetzt noch 1820 Tagen 2800 Millionen Kilometer hinter sich bringen, bis sie beim Riesenplaneten Jupiter angekommen ist. Den soll sie 33-mal umkreisen und mit acht Instrumenten nach allen Aspekten untersuchen. Vor allem soll sie versuchen, hinter die dichten wechselnden Wolken zu schauen, hinter der sich der mächtige Gasplanet verbirgt.

Ginge es wie in den antiken Göttersagen zu, dann müsste dies einer «Juno» gelingen, denn Juno hiess bei den Römern die Gattin des Jupiter und obersten Gotts. (Juno und Jupiter sind den Römern, was Hera und Zeus den Alten Griechen waren.)

## Lego an Bord

Jupiter soll sich immer, wenn er in Zorn war, hinter Wolkenschleiern versteckt haben, etwa wenn ihm seine Gattin wieder mal ein Liebesabenteuer vermasselte. Aber Juno soll eben die Fähigkeit gehabt haben, als Einzige das Un-

durchdringliche und ihren Mann zu durchschauen.

Damit ein Wegelagerer unterwegs oder Jupiter am Ziel den hohen kulturellen Stand erkennen können, den die Absender erreicht haben, fliegen drei Figuren mit. Sie entstanden in enger Zusammenarbeit zwischen Nasa und Lego. Die eine stellt Göttin Juno dar. Mit Vergrösserungsglas, weil sie bei Jupiter alles durchschaut (Bild). Links von ihr steht Jupiter selbst mit seinen Donnerkeilen, denn im Zorn pflegt er gern zu donnern und zu blitzen. Den Dritten macht der Italiener Galileo Galilei mit einem Teleskop. Denn er hatte 1610 als Erster die Jupitermonde beschrieben. Seither heissen die vier grossen Trabanten – Io, Europa, Ganymed und Callisto – auch Galileische Monde.

(Die Lego-Figuren sind natürlich nicht für Aliens, sondern dazu gedacht, das Interesse der Kinder für Wissenschaft und Forschung zu beflügeln.)

## Sechs Gramm für Galileo

Zu Ehren Galileos fährt auch eine sechs Gramm schwere Aluminiumplakette mit, die mit Epoxidharz auf die Bordwand geklebt ein Porträt des Bärtigen trägt. Dazu ein Stück der Notizen, die er anlässlich seiner ersten Beobachtungen gemacht hatte.

«Juno» lebt energiemässig von der Sonne. Weil fern bei Jupiter die Sonnenstrahlung geringer ist, sind die drei Solarzell-Paddel riesengross. Sie enthalten Zellen, die besonders effizient sind und hoffentlich auch noch in der Nähe des Giganten funktionieren werden.

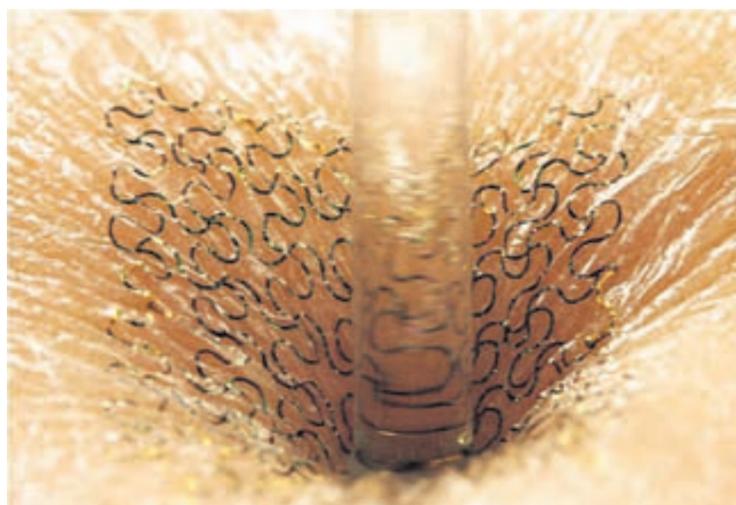
► [www.nasa.gov/juno](http://www.nasa.gov/juno)

# Feines Fühlen unter dem Tattoo

Flexible elektronische Sensoren für heikle Stellen entwickelt

Ein ultradünner, selbstklebender Mikrosensor könnte künftig in permanenten oder leicht entfernbaren Tattoos untergebracht werden, um Herz- und Hirndaten oder anderes zu messen und zu senden. Ein Prototyp wird jetzt in «Science» vorgestellt. Das «Epidermale Elektronische System» (EES) kann je nachdem, was man erfühlen will, mit Miniatorsensoren, Mikrosendern und -empfängern ausgerüstet werden. Das Ding wurde von Ingenieuren der Universität Illinois mit amerikanischen Partnern und solchen aus Singapur und Dalian in China entwickelt. Einige der verwendeten Elemente sind dünner als ein Haar und in eine Folie eingebaut, wie man sie von abwaschbaren Fun-Tat-

toos kennt. Der Sensor haftet ohne Klebstoff schon aufgrund der schwachen Van-der-Waals-Kräfte, bis zu 24 Stunden vorerst. Die schlangenartig mäandrierende Anordnung der elektronischen Verbindungen und Elemente trägt zur enormen Flexibilität und Haftbarkeit bei, wie sie unser Bild zeigt. Die Vorrichtung kann in Tattoos versteckt oder am Hals angebracht werden, auch für «subverbale, verdeckte Kommunikation». Der Stromverbrauch ist minim und kann etwa über Solarzellen gedeckt werden. Das EES ist fürs Messen an schwierigen Stellen gedacht. Aufgepasst also beim Umgang mit Schmetterling oder Drache. Sie könnten heimlich mitfühlen. hckl



**Alles ultra.** Dünner als ein Haar ist der neue Sensor, der sich sichtlich als sehr biegsam erweist und gut in einem Tattoo verborgen werden kann. Foto Science



Postkartenhimmel. Ist hübsch und reflektiert mehr Sonnenstrahlen: Forscher wollen die Meereswolken weisser machen. Foto Fotolia

# Weisse Wolken gegen Klimawandel

Spiegel im Weltraum, Schwefel in der Stratosphäre: Wie sinnvoll ist «Climate Engineering»?

Von Andreas Lorenz-Meyer

Schiffe fahren auf den Ozean hinaus und versprühen dort Meerwassertropfen: Das ist «marine cloud whitening», im Prinzip eine einfache Sache. Die Wassertropfen verdampfen, und die zurückbleibenden Meersalzpartikel steigen zu den Wolken auf. Dort oben bilden sie Kondensationskeime. Die Wolken werden dadurch weisser und können mehr Sonnenlicht reflektieren. Der Albedo-Effekt, den es auch beim arktischen und antarktischen Eis gibt, wird also künstlich verstärkt – und das Erdklima kühlt ab.

Der Einsatzplan für diese künstliche Wolkenaufhellung existiert aber nur auf dem Reissbrett. Die britischen Wissenschaftler John Latham und Stephen Salter entwarfen Spezialschiffe, unbemannte, windbetriebene Trimaranen mit Sprühkaminen in der Mitte. Diese Schiffe sollen permanent auf den Ozeanen kreuzen und per Satellitenfunk immer dorthin steuern, wo sich Wolkenfelder gebildet haben.

## Einfache Lösungen haben Haken

Jahr für Jahr müssten tausend Schiffe vom Stapel gelassen und etwa eine Milliarde Euro investiert werden. Damit liesse sich der gegenwärtige Treibhauseffekt ausgleichen, sagen die Wissenschaftler. Eine Milliarde Euro klingt verlockend im Vergleich zu den immensen Kosten anderer Klimaschutzmassnahmen, zum Beispiel dem Wechsel zu erneuerbaren Energien. Aber es gibt einen Haken, wie so oft bei einfachen Lösungen: Wahrscheinlich würden viele der versprühten Meersalzpartikel die Wolken gar nicht erreichen, da sie durch Verdunstungskälte wieder absinken.

Unter dem Begriff «Solar Radiation Management» ist eine ganze Gruppe von Ideen zur Klimabeeinflussung zusammengefasst. Das Reflektieren von Sonnenstrahlung könnte theoretisch als Notbremse der Klimapolitik eingesetzt werden, wenn das Klimasystem eines Tages zu kollabieren droht. Eine der Ideen verlagert Klimaschutz gleich in den Orbit: Spiegelreflektoren sollen Sonnenlicht schon 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt stoppen – die wohl aufwendigste Form des Klimaklempnens.

«Diese Methode ist wohl eher Science-Fiction», sagt Gian-Kasper Plattner, Basler Klimaforscher an der Universität Bern, und nennt ein allgemeines

Problem der Forschung: Die Methoden können im Labor nicht 1:1 simuliert werden, weil Climate Engineering das gesamte globale Klima beeinflussen soll – ein hochkomplexes und nicht-lineares System, bei dem unerwartete und nicht vorhersagbare Rückkopplungen auftreten können. «Über grobe theoretische Schätzungen der Wirksamkeit sind wir bis heute nicht hinausgekommen.»

## Alter Wald bindet kein neues CO<sub>2</sub>

Plattner ist Experte für die Interaktionen zwischen Kohlenstoffkreislauf und Klima. Genau an diesem Punkt setzt eine zweite Gruppe von Methoden an: Carbon Dioxide Removal. Dieser Ansatz versucht, die Treibhausgaskonzentration in der Atmosphäre zu reduzieren, indem die natürlichen Kohlenstoffsenken auf dem Land oder im Ozean gestärkt werden, etwa durch Waldaufforstungen oder Moorschutzprojekte. Allheilmittel sind diese Methoden aber auch nicht.

«Es gibt ein natürliches Limit, denn ein einmal aufgeforsteter Wald kann langfristig kein zusätzliches Kohlendioxid mehr binden», so Plattner. Die Bäume befinden sich stattdessen in einem CO<sub>2</sub>-Gleichgewicht: Kohlendioxid wird während der Wachstumsperiode im Frühling aufgenommen und im Herbst beim Zerfall organischen Materials wieder freigesetzt – ein Wechselspiel, das bei Laubbäumen gut sichtbar wird.

Welcher Gruppe von Massnahmen sollte also der Vorzug gegeben werden? Weder Solar Radiation Management noch Carbon Dioxide Removal gehen die eigentlichen Ursachen an, meint Plattner. Doch Carbon Dioxide Removal sei wohl die realistischere und sinnvollere Form des Climate Engineering – nicht weil sie wirksamer wäre, sondern weil sie nicht versucht, das physikalische Klimasystem direkt zu manipulieren. Alle Varianten müssten mit Vorsicht behandelt werden, warnt der Klimaforscher. Dennoch sollten die Forschungen weitergehen, damit Risiken und Langzeiteffekte abgeschätzt werden können.

Denn ohne seriöse wissenschaftliche Analysen der Möglichkeiten, Kosten und Gefahren lassen sich keine vernünftigen politischen Entscheidungen für oder gegen den Einsatz von Climate Engineering treffen. «Ich frage mich allerdings, ob wir ernsthaft versuchen sollten, einen massiven menschlichen Eingriff, nämlich unsere Treibhausgasemissionen, durch einen anderen mas-

sivem Eingriff zu korrigieren. Bevor wir dies tun, sollten wir die Ursache des Problems angehen, also unsere Klimagasemissionen reduzieren. Das sollte immer oberstes Ziel bleiben.»

Und was geschieht, wenn die Reduzierung von Treibhausgasemissionen nicht rasch genug vorangeht oder als zu teuer eingestuft wird? «Es ist absehbar, dass dann der Ruf nach Climate Engineering lauter wird», vermutet Plattner. Erfolgt doch eines Tages der Startschuss, müssen in jedem Fall die Verantwortlichkeiten geklärt sein. Denn wer haftet dafür, falls etwas schiefgehen sollte?

Die möglichen Nebenwirkungen von Climate Engineering untersucht Hauke Schmidt vom Max-Planck-Institut für Meteorologie in Hamburg. Der Atmosphärenwissenschaftler wertet im Rahmen eines Forschungsprojekts deutsche, französische und norwegische Klimamodelle aus und versucht, daraus robuste Prognosen zu entwickeln.

«Wir können unsere Erfahrungen mit den Folgen von Vulkanausbrüchen nutzen», erklärt Schmidt. Als vor 74 000 Jahren auf Sumatra der Vulkan Toba ausbrach, wurden Schwefelpartikel in die Stratosphäre hinaufgeschleudert. Klimaforscher konnten anhand von Supervulkan-Simulationen zeigen, dass die Temperaturen auf der Erde daraufhin um drei Grad sanken. Auch eine Eruption neueren Datums, die des Vulkans Pinatubo auf den Philippinen im Jahr 1991, brachte eine vorübergehende Abkühlung, wenn auch nur um ein halbes Grad.

## Vorindustrielle Temperaturen

Liesse sich dieser «vulkanische Winter» nicht auch künstlich erzeugen, indem Schwefelpartikel von Menschenhand in die Stratosphäre geflogen werden? Diese Injektionen in rund 20 Kilometern Höhe sind machbar – nicht mit Ballons oder Artilleriegeschossen, wie schon zu lesen war, sondern mit Flugzeugen, die allein für diesen Zweck konstruiert werden müssen. Nach momentanem Stand der Forschung lässt sich sagen, dass die globalen Temperaturen durch massive Schwefelinjektionen tatsächlich auf ein vorindustrielles Niveau sinken würden.

Allerdings wäre diese Temperaturabnahme ungerecht verteilt: «In hohen Breiten und über den Kontinenten würde etwa ein Grad Erwärmung bestehen bleiben, zum Äquator hin und über

den Ozeanen würde eine Abkühlung um 0,5 Grad eintreten», so Schmidt.

Eine Temperatur nach Wunsch gibt es also nicht. Stattdessen verlangsamten Schwefelinjektionen die Erholung der Ozonschicht – und verursachen schlimmstenfalls Dürren. «Wir haben durch die momentane Erwärmung zwar eine allgemeine Zunahme von Niederschlägen», erklärt Hauke Schmidt. «Das würde durch Climate Engineering aber mehr als kompensiert.» Mit fatalen regionalen Folgen, wie ein US-Wissenschaftler vorhersagt: Wenn der indische Monsun jahresweise ausbleibt, würden dem Subkontinent lange Zeiten der Trockenheit bevorstehen. «Selbst wenn wir alles, was wir wissen, in unsere Klimamodelle packen: Bei Climate Engineering kann es immer zu Nebenwirkungen kommen, an die vorher niemand gedacht hat», so Schmidt.

## Wir leben auf zu grossem Fuss

Diese Nebenwirkungen müssen nicht unbedingt schlimme klimatische Folgen haben. Sie können ein Verfahren auch einfach scheitern lassen. Die Eisendüngung der Ozeane zum Beispiel wurde schon euphorisch gefeiert, weil sie geeignet schien, sehr viel Kohlendioxid aus der Atmosphäre herauszunehmen. Nun schickte aber das Alfred-Wegener-Institut in Bremerhaven sein Forschungsschiff «Polarstern» in den Südatlantik. Dort wurden Eisensulfate ins Meer gekippt, um das Wachstum von Algen zu beschleunigen. Doch der Teufel steckt im Detail: Die Pflanzen, die Kohlendioxid hätten fressen sollen, wurden selber von kleinen Krebstieren verspeist, die sich aufgrund der Eisendüngung rasant vermehrt hatten.

Fridolin Stähli von der Fachhochschule Nordwestschweiz beschäftigt sich mit den ethischen Dimensionen der Ingenieurskunst. Ein Grund, von Climate Engineering abzulassen, ist für ihn: Besteht erst die Aussicht auf eine technische Lösung, wären die Menschen kaum mehr bereit, in sparsamere Techniken und erneuerbare Energien zu investieren. Die Entwicklung von erneuerbaren Energien würde also verzögert. An diesen alternativen Energiequellen führt aber wegen der Endlichkeit der fossilen Energien kein Weg vorbei. «Seit längerem schon leben wir auf zu grossem Fuss», sagt Stähli. «Das Biokapital des Globus ist aber beschränkt. Daher brauchen wir Genügsamkeit – und kein Climate Engineering.»

## coffee talk

# Habe die Ehre

Von Valentin Amrhein

Mit dieser Ausgabe verabschieden wir uns von unseren Leserinnen und Lesern. Die Wissensseite und ihr letztberufener Redaktor, wir werden beide aufgelöst. Zeit für das Wort zum Freitag. Einige Menschen sagten mir, sie hätten gerne öfter unpolitische Artikel über die Wunder der Natur gelesen. Leider liessen mir Fukushima und Klimawandel kaum Zeit, unpolitisch zu berichten. Auch ist das Umfeld meinungsstärker geworden. Eindeutige Aussagen sind Trumpf, Unsicherheit ist Sünde. Ich habe kein Problem mit starken Meinungen, solange sie durch das Wort «ich» gekennzeichnet werden. Aber Wissenschaft ist vielleicht der einzige Ort, an dem man hauptberuflich unsicher sein darf und sollte. Denn nichts ist abschliessend beweisbar, Zweifel sind für Wissenschaftler Pflicht. Trotz dieser Unsicherheit brauchen wir für unsere Entscheidungen in Politik und Alltagsleben klare Empfehlungen. Mein Appell an die Kollegen Wissenschaftler ist daher: Macht eure Empfehlungen öffentlich! Aber mutet uns Lesern trotzdem ein Quäntchen Unsicherheit zu. Mein Appell an die Kollegen Leser: Misstraut starken Meinungen! Wenn jemand kein Mathematiker ist und trotzdem behauptet, er oder sie habe etwas einwandfrei bewiesen, dann drückt meist das Ego oder der Politiker durch. Aber verwechselt auch nicht Unsicherheit in der Sachlage mit Unentscheidbarkeit. Wenn 95 Prozent der Wissenschaftler etwas für hinreichend belegt halten, dann muss das nicht stimmen. Aber es ist einfach die beste Entscheidungsgrundlage, die wir haben. Lauft nicht gleich den zwei Propheten hinterher, die das Gegenteil behaupten. Vielleicht sind die nahe an der Wahrheit, aber dann heissen sie Kopernikus oder Darwin, und die sind ziemlich selten. Und vor allem: Freuen wir uns an den Wundern der Natur! Eines von ihnen ist der Mensch. Aber jetzt nicht sentimental werden. Habe die Ehre, und ich hoffe, wir lesen uns wieder.

v.amrhein@unibas.ch

## 10 000 Jahre Höhlenleben

Auf dem Gebiet des heutigen Basel gibt es Siedlungsspuren, die bis ins fünfte Jahrhundert vor Christi zurückreichen. Basel ist also seit etwa 2500 Jahren von Menschen behaut. Ist das lang, ist das kurz? Das elsässische Lutter liegt etwa einen Katzensprung südwestlich von Basel. Archäologen der Universität Basel haben dort in einer Höhle einen fast 4000 Jahre alten Bronzedolch und die Knochen eines Auerochsen gefunden. Die Höhle wurde seit der Steinzeit etwa 10 000 Jahre lang regelmässig als Siedlungsstelle genutzt, meist wohl aber nur für kurze Aufenthalte. Basel ist also vielleicht jünger, aber für Daueraufenthalter eventuell besser geeignet. amr



Auerochse. Knochen des Ur-Rindes aus einer elsässischen Höhle. Foto IPNA