

horizonte

Chemie – immer und überall 6

Die Tessiner Palme stammt aus China 18

Arzneien aus Leichenfett 22

Der Blitzschlag: Himmlisches Mysterium 26

Alarm – Das Jahr der Chemie

Leserbriefe sind Zeichen der Aufmerksamkeit und freuen jeden Redaktor. Die vorliegende Nummer, deren Schwerpunkt sich dem von der Uno proklamierten Jahr der Chemie widmet, bricht diesbezüglich alle Rekorde, erreichten uns doch die ersten Briefe lange vor Redaktionsschluss.

Sie galten einem Entwurf des Beitrags über Selbstverständnis und Image der Chemie (S. 10), der auf geheimnisvollen Pfaden seinen Weg auf fremde Pulte gefunden und

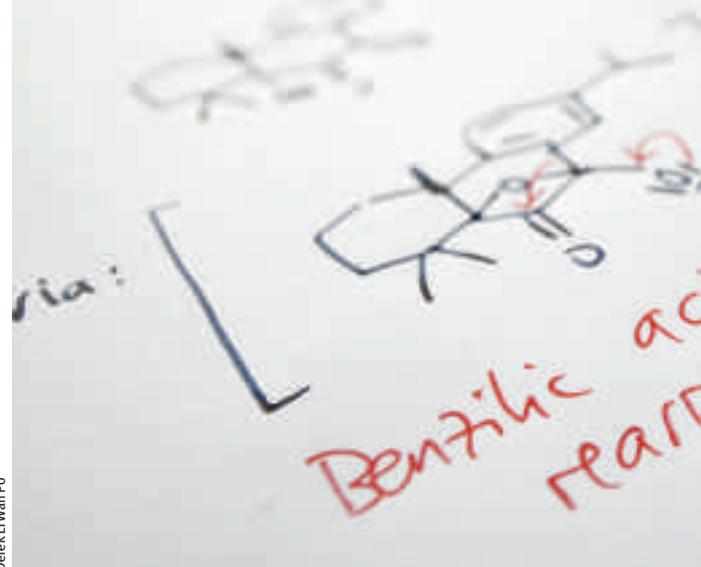


dort geharnischte Reaktionen ausgelöst hatte. Diese besondere Form von Chemiealarm versetzte mich 25 Jahre zurück, als ich mich an der ETH Zürich zusammen mit Verbündeten um die Schaffung des Studiengangs «Umweltnaturwissenschaften» bemühte. Das damalige Departement Chemie konnte dieser unkonventionellen Idee nichts Positives abgewinnen und machte unseren Plan gar für den damals dramatischen Rückgang der Studierendenzahl

in Chemie verantwortlich. Als es das Projekt dann trotzdem bis vor den ETH-Rat geschafft hatte, finanzierte die Dachorganisation der Chemiebranche quasi als Gegenmassnahme einen neuen Lehrstuhl für «Sicherheits- und Umweltschutztechnologie in der Chemie», dessen Vorlesungen obligatorischer Bestandteil des neuen Studienganges zu sein hätten. Ein paar Jahre später war die ganze Aufregung einer konstruktiven Zusammenarbeit gewichen, nicht zuletzt mit dem neu eingerichteten Lehrstuhl. Und: Die Umweltwissenschaften bringen bis heute auch Absolventinnen und Absolventen hervor, die sich für Chemie begeistern und engagieren.

Das Fazit: Wissenschaft lebt vom kritischen Diskurs zwischen den Disziplinen. Und was die Geisteswissenschaften über die Chemie zu sagen haben, möge letzterer kein Ärgernis sein, sondern als Denkanstoss und Herausforderung dienen – wie damals bei der Einführung der Umweltwissenschaften.

Dieter Imboden
Präsident des Nationalen Forschungsrats des SNF



Derek Li Wan Po



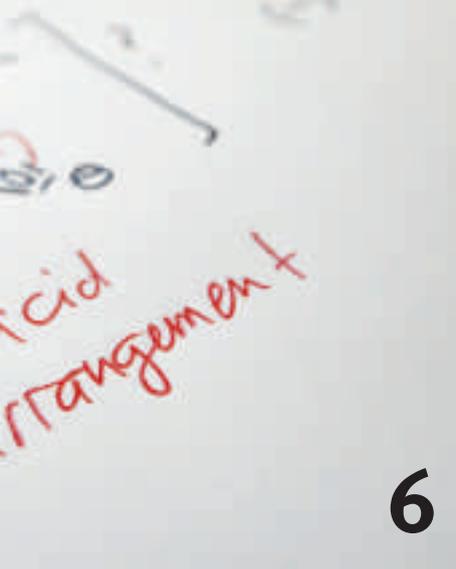
Iris Altenburger/ETHZ



Jaume Huguet



Herbert Haltmeier/prismaonline.ch



6



22



schwerpunkt chemie

6 Chemie – immer und überall
Chemikerinnen und Chemiker engagieren sich dafür, dass uns in Zukunft saubere und sichere Energie zur Verfügung steht. Sie finden neue Medikamente, indem sie Naturstoffe nachbilden. Und sie pflegen ein Selbstbewusstsein als Schöpfer.

biologie und medizin

- 18 Pflanzliche Feldzüge**
Invasive Pflanzen machen die Schweiz zu ihrer neuen Heimat. Wie gelingt ihnen das?
- 20 Entwaffnetes Virus**
Wie ein gentechnisch verändertes Mausvirus Aids bekämpfen könnte.
- 21 Wie Parasiten infizieren**
Das Hirn schläft nie
Bizarres Liebesleben an der Adria

gesellschaft und kultur

- 22 Verkaufte Körper**
Leichenfett, Söldner, Organhandel:
Wenn der Mensch zur Ware wird.
- 24 Wie die alten Römer**
Bauforscher haben ein hervorragendes Material wiederentdeckt: den Kalkputz.
- 25 Wie heilig sind die Berge?**
Gebeutelte Minderheiten
Ein frischer Frühliberaler

technologie und natur

- 26 Himmelsfeuer über dem Säntis**
In der Ostschweiz soll eine Messanlage Licht ins Geheimnis des Blitzschlags bringen.
- 28 5000 Detektoren unter dem Eis**
Neutrinos bergen entscheidende Informationen zum Rätsel der Dunklen Materie.
- 29 Intelligentes Material**
Mensch und Klima
Das Schwarze Meer im Zeitraffer

4 snf direkt
Rebecca Lämmle erhält den MHV-Preis 2011.

5 nachgefragt
Waren die Forschenden früher ehrlicher, Herr Imboden?

13 im bild
Ein Urfisch in der Maus?

14 porträt
Maximilian Emmert, angehender Herzchirurg und Stammzellenforscher

16 vor ort
Im Oman sammelt Beda Hofmann Meteoriten.

30 im gespräch
Nicole Probst-Hensch:
«Es gibt keine unbedenkliche Luftverschmutzung.»

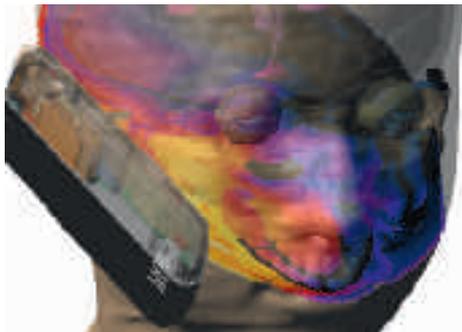
32 cartoon
Ruedi Widmer

33 perspektiven
Jon Mathieu über den inflationären Gebrauch des Zauberworts «exzellent»

34 wie funktioniert?
Der Blick ins Hirn

35 für sie entdeckt
«Naked Scientists», eine vor Ideen sprühende Wissenschaftssendung

Ist Handy-Strahlung schädlich?



Während vier Jahren hat das Nationale Forschungsprogramm «Nichtionisierende Strahlung – Gesundheit und Umwelt» (NFP 57) untersucht, ob elektromagnetische Felder und Strahlungen, die etwa von Funkantennen oder von Mobiltelefonen ausgehen, die menschliche Gesundheit beeinträchtigen. Zwar haben einige Forschungsprojekte nachgewiesen, dass Strahlungen biologische Prozesse beeinflussen können. So verändert etwa die Strahlung eines halbstündigen Mobiltelefongesprächs vor dem Einschlafen die messbare Hirnaktivität während des Schlafs, ohne jedoch der Schlafqualität zu schaden. Auch auf Zellebene haben Forschende Unterschiede ausmachen können, zum Beispiel Doppelstrangbrüche im Erbgut, die sich als indirekte Folge der Strahlung geringfügig häufen. Doch zwischen der alltäglichen Strahlenexposition und der menschlichen Gesundheit konnte kein Zusammenhang festgestellt werden. Das NFP 57 hat diese Resultate an der Abschlussmedienkonferenz im Mai der Öffentlichkeit vorgestellt.

Noch mehr Forschungsprojekte

Auch 2010 sind deutlich mehr Projektgesuche beim SNF eingegangen als in den Vorjahren. Gemäss dem eben veröffentlichten Jahresbericht stieg die Gesuchszahl in der Projektförderung

letztes Jahr um 17 Prozent an. Dies verschärft den Wettbewerb um Forschungsgelder weiter. Der SNF sieht sich immer mehr gezwungen, Forschungsvorhaben abzulehnen, die er in seinem Beurteilungsverfahren für gut befunden hat. Mit 726 Mio. Franken investierte der SNF so viel wie noch nie in den Forschungsplatz Schweiz (plus 2,7 Prozent gegenüber 2009). Mit diesen Mitteln wurden rund 3100 Forschungsvorhaben unterstützt. 24 Prozent der bewilligten Finanzmittel entfielen auf die Geistes- und Sozialwissenschaften, 34 Prozent auf Mathematik, Natur- und Ingenieurwissenschaften und 42 Prozent auf Biologie und Medizin. Jahresbericht 2010 des SNF: www.snf.ch > Über uns > Publikationen

MHV-Preis 2011 an Rebecca Lämmle



Die Klassische Philologin Rebecca Lämmle erhält den MHV-Preis 2011. Der SNF vergibt diesen Preis an Frauen, die aussergewöhnliche wissenschaftliche Leistungen erbracht und eine ebensolche Karriere vorzuweisen haben. Rebecca Lämmle realisierte an der Universität Basel ihre Dissertation zur Poetik des griechischen Satyrspiels, die von 2007 bis 2010 vom SNF mit einem Marie Heim-Vögtlin-Beitrag gefördert wurde. In ihrer Dissertation erforscht sie die Bedeutung des Satyrspiels und insbesondere dessen Verhältnis zur Tragödie.

Rebecca Lämmle musste aus familiären Gründen das Arbeitspensum stark reduzieren und die Dissertation für mehrere Monate unterbrechen. Sie hat jedoch ihr Ziel, den erfolgreichen Abschluss ihrer Dissertation, konsequent weiterverfolgt. 2010 promovierte sie summa cum laude und erhielt anschliessend eine Habilitationsstelle an der Universität Basel. Der SNF vergibt seit 1991

MHV-Beiträge zur Förderung von Frauen in der Forschung.

Gefällt mir!

Nun hat auch das Schweizer Forschungsmagazin «Horizonte» einen Facebook-Auftritt. Auf Facebook präsentieren wir für jede der vierteljährlich erscheinenden Nummern eine Auswahl von Beiträgen. Ein Klick, und man hat die PDF-Version des gewünschten Artikels vor sich. Noch ein Klick, und die ganze Welt weiss Bescheid: «Horizonte – das Schweizer Forschungsmagazin» gefällt mir (oder eben nicht).

Recht ist nicht Gerechtigkeit

(Leserbrief zu «Angewandte Theologie», Horizonte Nr. 88, März 2011)

Als Theologin bin ich über den Beitrag zu den Kinderhexen im letzten «Horizonte» entsetzt. Da wird überhaupt nicht unterschieden zwischen Recht und Gerechtigkeit. Die Nürnberger Gesetze waren auch positives Recht, mit «Recht» kann man die grössten Scheusslichkeiten und Verbrechen autorisieren, aber deshalb sind sie längst nicht gerechtfertigt. Das Forschungsprojekt von Nicole Bettlé erscheint mir als eine erklärende Verharmlosung einer Facette des Hexenwahns. Dieser Hexenwahn ist auch zu seiner Zeit durchaus nicht von allen denkenden Exemplaren der Spezies Homo sapiens gutgeheissen worden, es gab Gegenstimmen. Und selbst wenn es sie nicht gegeben hätte, wäre die Theologie, die solches Grauen legitimiert und begründet hat, abzulehnen (nicht nur aus moderner Sicht) und als absolut gottlos zu bezeichnen.

Silvia Schroer, Dekanin der Theologischen Fakultät der Universität Bern, Forschungsrätin der Abteilung Geistes- und Sozialwissenschaften des SNF

horizonte

SCHWEIZER
FORSCHUNGSMAGAZIN

Erscheint viermal jährlich
auf Deutsch und Französisch.
23. Jahrgang, Nr. 89, Juni 2011

Herausgeber
Schweizerischer Nationalfonds
zur Förderung der wissenschaftlichen
Forschung (SNF)
Presse- und Informationsdienst
Leitung Philippe Trinchan

Adresse
SNF, Presse- und Informationsdienst
Wildhainweg 3, Postfach 8232
CH-3001 Bern
Tel. 031 308 22 22, Fax 031 308 22 65
pri@snf.ch, www.snf.ch/horizonte

Redaktion
Urs Hafner (uha), Leitung
Regine Duda (dud)
Helen Jaisli (hj)
Philippe Morel (pm)
Ori Schipper (ori)
Anita Vonmont (vo)
Marie-Jeanne Krill (mjk)

Gestaltung und Bildredaktion
Studio25, Laboratory of Design, Zürich
Isabelle Gargiulo
Hans-Christian Wepfer

Anita Pfenninger, Korrektorat

Übersetzung
Weber Übersetzungen

Druck und Litho
Stämpfli AG, Bern und Zürich

Auflage
21 300 deutsch, 11 400 französisch
ISSN 1663 2710

Das Abonnement ist kostenlos.

Die in «Horizonte» präsentierten
Forschungsprojekte werden in
aller Regel vom SNF unterstützt.

© alle Rechte vorbehalten. Nach-
druck der Texte mit Genehmigung
des Herausgebers erwünscht.

Umschlagbild oben: Cyanobakterien
– aus ihnen kann man antimikrobielle
Oberflächen herstellen.
Bild: Derek Li Wan Po

Umschlagbild unten: Das Modell
des Moleküls Nostocarbolin.
Bild: Karl Gademann

Der SNF in Kürze

Das Forschungsmagazin «Horizonte» wird vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF) herausgegeben, der wichtigsten Schweizer Institution zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung.

Der SNF fördert im Auftrag des Bundes die Grundlagenforschung in allen wissenschaftlichen Disziplinen. Im Zentrum seiner Tätigkeit steht die wissenschaftliche Begutachtung der von den Forschenden eingereichten Projekte. Der SNF unterstützt jährlich mit 700 Millionen Franken fast 3000 Projekte, an denen rund 7000 Forschende beteiligt sind.



Annette Bouellier

«Wir möchten klare Spielregeln»

Ehrlichkeit ist ein zentrales Element der moralischen Grundhaltung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Daher duldet der SNF keinen Betrug, sagt Dieter Imboden.

Der SNF benutzt neuerdings eine Software, die Plagiate erkennt. Wieso?

Wir haben Plagiate bisher nur zufällig entdeckt. Wir möchten die Gesuche nun systematisch überprüfen. Dadurch werden sich zwar zu Beginn die Plagiatsfälle mehr. Gleichzeitig aber hoffe ich, dass nach dieser ersten Welle ein Selbstreinigungsprozess der Wissenschaft in Gang kommt und dass sich der Einsatz dieser Software mit der Zeit erübrigt.

Warum erregen Plagiatsvorfälle in der Wissenschaft die Öffentlichkeit mehr als etwa Betrugsfälle in der Wirtschaft oder in der Politik?

Vielleicht weil es in der Wissenschaft darum geht, einen Tatbestand möglichst objektiv zu erhellen und nach bestem Wissen und Gewissen nach der Wahrheit zu suchen. In diesem Kontext hat die Unehrlichkeit einen anderen Stellenwert.

Die Schweizer Hochschulen und der SNF regeln den Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten erst seit ein paar Jahren ...

Wir haben die Beitragsempfänger seit jeher zur Einhaltung der guten wissenschaftlichen Praxis verpflichtet – und Ver-

stösse geahndet. Neu sind nur die Verfahrensregeln.

Waren die Forschenden früher ehrlicher?

Schummeleien hat es immer gegeben. Aber während man früher fremde Ideen von Hand abschreiben musste und sich dabei Varianten oder Verbesserungen ausdenken konnte, verlocken die heutigen technischen Hilfsmittel dazu, im Internet verfügbare Informationen unbesehen zu übernehmen. Gelegenheit macht Diebe. Heute gibt es viel mehr und viel einfachere Gelegenheiten.

Und Sie halten die Leute davon ab, diese Gelegenheiten zu ergreifen, wenn Sie mit Sanktionen drohen?

Wir möchten klare Spielregeln durchsetzen. Für einige wenige sind diese vielleicht als Drohung nötig. Für alle anderen aber sind diese Spielregeln eine Versicherung, dass der SNF die Forschungsgesuche vertieft prüft und dass sich deshalb Qualität und insbesondere Ehrlichkeit auszahlen.

Es geht also um die Anerkennung einer moralischen Grundhaltung der Forschenden?

Ja, es ist wie bei den Tempolimiten. Eigentlich wären sie unnötig, denn das Strassen-

verkehrsgesetz hält fest, dass die Geschwindigkeit den Verhältnissen – etwa der Sicht oder der Anzahl Fussgänger – anzupassen ist. Trotzdem musste man Geschwindigkeitsbegrenzungen einführen, weil sie uns Menschen klarmachen, dass auch die anderen sie einhalten müssen. Solche Regeln bestätigen uns, dass wir nicht ausgelacht werden, wenn wir uns selber daran halten.

Welche Erfahrungen mit dem Ahnden von wissenschaftlichem Fehlverhalten hat der SNF bisher gemacht?

Wir haben nur sehr wenige Fälle behandelt, etwa drei bis vier bei etwa 3000 Gesuchen pro Jahr. Bis auf eine Ausnahme sind es durchwegs Plagiatsfälle. Dabei lassen sich leichtere Fälle von schwereren

«Ich hoffe, dass ein Selbstreinigungsprozess in Gang kommt.»

unterscheiden. Unsere Sanktionen sind dementsprechend abgestuft. Doch bei allen Fällen lag eine klare Verletzung der wissenschaftlichen Integrität vor. Als wir mit den Betroffenen gesprochen haben, haben wir gemerkt, dass – nach dem ersten Schock und oft auch nach einigen Tränen – bei allen die Einsicht ins Fehlverhalten vorhanden ist. Diese Personen werden das nicht mehr tun.

Interview ori ■

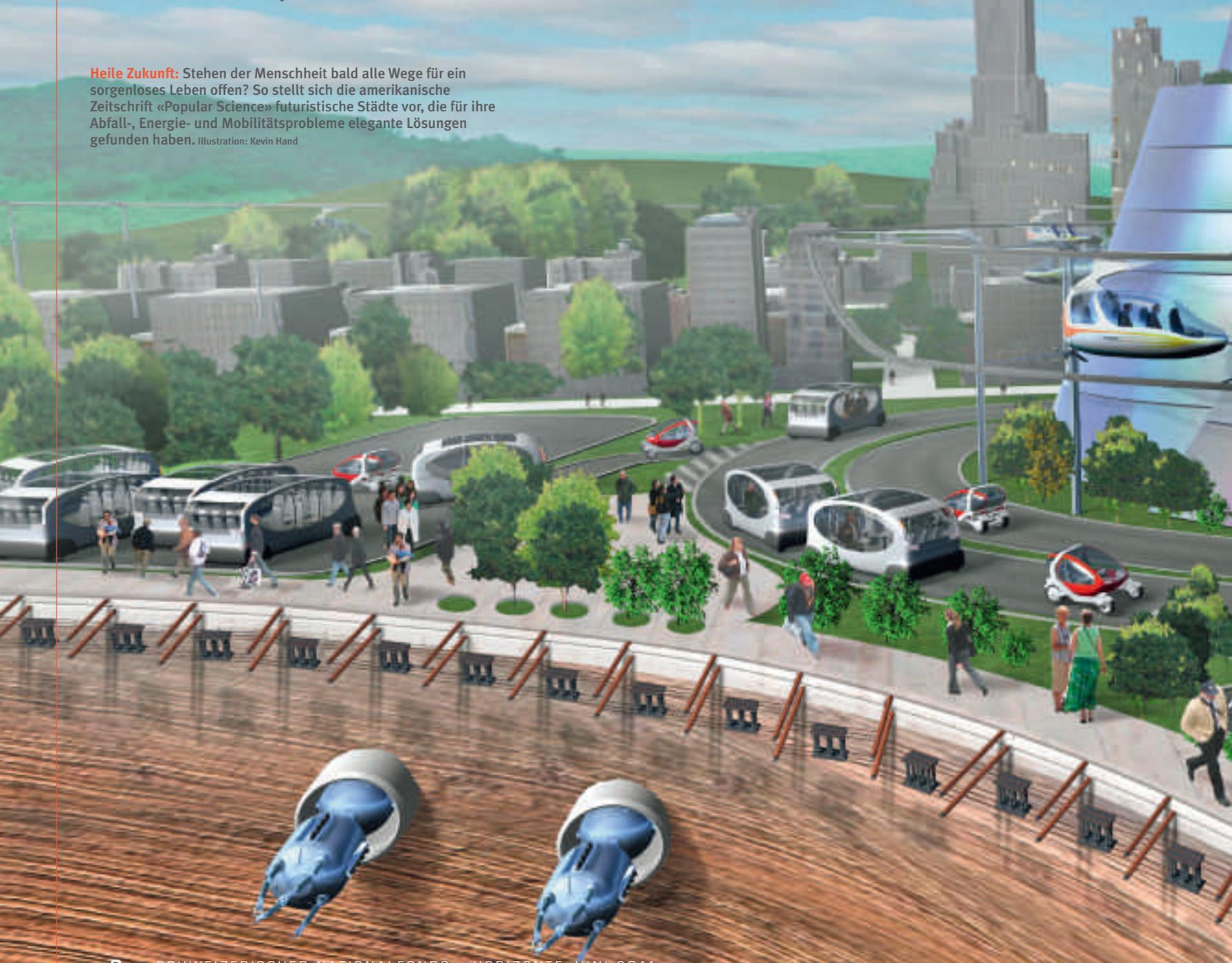
Dieter Imboden ist seit 1988 Professor für Umweltp Physik an der ETH Zürich. Er steht seit 2005 dem Nationalen Forschungsrat des SNF vor. Mit seinen Präsidiumskollegen entscheidet er unter anderem, ob wissenschaftliches Fehlverhalten vorliegt und wie der SNF dieses ahnden soll.



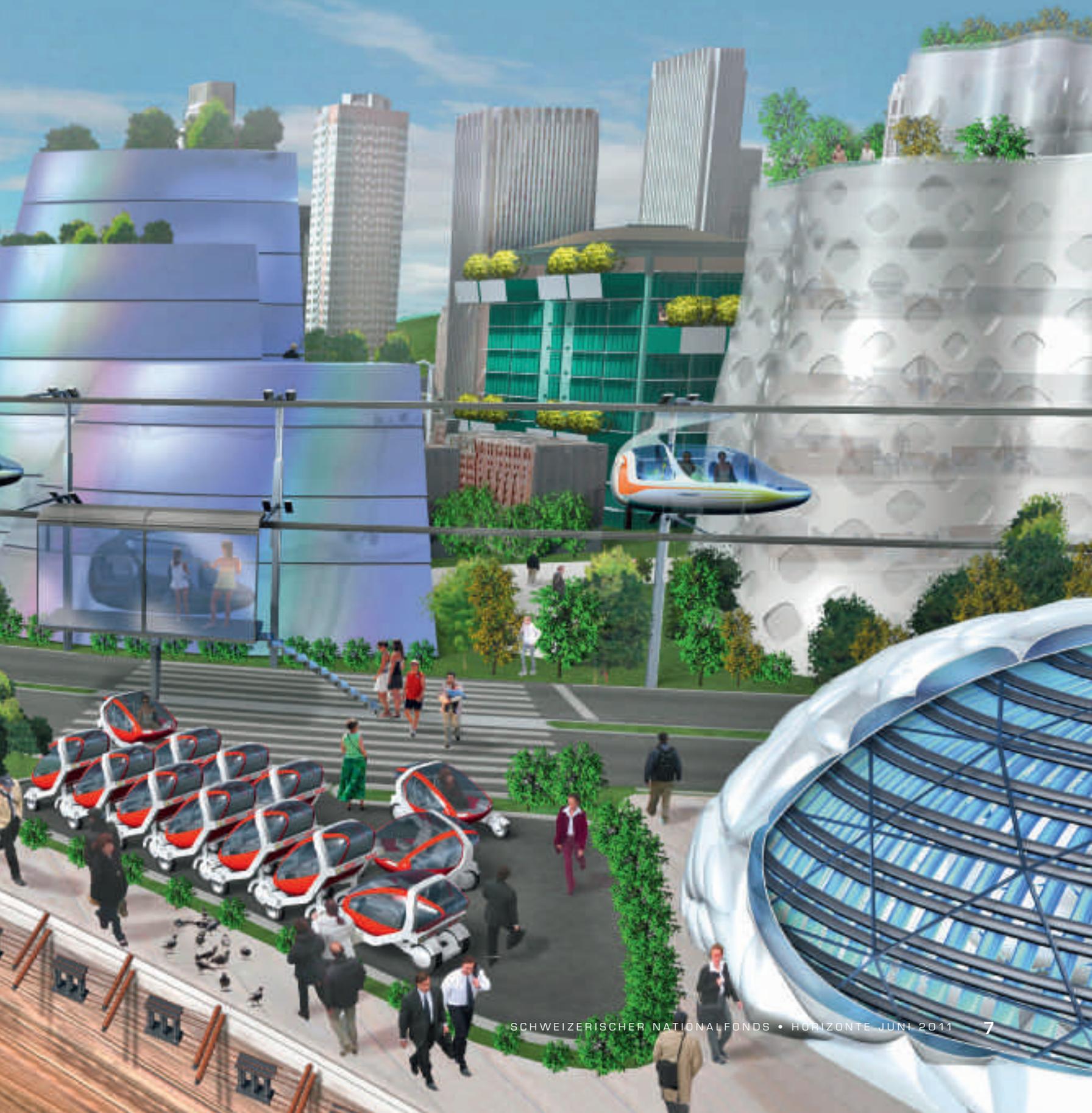
Chemie – immer

Auf Antrag Äthiopiens hat die Unesco das Jahr 2011 zum internationalen Jahr der Chemie ausgerufen. Weltweit sollen unter dem Motto «Die Chemie – unser Leben, unsere Zukunft» die Errungenschaften gewürdigt und die zentrale Rolle hervorgehoben werden, welche die Chemie für die Lösung der anstehenden Probleme spielen wird. Dieser Schwerpunkt stellt die Herausforderungen vor, denen sich Chemikerinnen und Chemiker stellen, damit die Menschheit in Zukunft ausreichend mit sauberer und sicherer Energie versorgt wird. Er schildert ihre Anstrengungen, um neue Medikamente zu finden, die Naturstoffen nachgebildet sind. Und er fragt: Was macht das Selbstverständnis dieser wissenschaftlichen Disziplin aus?

Heile Zukunft: Stehen der Menschheit bald alle Wege für ein sorgenloses Leben offen? So stellt sich die amerikanische Zeitschrift «Popular Science» futuristische Städte vor, die für ihre Abfall-, Energie- und Mobilitätsprobleme elegante Lösungen gefunden haben. Illustration: Kevin Hand



und überall





Treibstoff aus Sonnenlicht?

Die Energie der Zukunft muss sauber und sicher sein. Und sie muss den Bedarf von Milliarden Menschen decken. Ohne chemische Neuentwicklungen ist das nicht möglich.

VON SIMON KOEHLIN

Die heutige Energieversorgung gleicht einem Pulverfass. Atomkraftwerke bergen die Gefahr einer Verstrahlung weiter Landstriche, und das Verbrennen von Erdöl erwärmt langsam, aber sicher die Atmosphäre – mit unabsehbaren Folgen für Menschen, Tiere und Pflanzen. Wie können wir den weltweiten Energiehunger stillen, ohne unseren Planeten

zugrunde zu richten? Und welche Rolle spielt dabei die Chemie?

«Eine grosse», sagt Alexander Wokaun, der Leiter des Forschungsbereichs Allgemeine Energie am Paul-Scherrer-Institut (PSI) in Villigen. Er verweist auf eine Studie der Denkfabrik «Energie Dialog Schweiz», deren Kerngruppe er angehört. Die Untersuchung zeigt auf, wie die hohe Lebensqualität in der Schweiz gesichert und gleichzeitig der CO₂-Ausstoss und der

Energieverbrauch gesenkt werden können, wenn die Wirtschaft jährlich um ein Prozent wächst, der Energiebedarf pro Einheit der Wertschöpfung aber um zwei Prozent pro Jahr sinkt. Als Zielvorgabe sollen im Jahr 2050 erneuerbare Techniken über die Hälfte der Energie bereitstellen. Um dies zu erreichen, sei ein breiter Mix aus diversen Energieformen nötig, sagt Wokaun. Vor allem im Verkehr muss die Effizienz erhöht werden, was nur mit neuen chemischen Entwicklungen möglich ist.

Im Jahr 2050 werden laut Wokaun auf den Schweizer Strassen wohl Autos mit ganz verschiedenen Antriebsarten unterwegs sein: der konventionelle Verbrennungsmotor neben unterschiedlichen Hybridtypen, das Elektrofahrzeug neben dem Auto mit einer Wasserstoff-Brennstoffzelle. Noch aber ist es nicht soweit: Heute weisen zum Beispiel die Batterien von Elektroautos eine zu geringe Leistungsdichte auf. Das heisst: Damit ein



Heisse Spiegel für lebenswerte Zukunft:

Der Solarofen des Paul-Scherrer-Instituts (PSI) kann die Strahlung der Sonne bis zu fünftausendfach konzentrieren. So können Hochtemperatur-Solarreaktoren getestet werden. Bild: Derek Li Wan Po

entladen werden können. Und er muss sicher sein: Techniken müssen zum Beispiel gewährleisten, dass das hochreaktive Lithium nicht mit dem Elektrolyten oder gar mit Wasser oder feuchter Luft reagiert.

Grosse Hoffnung setzen die Chemiker am PSI in die Entwicklung von Brennstoffzellen, die Wasserstoff und Sauerstoff in Wasser, Wärme und elektrische Energie umwandeln. Die beiden chemischen Elemente sind in der Brennstoffzelle durch eine hauchdünne Folie getrennt. Die dichte Membran soll nur die Wasserstoffkerne, die Protonen, möglichst effizient leiten. Die Elektronen werden über die anzutreibende Last geführt und reduzieren auf der Gegenelektrode den Sauerstoff. Bei den für diese Vorgänge benötigten Materialien gibt es noch grosses Verbesserungspotenzial, das Chemiker ausloten.

Eine andere, oft diskutierte Möglichkeit für die Zukunft: statt fossiles Benzin oder Diesel Biotreibstoffe in den Autotank füllen. In letzter Zeit wurden einige dieser Methoden allerdings in Frage gestellt, weil sie die Nahrungsmittelproduktion konkurrieren. Das PSI konzentrierte sich darum auf die Erforschung der Herstellung von Methan aus Abfallbiomasse, etwa für Gasfahrzeuge, sagt Wokaun. Dabei werden pflanzliche Abfälle wie Grünschnitt, Jauche oder Klärschlamm zuerst unter hohem Druck gesetzt. Danach werden die Nährstoffe durch Erhitzen ausgefällt, um sie als Dünger wiederverwenden zu können. Die verbleibende organische Substanz muss dann in Methangas umgewandelt werden – unter Verwendung eines unter aggressiven Bedingungen stabilen Katalysators.

Auch die Sonnenenergie ist ein wahrer Tummelplatz für Chemiker. In der Photovoltaik etwa sind effizientere Materialien und günstigere Herstellungsverfahren gefragt. Bei den Solarzellen aus organischen Materialien geht es heute in erster Linie darum, neue Farbstoffe zu finden, die einen möglichst grossen Anteil des einfallenden Sonnenlichts einfangen und durch Ladungstrennung in Strom umzu-

wandeln vermögen. Gelingt es überdies, die Solarzellen immer dünner zu fertigen, wird weniger Material verbraucht, und die Kosten für die Stromerzeugung sinken.

Wasser mit Sonnenlicht spalten

Vielleicht lässt sich dereinst aus Sonnenlicht nicht nur Strom erzeugen, sondern sogar Treibstoff. Die Vision bei dieser noch in der vorkommerziellen Entwicklung stehenden Technik: Wasser mit Hilfe von Sonnenlicht spalten. Dazu wird ein Hilfsmedium benötigt, das mit hoch kon-

zentriertem Sonnenlicht auf etwa 2000 Grad Celsius erwärmt wird und diese Energie speichert. Es treibt dann eine Reaktion an, bei der aus Wasser und Koh-

lendioxid ein Gas aus Wasserstoff und Kohlenmonoxid entsteht – das so genannte Synthesegas, eine Vorstufe von Benzin, Kerosin und anderen flüssigen Treibstoffen. Am PSI und an der ETH Zürich laufen laut Wokaun verschiedene Projekte in dieser Richtung. Für nächstes Jahr sei unter anderem geplant, in einer Testanlage in Frankreich nachzuweisen, dass dieser Prozess im grösseren Massstab mit ansprechendem Wirkungsgrad durchführbar ist.

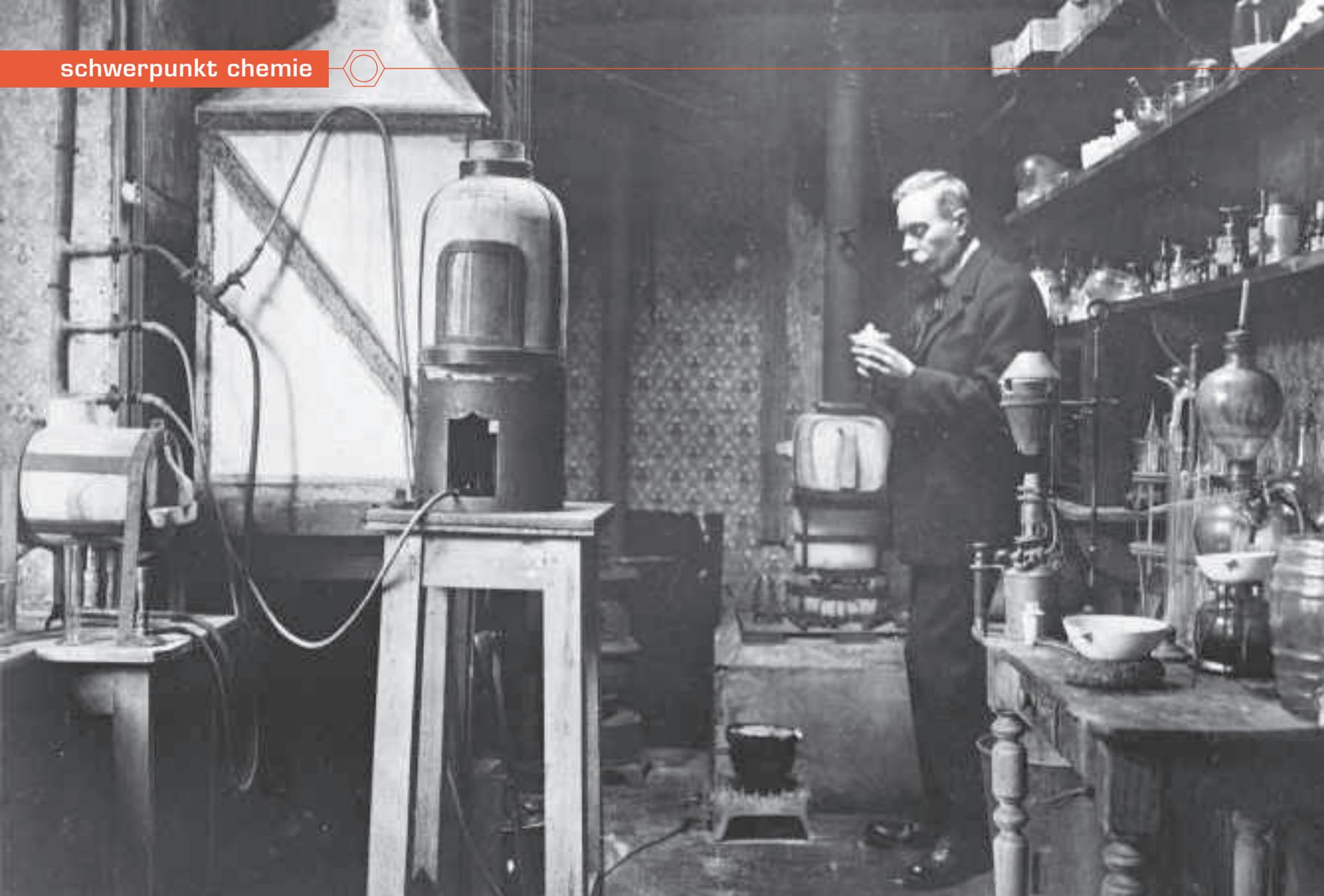
Auch bei allen anderen Energieformen spielen die Chemie eine wichtige Rolle, sagt Wokaun. Für die Windenergie werden Materialien erforscht, mit denen sich die Rotoren beschichten und gegen Vereisung schützen lassen. In der Geothermie braucht es geeignete Bohrflüssigkeiten. Und bei der Kernenergie erproben Chemiker und Physikerinnen neue Verfahren, mit denen die Spaltprodukte von den schweren Kernen getrennt werden können. Zudem entwickeln Materialforschende neue Strukturmaterialien, die in Kernreaktoren der vierten Generation bei hohen Temperaturen Einsatz finden könnten und die Entstehung und Ausbreitung von Rissen verhindern. Zu viel aber dürfe man von der Wissenschaft nicht erwarten, warnt Wokaun. Chemikerinnen und Chemiker könnten zwar Methoden und Techniken bereitstellen und verbessern, doch welche davon eingesetzt würden, entscheide letztlich die Gesellschaft. ■

**Auch für die
Windenergie ist
Chemie wichtig.**

Elektroauto weite Strecken fahren könnte, müsste die Batterie gross und schwer sein. Mit dem Gewicht steigt aber der Energieverbrauch.

Leistungsfähigere Lithium-Ionen-Akkus

Chemikerinnen und Chemiker suchten deshalb auf verschiedenen Wegen nach platzsparenden Arten der Elektrizitätsspeicherung, sagt Wokaun. Ein Beispiel sei die Entwicklung neuer Materialien bei den herkömmlichen Lithiumbatterien. Massgeschneiderte Oxide etwa aus den Klassen der Perowskite oder Spinelle könnten Lithium-Ionen-Akkus in Zukunft leistungsfähiger machen. Zudem gibt es vielversprechende neue Konzepte, die noch nicht ausgereift sind; zum Beispiel den Lithium-Luft-Akku, bei dem Sauerstoff als Reaktionspartner des Metalls Lithium fungiert. Geforscht wird auch an der Lebensdauer der Batterien: Ein Fahrzeug-Akku muss Tausende Male aufgeladen und



Der Wissenschaftler als Schöpfer

Anders als die Physik und die Biologie ist die Chemie in der Öffentlichkeit wenig profiliert. Dabei ist sie eine schöpferische Disziplin, die alle Naturwissenschaften verbindet.

VON URS HAFNER

Was macht der Physiker? Er erklärt den Ursprung des Universums. Die Biologin? Sie entziffert die Bausteine des Lebens auf diesem Planeten. Der Anthropologe? Er rekonstruiert aus urzeitlichen Knochenfragmenten den Stammbaum der menschlichen Spezies. Und was macht der Chemiker?

Das ist, zumindest für den Laien, der höchstens eine diffuse Erinnerung an die

Moleküle des Chemieunterrichts besitzt, nicht einfach zu sagen. Der Chemiker zeige, wie vielfältig und komplex die Welt sei, sagt der Wissenschaftsphilosoph Michael Hampe von der ETH Zürich. «Mit seiner Arbeit produziert er Grundlagenwissen für alle Naturwissenschaften.» Das macht die Chemie zur vielleicht wichtigsten aller Naturwissenschaften, zum elementaren Bindeglied zwischen der Biologie und der Physik. Ohne Chemie kann man die Naturphänomene nicht verstehen.

Doch die in der Öffentlichkeit kursierenden Vorstellungen über die Chemie sind vage, zuweilen dominiert ein negatives Bild. Chemie: Das klingt in den Ohren vieler nach Bhopal, Schweizerhalle und Agro-Multis. Fliessen die hochgiftigen Abfälle einer Fabrik in einen Fluss, spricht man von einer Chemiekatastrophe. Fällt ein Flugzeug vom Himmel, spricht niemand von einem Physikunfall.

Diese simplen Vorstellungen werden der Chemie nicht gerecht. Sie sei das Opfer einer christlich geprägten Naturreligiosität und modernen Bio-Ideologie geworden, die streng zwischen dem Natürlichen und dem Künstlichen unterscheidet, sagt Michael Hampe. «Wenn der Bauer Kartoffeln oder Kühe züchtet, ist das natürlich? Und Plastik, das man aus seit Jahrmillionen in der Erde ruhendem Rohöl herstellt – ist das künstlich?» Die Trennung lässt sich so nicht aufrechterhalten: Wenn von unserer Erde verschwände, was durch chemische Synthese

Hier entsteht Neues: Der französische Alchemist François Jollivet-Castelot versucht, in seinem Labor Gold herzustellen (Fotografie um 1900). Unten: der Ende der neunziger Jahre entwickelte Arzneistoff Sildenafil, auch bekannt als Viagra.
Bild: Roger Viollet/Keystone (links), Derek Li Wan Po

entstanden ist, wäre nicht mehr viel da. «Die an die Industrie geknüpften Vorurteile über die Chemie haben deren positive Effekte aus dem Blickfeld verdrängt», sagt Andreas Pfaltz, Chemiker an der Universität Basel. Unseren Lebensstandard wie unsere hohe Lebenserwartung würden wir auch der Chemie verdanken, man denke nur an die Medikamente.

Abstrakte Formeln, Reaktionen

Die Physik ist stolze Eignerin des Atommodells, die Biologie selbstbewusste Besitzerin des Schlüssels zum menschlichen Erbgut. Bei der Chemie liegt der Fall anders: «Im Zentrum der Chemie stehen abstrakte Formeln und Reaktionen», sagt Andreas Pfaltz. «Die Chemie besitzt weder spektakuläre Theorien noch einprägsame Bilder wie andere Naturwissenschaften», sagt Michael Hampe. Die Chemie sei keine sich attraktiv präsentierende «Frontier-Science» wie die Physik, die ins Weltall vordringe, oder die Biologie, die das Gehirn erforsche, sagt der Wissenschaftshistoriker Christian Simon von der Universität Basel.

Es fällt der Chemie nicht leicht, sich profiliert zu präsentieren. Das zeigt – wider Willen – die Schweizer Website, die anlässlich des internationalen Jahrs der Chemie, das die Uno für 2011 proklamiert hat, aufgeschaltet worden ist. Die Website will die Wissenschaft zwar von der besten Seite zeigen, führt aber so viele Aspekte auf, dass der Laie sich kein prägnantes Bild machen kann. Was den Kern der Chemie bildet, was den Habitus der Chemikerin und des Chemikers auszeichnet, wird nicht deutlich.

Dabei gibt es diesen Kern sehr wohl: Michael Hampe sieht im Chemiker einen «Schöpfer», der mit der Molekularforschung den antiken alchemistischen Traum realisiert habe, neue Stoffe zu schaffen. «Der Chemiker kreiert etwas Künstliches, das eine Eigendynamik entfaltet.» Die Chemiker hätten bis heute rund zwanzig Millionen neue Verbindungen hergestellt. Doch die Wissenschaftsphilosophen hätten der angewandten Wissenschaft der Chemie lange viel zu wenig Beachtung geschenkt und deren Arbeit nicht zu schätzen gewusst, weil sie auf die Physik und deren «Traum von der Weltformel» fixiert gewesen seien.

Die Vorstellung, dass der Chemiker ein Schöpfer sei, entstand Ende des 19. Jahrhunderts, als sich der Chemikerhabitus ausbildete. Noch um 1800 sei die Chemie eine Wissenschaft gewesen, welche die Natur um der Erkenntnis willen studierte, sagt Christian Simon. Mit dem Aufstieg der Farbstoffindustrie in den 1860er Jahren sei die Chemie zum Massenfach und Brotstudium geworden: «Man studierte Chemie, um Geld zu verdienen.» Zugleich habe sich mit dem Chemiker die nicht nur von Chemikern geteilte Vorstellung verknüpft, er sei allmächtig, er vermöge in Kenntnis der Naturgesetze etwas Neues zu schaffen.

Mit der Figur des Chemikers verbanden sich im 20. Jahrhundert die Hoffnungen auf den unaufhaltsamen technologischen Fortschritt und die Perfektionierung der Lebensbedingungen. Ein Ende der dreissiger Jahre in Deutschland erschienenenes populärwissenschaftliches Buch trägt bezeichnenderweise den



Titel «Chemie erobert die Welt». Der Chemiker wird hier zum «grössten Eroberer» stilisiert, ja gar – offensichtlich in Anlehnung an die nationalsozialistische Diktion – zum «neuen Menschentyp». Um die Mitte des 20. Jahrhunderts blüht die Chemie wie nie zuvor. Aus der Industrie fliesst das Geld in Strömen. Chemiker synthetisieren das Penizillin und andere Wunderstoffe.

Mit dem Aufstieg der Molekularbiologie in den 1970er Jahren gerät die Chemie in eine Krise. Die neue Biologie sieht das Molekül nur mehr als Bestandteil der Zelle. «Die Chemiker hielten die Biologie für eine weiche Wissenschaft, die nur zu nicht reproduzierbaren Resultaten führe», sagt Christian Simon. Sie hätten gedacht, die Biologen seien eine Art Zweitklass-Chemiker. Zudem sei die chemische Industrie in Schwierigkeiten geraten.

Auch Andreas Pfaltz ortet für die zweite Hälfte des 20. Jahrhunderts einen Umbruch. «Vielleicht hat sich die Chemie zu sehr auf sich selbst beschränkt. Sie war eine klar definierte und abgegrenzte Wissenschaft.» Doch die Krise habe sich als Chance erwiesen: «Die Chemie hat sich gegenüber der Biologie und der Physik geöffnet.» Heute partizipierten die drei Wissenschaften in einer zunehmend transdisziplinären Forschungslandschaft.

Steigende Studierendenzahlen

Die Öffnung der Chemie hat sich wahrscheinlich positiv auf ihre Attraktivität für Studierende ausgewirkt. Vor der Jahrhundertwende sanken die Zahlen drastisch, doch seit 2004 zeigt die Kurve nach oben. Das ist beruhigend, denn laut Andreas Pfaltz wird die Chemie in der Zukunft wichtiger denn je sein: «Die drängenden Umwelt- und Energieprobleme, etwa den Ersatz des Erdöls und die Entwicklung neuer effizienter Solarsysteme, werden wir nur mit der Chemie lösen können.» Vielleicht trägt das Jahr der Chemie dazu bei, der Welt noch mehr Chemikerinnen und Chemiker zu beschern. ■



Heilmittel im Heuhaufen der Natur

Die Natur hält viele potenzielle pharmakologische Wirkstoffe bereit. Um sie zu finden, wertet der organische Chemiker ökologische Wirkmechanismen aus.

VON ROLAND FISCHER

Es ist ein wenig wie die Suche nach der Nadel im Heuhaufen: Es gibt da draussen – Millionen? Milliarden? – unerforschte Substanzen. Und jede davon ist ein potenzieller pharmakologischer Wirkstoff. Doch wie findet man einen interessanten Kandidaten, wenn man nicht weiss, wonach man wo suchen soll? «Uns hilft eine Mischung aus vorhandenem Wissen und Zufall», sagt Karl Gademann von der Universität Basel. Die Forschungsgruppe des jungen Chemieprofessors hat sich darauf spezialisiert, vielversprechende Moleküle vor allem bei Kleinstlebewesen, aber auch in Pflanzen aufzuspüren, um dann die

Wissenschaft im grossen Assoziationsraum.

Stoffe im Labor nachzubauen und dabei einen möglichst einfachen und eleganten Syntheseweg zu finden. Das ist der Stolz eines jeden organischen Chemikers.

Auf seiner Suche nach unbekanntem natürlichen Heilmitteln entdeckt Gademann auch neue, überraschende Wirkweisen. Er spricht von «ökologischen Zusammenhängen», die ihn auf die richtige Spur führen. Wenn ein Organismus die Synthesemaschinerie anwirft und ein bestimmtes Molekül herstellt, hat das seinen guten Grund, der oft mit dem ökologischen System zu tun hat, in dem der Organismus eingebunden ist. Wer als organischer Chemiker beispielsweise Blaualgen studiert, sollte deshalb auch die Biologie dieser Einzeller im Blick haben.

Kreative Grundlagenforschung:
Der Naturstoff Nostocarbolin (im Reagenzglas) wirkt gegen Malaria. Bild: Karl Gademann

Wenn sich Blaualgen also erfolgreich gegen die Überwucherung anderer Algen wehren, dann könnte ein Wissenschaftler, der weitschweifige Zusammenhänge mag, auf die Idee kommen, nach neuartigen Malaria-Wirkstoffen zu suchen. Die gefundenen Algizide könnten, dafür hat Gademann Hinweise geliefert, tatsächlich auch gegen den Malaria-Erreger wirken, da dieser im Laufe der Evolution Bestandteile von Algen übernommen hat und somit eine bisher ausser Acht gelassene Achillesferse aufweist.

Indische und chinesische Heilpflanzen

Und wenn sich Blaualgen gegen Insektenfrass wappnen, indem sie beim Insekt eigenartige Verhaltensänderungen hervorrufen, dann denkt der frei assoziierende Forscher vielleicht an neurodegenerative Krankheiten. So hat Gademanns Gruppe einen Stoff isoliert, der ein an der Entstehung von Alzheimer beteiligtes Eiweiss hemmt. Überhaupt: Das Nervenzellwachstum hat es Gademanns Gruppe angetan – sie hat Pilzsubstanzen synthetisiert, die das Wachstum der Fortsätze zwischen den Zellen auf bemerkenswerte Weise beschleunigen. Und neue Forschungsprojekte nehmen Ingredienzen aus alten indischen und chinesischen Heilpflanzen unter die Lupe, die eine ähnliche wachstumsfördernde Wirkung zeigen. Auch diese Erkenntnisse lassen Alzheimer- oder Parkinsonspezialisten aufhorchen.

So sind in Gademanns noch jungem Forscherleben schon manche neue Behandlungsansätze für einige der grössten medizinischen Sorgenkinder zusammengekommen. Gademann sieht sich ausdrücklich als Grundlagenforscher: «Wir sind keine Pharmafirma, wir wollen keine Medikamente entwickeln.» Vielmehr geht es ihm darum, durch das Aufspüren und Nachbilden neuer Moleküle grundlegende biologische Mechanismen zu verstehen. Wissenschaft im grossen Assoziationsraum, nicht im engen Rahmen kommerziell verwertbarer Resultate. ■

Ein Urfisch in der Maus?

Flossen, Flügel oder Beine – die geformten Gliedmassen der Lebewesen unterscheiden sich deutlich. Doch das genetische Netzwerk, das deren Wachstum kontrolliert und dafür sorgt, dass die sich vermehrenden Zellen aufeinander abstimmen, ist im Lauf der Evolution gleich geblieben. So orientieren sich die Zellen auch in der entstehenden Vorderpfote einer Maus an zwei verschiedenen Achsen. Die Längsachse definiert, was im wachsenden Zellhaufen dereinst Oberschenkel, Unterschenkel und Zehen bilden soll, während die Querachse zwischen vorne und hinten unterscheidet und somit beispielsweise bestimmt, an welcher Stelle eine Daumen- oder eine

Kleinzehe entstehen soll. Wenn die Querachse jedoch aufgrund von genetischen Defekten ausfällt, verlieren die Zellen die Orientierung und bilden eine symmetrische Vorderpfote mit zwei Ellbogen und zusätzlichen Fingern aus, wie das Team um den Evolutionsbiologen Rolf Zeller von der Universität Basel gezeigt hat. Auch Fischfossilien weisen symmetrische Flossen auf. Erst als sich die Querachse entwickelte, waren die Lebewesen imstande, komplexere und raffiniertere Gliedmassen auszubilden. Das erlaubte den Wirbeltieren, das Wasser zu verlassen, um auch das Land und die Luft zu erobern. **ori** ■

Bild: Rolf Zeller/Uni Basel

Der Kronprinz der Herzstammzellen

VON FABIO BERGAMIN

BILD HANS-CHRISTIAN WEPFER

Der angehende Herzchirurg Maximilian Emmert versucht, das grosse medizinische Potenzial der Stammzellen zu verwirklichen. Er möchte Herzinfarkte heilen.

Er tanzt auf zwei Hochzeiten und steht unter Dauerstrom, um das Arbeitspensum in Klinik und Forschung bewältigen zu können. Doch Maximilian Emmert strahlt eine grosse Ruhe aus, als wir uns im langen Gang eines älteren Forschungsgebäudes des Universitätsspitals Zürich treffen. Links und rechts gehen Türen in Labors, eine davon ins leerstehende Büro seines Chefs, in das wir uns zu zweit setzen. Emmert, Arzt und Forscher, erzählt von seiner Arbeit zwischen Ausbildung zum Facharzt in Herzchirurgie und seinem Forschungsziel, Stammzellen zur Vorbeugung und zur Therapie von Herzinfarkten einzusetzen.

«Mein Arbeitsalltag ist wegen der Doppelbelastung zeitweise sehr anstrengend. Aber die Kolleginnen und Kollegen beider Seiten bringen viel Verständnis für meine Situation auf, und ich werde auch von meinen Vorgesetzten unterstützt», sagt Emmert. In seiner rechten Hand dreht er hin und wieder seinen Schlüsselbund, den er während des ganzen Gesprächs nicht loslässt. Vielleicht ist das seine Methode, um Stress abzubauen. Die Bewegungen haben etwas Verspieltes.

Die Macht des Zufalls

Das Verspielte lebt der 32-Jährige auch als Fussballer aus. Ursprünglich wollte er Sportmediziner werden. Weil viele Sportmediziner Kardiologen seien, habe auch er

sich für das Herz interessiert. Dann aber ist er während seines Medizinstudiums in einem Labor in Hannover mehr oder weniger zufällig auf Herzstammzellen gestossen. Sie wurden zu seiner neuen Leidenschaft.

In Zürich möchte er die Stammzellen zur Herzregeneration einsetzen. Wenn bestimmte Regionen des Herzmuskels nicht mehr mit Blut versorgt werden, kommt es zum Infarkt und damit möglicherweise zum Absterben dieser Regionen. Emmert möchte dies verhindern. In den betroffenen Regionen sollen sich Stammzellen zu neuen Herzmuskel- und Blutgefässzellen entwickeln. Studien mit Zellkulturen und Tierversuche zeigen, dass dies im Prinzip möglich ist.

Welche Art von Stammzellen dafür am besten geeignet ist, ist eine der zentralen Fragen, denen er zusammen mit Kollegen der Universitäten Genf und Lausanne nachgeht. In ihrem gemeinsamen Projekt im Rahmen des Spezialprogramms Universitäre Medizin (Spum) vergleichen die Forschenden Stammzellen von Embryonen mit sogenannten adulten Stammzellen aus dem Herzen oder dem Bindegewebe, etwa aus dem Knochenmark oder dem Fettgewebe. Alle sind sie Ärzte in klinischer Ausbildung, die gleichzeitig experimentell forschen.

Zur Ausbildung in der Klinik, der Emmert dreissig Prozent seiner Arbeits-

zeit widmet – die anderen siebenzig Prozent ist er in der Forschung tätig –, gehört das Erlernen der Operationstechniken der Herzchirurgie, das Assistieren im Operationssaal. Wenn dabei für Operationen am offenen Herzen das Brustbein mit einer Säge aufgetrennt werden muss, ist es Emmert, der Knochenmark entnimmt und später daraus die Bindegewebsstammzellen isoliert. Dies bei Patienten, die er vorher über die Verwendung der Zellen in der Forschung aufgeklärt hat. «Fast alle angefragten Patienten geben ihr Einverständnis und stimmen einer Knochenmarkentnahme zu», sagt er.

Direkt ins pulsierende Herz

In den ersten eineinhalb Jahren des insgesamt dreijährigen Programms ging es vor allem darum, grundlegende Fragen zu beantworten. Sind die Zellen für die Patienten sicher? Lassen sie sich in genügend grossen Mengen gewinnen? Können sie so ins Herz eingebracht werden, dass sie dort bleiben? Anders als die Bauchspeicheldrüse oder die Leber pulsiert das Herz andauernd. Deshalb strömen ins Herz gespritzte Stammzellen oft wieder in den Blutkreislauf, statt sich an Ort und Stelle zu entwickeln.

Emmert experimentierte daher nicht mit einzelnen Stammzellen, sondern mit Aggregaten von Tausenden von Stammzellen. Diese sind klein genug, um über einen Katheter ins Herz gelangen zu können. Zudem habe sich in Tierversuchen gezeigt, dass die Zellen in den Aggregaten verstärkt miteinander interagierten und daher auch im Herzen besser an den neuen Nachbarzellen haften blieben, sagt Emmert.



Auch mit der Operationstechnik befasste sich Emmert. Die Zellaggregate einfach ins Herz zu spritzen wäre zu ungenau, sagt er. Weder wäre es sinnvoll, sie in einen abgestorbenen Bereich des Herzmuskels zu bringen, noch in einen völlig gesunden. Am ehesten eigne sich die Randzone, die zwar unterversorgt ist mit Blut, aber noch nicht abgestorben. Mit einem ausgeklügelten System möchte er

«Von unseren Zellen geht keine Krebsgefahr aus.»

eine dreidimensionale Karte des Herzens und seiner Durchblutung erstellen. Dann könnte er mit einem weiteren Katheter die Stammzellen punktgenau in die Randzone spritzen. Bei Schweinen und Schafen, deren Herzen von der Grösse her mit dem menschlichen vergleichbar sind, ist ihm das bereits gelungen.

«Im Vergleich mit anderen Stammzelltypen schneiden meine Bindegewebsstammzellen sehr gut ab, was die Patientensicherheit angeht. Mit diesen Zellen hat man genügend Erfahrung und weiss, dass von ihnen keine Krebsgefahr ausgeht», sagt Emmert. Auch könne man sie in genügend grossen Mengen gewinnen. Ein weiterer Vorteil sei zudem, dass sie vom Immunsystem der Patienten weniger stark abgestossen würden als andere fremde Zellen. Das spiele zwar im Idealfall, wenn körpereigene Stammzellen verabreicht würden, keine Rolle. Aber in gewissen Fällen kämen körperfremde Stammzellen zum Einsatz. Wie bei einer Transplantation müsse der Empfänger dabei Medikamente zur Unterdrückung seines Immunsystems einnehmen. Bei den Bindegewebsstammzellen wäre die notwendige Dosis kleiner als bei anderen Stammzelltypen, sagt Emmert.

Erste klinische Versuche

Wann die Stammzelltherapie auch bei Menschen getestet werden kann, ist noch ungewiss. Emmert und sein Chef, Simon Hoerstrup, sind aber guter Dinge, dass sie in den nächsten Jahren mit den ersten klinischen Versuchen beginnen können. Sollten sich diese als erfolgreich herausstellen, könnte Emmert in einigen Jahren als Herzchirurg die Therapie anwenden, die er selbst mitentwickelt hat. ■

Himmliche Steine im Wüstensand

Im Oman sammelt der Geologe Beda Hofmann Meteoriten. Er entlockt ihnen die Geheimnisse ihrer Herkunft und ihrer Reise durchs Weltall.

« Seit 2001 gehen wir fast jedes Jahr auf Meteoritensuche in den Oman. Die Route planen wir mit Google Earth. Am Computer sind die Stellen, an denen die Dünen überquerbar sind, viel besser zu erkennen, als wenn man mittendrin steckt. Mit Proviant und Benzin für zwei bis drei Wochen sind wir auf Geländewagen in der Wüste unterwegs. Wir halten den ganzen Tag nach schwarzen Gesteinsbrocken im hellen Sand Ausschau. Am besten ist es, wenn wir die Sonne im Rücken haben. Dann täuschen uns die Schatten nicht.

Schwarz sind die Meteoriten, weil ihre äusseren Schichten auf dem Weg zu uns als so genannte Feuerbälle in der Erdatmosphäre verglühen. Gleichzeitig formt sich auf der Oberfläche dieser ausserirdischen Gesteine eine dunkle Schmelzkruste. Doch das Innere der Meteoriten bleibt chemisch unverändert. Daraus ziehen wir Rückschlüsse auf die Herkunft der Meteoriten und ihre Reise durch das Weltall.

Jedes Jahr fallen ungefähr 40000 Meteoriten auf die Erde. Die allermeisten bleiben verschollen, weil wir nicht nur auf den Kontrast zwischen den dunklen Meteoriten und dem hellen Hintergrund angewiesen sind, wenn wir etwas finden wollen, sondern auch darauf, dass das Gestein nur langsam verwittert. Wir haben herausgefunden, dass die Winderosion in der Wüste von Oman eine grosse Rolle spielt. Und dass die grossen Temperaturschwankungen, denen die Meteoriten unterworfen sind, die Anreicherung von terrestrischen Salzen beeinflussen, was indirekt die Verwitterung verstärkt. Zum Glück hatten wir bereits genügend Daten beisammen, als irgendein Viech das Kabel der



Temperatursonden, mit denen wir einzelne Meteoriten versehen hatten, durchbiss.

Weltweit eignen sich nur drei grossflächige Gebiete für die Meteoritensuche: die Antarktis, Teile der Sahara und der Oman. Doch in der Antarktis verfälschen Gletscherströme das Bild, wenn sie Gesteinsbrocken, die eigentlich zusammengehören, auseinandertreiben. Auch in der Sahara ist der genaue Fundort der Meteoriten oft nicht mehr ausfindig zu machen, weil die Gesteine auf Handelswegen nach Marokko gelangen und dort meist an private Sammler verkauft werden.

Im Oman ist die Situation anders. Wir sind wegen der bis in die 1970er Jahre zurückreichenden Beziehungen der Universität Bern mit dem geologischen Dienst des Landes die einzigen, die mit einer offiziellen Bewilligung in der Wüste





nach Meteoriten suchen dürfen. Weil wir den Fundort jedes Meteoriten gut dokumentieren, erschliessen wir grosse Streufelder, auf die sich die auseinanderfallenden Brocken eines Meteoriten manchmal verteilen.

Systematische Untersuchungen haben auch den Vorteil, dass sie – allerdings mit Vorsicht zu geniessende – statistische Vergleiche erlauben. So sind wir unter den über 2000 Fundstücken in der Wüste von Oman nur auf einen einzigen Eisenmeteoriten gestossen, obwohl diese ungefähr fünf Prozent der weltweit beobachteten Meteoritenfälle ausmachen. Wir vermuten deshalb, dass die Menschen in der Vorzeit das himmlische Eisen sammelten und daraus Werkzeuge oder Waffen herstellten. Gern würden wir diese Vermutung an archäologischen Funden aus dieser Gegend testen – mit einer



Methode, bei der die Antiquitäten vollständig intakt bleiben würden. Aber es ist nicht einfach, an solche Funde zu gelangen. Wir versuchen es schon seit längerem über verschiedene Kontakte mit den omanischen Behörden. Bisher ohne Erfolg.

Die meisten Meteoriten stammen von Asteroiden. Das sind kleine Himmelskörper, die auf einer Art Vorstufe der Planetenbildung stehen geblieben sind und in unserem Sonnensystem zwischen Mars und Jupiter den so genannten Asteroidengürtel formen. Wir haben aber auch Stücke gefunden, deren chemische Zusammensetzung und die in ihnen eingeschlossenen Gase nahelegen, dass sie vom Mars kommen. Das spektakulärste Stück, das wir gefunden haben, stammt vom Mond. Wir gehen davon aus, dass sich der Mond aufgrund eines massiven Zusammenstosses in der Frühzeit der Entwicklung des Sonnensystems von der Erde abgespalten hat. Daher ist wohl ein Teil dieses faustgrossen, 200 Gramm schweren Steins in viereinhalb Milliarden Jahren von der Erde zum Mond und wieder zurück gereist. Aufgezeichnet von Ori Schipper

Abenteuerliche Meteoritensuche:

In Omans weisser Wüste trotzen Geologen der Universität Bern Wind und Wetter, um steinerne Botschaften aus dem All zu entschlüsseln.

Bilder: Edwin Gnoss (2), Beda Hofmann (2)



Pflanzliche Feldzüge

Viele exotische Pflanzen machen die Schweiz zu ihrer neuen Heimat. Wie gelingt es ihnen, sich auf den hiesigen Wiesen durchzusetzen?

VON ATLANT BIERI

Die Chinesische Hanfpalme ist die vollendete invasive Pflanze. Nicht nur, dass sie den Sprung von Asien nach Europa geschafft hat und schon seit Jahrzehnten in den Südschweizer Wäldern wächst; sie hat es auch fertiggebracht, sich zu einer Einheimischen erklären zu lassen. Hierzulande kennt sie der Volksmund als Tessiner Palme. Aber wie wird eine Pflanze zu einer so erfolgreichen Invasorin?

Diese Frage beschäftigt Mark van Kleunen und sein Team am Institut für Pflanzenwissenschaften der Universität Bern. Sie untersuchen, welche Eigenschaften Pflanzen haben müssen, damit sie in einem neuen Gebiet Wurzeln schlagen können. Für ein Feldexperiment haben sie Samen von 93 verschiedenen – einheimischen und so genannten exotischen – Pflanzenarten gemischt. Um zu testen, ob Paracelsus' Lehrsatz «Die Menge macht das Gift» auch für den Etablierungserfolg von gebietsfremden Pflanzen zutrifft, streuten die Forschenden die Samen in unterschiedlicher Anzahl auf 16 Wiesen im Berner Mittelland. Das Resultat nach drei Jahren ist eindeutig. «Je mehr Samen einer Pflanzenart vorhanden sind, desto eher setzen sie sich durch», sagt van Kleunen.

Überlegene Vielfrasse

Aber nicht nur die Menge, auch der Metabolismus spielt eine entscheidende Rolle. Auf den Versuchsfeldern waren die Vielfrasse den genügsamen Pflanzen überlegen. «Wer Stickstoff gut verwertet, hat mehr Erfolg», sagt van Kleunen. Unter natürlichen Bedingungen wäre Stickstoff ein eher limitiertes Gut. Doch besonders im Mittelland schütten die Bauern fässerweise Jauche auf die Wiesen – ein Festessen für Pflanzen, die den Stickstoff schnell aufnehmen und nutzen können. Dennoch scheitern viele Neu-



Fernöstliche Vorfahren: Die Tessiner Palme stammt aus China und heisst eigentlich Chinesische Hanfpalme. Bild: Swiss-Image.ch

ankömmlinge, selbst wenn sie gute Veranlagungen mitbringen, an der enormen Konkurrenz. Nach drei Jahren waren von den ursprünglich 93 angesäten Arten nur noch fünf einheimische in den Wiesen vertreten. Die weniger gut an die hiesigen Umweltbedingungen angepassten Exoten hingegen waren ausgestorben. «Offenbar lassen die Gräser Fremdlinge nicht herein», sagt van Kleunen. So schützt sich eine dicht bewachsene Wiese vor Invasoren.

Anders sieht es in so genannten gestörten Systemen aus. Das sind Wiesen, die vor der Aussaat gepflügt wurden. Van Kleunen und seine Kollegen machten das mit der Hälfte der Versuchsflächen. Auf ihnen hatten sich nach drei Jahren elf einheimische Testpflanzen und zwei Exoten etabliert. Ihnen hat die Störung zum Durchbruch verholfen. Das könnte erklären, warum Städte wie Zürich, Bern oder Lausanne Ausgangspunkt für viele neue invasive Arten sind. Dort gibt es viele Schrebergärten und Rabatten, die jedes Jahr neu umgebrochen und mit neuen Exoten aus dem Gartencenter bepflanzt werden. In den frisch gepflügten, konkurrenzfreien Gartenbeeten können diese in Ruhe ihr erstes Basislager einrichten, bevor sie sich an die Eroberung der Wiesen und Felder ausserhalb der Stadt machen.

Der entscheidende Faktor beim Sprung aus dem Gartenbeet in die freie Wildbahn könnten extreme Wetterereignisse sein, wie sie im Zuge des Klimawandels zu erwarten sind. «Man nimmt an, dass Exoten von solchen Ereignissen profitieren und sich weiter ausbreiten können», sagt Regula Billeter vom Institut für Integrative Biologie der ETH

Zürich. Zusammen mit ihrer Doktorandin Iris Altenburger überprüft sie diese Vermutung auf ihre Stichhaltigkeit. Die beiden Forscherinnen setzten 18 verschiedene Pflanzenarten einem grossen Klima-Stress aus. Wie im Experiment von van Kleunen bedienten sie sich einer Mischung aus einheimischen und exotischen Pflanzen. Von den zwölf Schweizer Arten war die Hälfte Generalisten, die unter unterschiedlichen Standortbedingungen wachsen. Die andere Hälfte bestand aus Spezialisten, die an trockenere und nährstoffärmere Bedingungen angepasst sind.

Simulierter Klimawandel

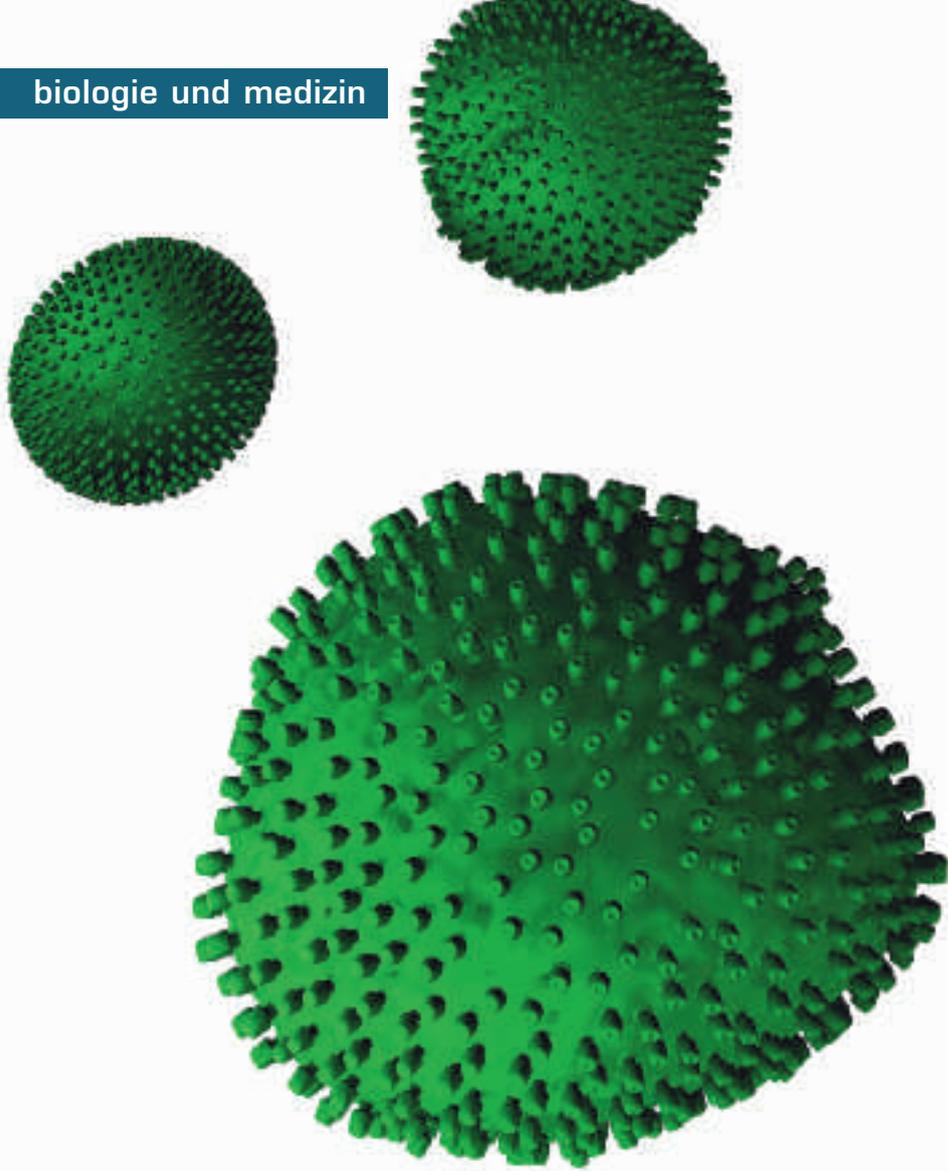
Billeter und Altenburger stellten die Pflanzen in Töpfe und simulierten die mit dem Klimawandel einhergehende Erwärmung sowie Extrem-Wetterereignisse wie Trockenheit und Überschwemmungen. «Die Wärme allein würde den meisten Pflanzen wahrscheinlich keine grossen Probleme bereiten, aber die Extremereignisse schon», sagt Billeter. Einer Gruppe von Pflanzen gaben sie so lange kein Wasser, bis ihre Blätter welkten. Eine andere Gruppe durchlief das Starkregen-Szenario: Ihre Töpfe wurden einmal pro Tag überschwemmt. «Ein Extremereignis ist nur dann eines, wenn die Pflanze leidet», sagt Billeter. Nach dieser Rosskur durften die Pflanzen zwei Monate unter normalen Bedingungen wachsen. Erstaunlich ist, dass sich dabei alle Pflanzen so gut erholten, dass sie am Schluss gleich viel Biomasse aufwiesen wie die Kontrollpflanzen, die unter normalen Bedingungen wuchsen.

Unterschiede gab es jedoch bei der Blütenproduktion. Diese setzte bei wärmeren Temperaturen bei den Generalisten und Exoten früher ein als sonst. Dies dürfte ihnen helfen, sich unter veränderten Umweltbedingungen gegen eine starke Konkurrenz durchzusetzen. «Die ersten blühenden Pflanzen haben die Bestäuber zu Beginn für sich allein», sagt Altenburger. Das führt zu einer grösseren Samenproduktion und also eher dazu, dass sich eine Art in ihrem neuen Lebensraum festkrallt, wie das Experiment von van Kleunen zeigte.

Die vielfältigen Strategien sind vielleicht der Grund, warum es bis heute nicht gelungen ist, eine invasive Pflanze in der Schweiz auszurotten. Vielleicht wird es in Zukunft noch manch eine Exotin geben, die sich nach einer angemessenen Zeitspanne einen Schweizer Namen zulegen wird und die einheimische Artenvielfalt bereichert – genauso wie die Tessiner Palme aus China. ■

Was sind invasive Pflanzen?

Die Fauna und Flora eines Gebietes passt sich seit jeher den sich wandelnden klimatischen Bedingungen an. Seit der Entdeckung Amerikas hat sich der interkontinentale Austausch von Pflanzen jedoch intensiviert. Die Schweizerische Kommission für die Erhaltung von Wildpflanzen (SKEW) definiert «Neophyten» daher als gebietsfremde Pflanzen, die sich hier nach 1500 etabliert haben. Der dem Griechischen entnommene Fachbegriff bedeutet «neue Pflanze». Eingeführt werden Neophyten heutzutage meist via Einkauf im Gartencenter oder durch Samen, die aus dem Ausland als Souvenir mitgebracht werden. Wenn Neophyten in freier Wildbahn in die bestehende Vegetation eindringen und dabei einheimische Pflanzen verdrängen, gelten sie als invasive Pflanzen. Die SKEW zählt heute 23 Arten zu diesen problematischen Neophyten.



Entwaffnetes Virus

Ein gentechnisch verändertes Mausvirus könnte zur Herstellung von Impfstoffen gegen die Erreger von Aids oder Hepatitis C oder zur Krebsbehandlung beitragen.

VON ELISABETH GORDON

Es wird LCMV genannt. Dieses Virus erzeugt die lymphozytäre Choriomeningitis und befällt normalerweise Mäuse. Es besitzt jedoch eine Eigenschaft, die es für die Medizin sehr wertvoll machen könnte. Wenn das Virus in den Organismus gelangt, aktiviert es bestimmte Zellen des Immunsystems, die dendritischen Zellen. Diese lösen die Bildung zahlreicher zytotoxischer T-Zellen aus, welche Krankheitserreger töten.

Das Virus ist deshalb ein idealer Vektor für Impfstoffe. Obwohl es bereits 1933 entdeckt wurde, konnte es bisher nicht zu diesem Zweck eingesetzt werden.

Dank den Arbeiten des Teams von Daniel Pinschewer, Professor an der medizinischen Fakultät der Universität Genf, hat sich dies nun geändert. «Es ist uns gelungen, das Genom des Virus so zu verändern, dass es nun zwar harmlos ist, aber weiterhin eine starke Immunantwort auszulösen vermag», sagt Pinschewer.

Auch wenn der Erreger in erster Linie Nagetiere befällt, so ist er doch in der Lage, beim Menschen Grippe-symptome hervorzurufen. Bevor das Virus als Vektor für Impfstoffe eingesetzt werden kann, muss es jedoch sozusagen entwaffnet werden. Dazu entfernten die Forschenden das «Docking-Protein» des Virus, ein Molekül, das sich auf seiner Hülle befindet und ihm dazu dient, sich an neue Zellen zu heften und in diese einzudringen.

Gefährliche Eindringlinge

An dessen Stelle haben sie verschiedene Proteine von Viren, Bakterien oder Tumoren eingebracht, gegen die der behandelte Organismus seine Immunabwehr richten soll. Nachdem das Immunsystem mit Hilfe des veränderten Virus mit diesen gefährlichen Eindringlingen in Kontakt gekommen ist, kann es sie später wiedererkennen. Es stellt nun nicht nur gegen sie gerichtete Antikörper her, sondern produziert gleichzeitig – angeregt durch das LCMV – Heerscharen von Killerzellen.

Aufgrund dieser Eigenschaft könnten mögliche Impfstoffe gegen die Erreger von Aids, Hepatitis C, Malaria oder Tuberkulose, bei denen die Herstellung von Antikörpern allein nicht ausreicht, wirkungsvoll eingesetzt werden. Auf diese Weise könnte auch ein Impfstoff für die Krebstherapie zum Einsatz kommen, wobei das Immunsystem zur Zerstörung der Krebszellen stimuliert wird. Pinschewer und seine Gruppe konnten zeigen, dass mit dem LCMV behandelte Mäuse ihre Tumore eindämmen oder sogar besiegen können.

Es besteht jedoch die Gefahr, dass das Immunsystem das LCMV, nachdem es mit diesem in Kontakt gekommen ist, zerstört und dessen stimulierende Wirkung unterdrückt. «Nichts ist schlimmer als ein Impfstoff, dessen Vektor von Antikörpern neutralisiert wird», sagt Pinschewer. Glücklicherweise ist das nie oder zumindest selten der Fall. Antikörper entwickeln sich nur gegen die Impfstoffproteine, aber nicht gegen ihr Transportmittel. «So können wir derselben Person den Impfstoff mehrmals verabreichen.»

Der von der Genfer Forschungsgruppe eingeschlagene Weg ist verheissungsvoll. So haben Forschende am Impfstoff-Forschungszentrum der National Institutes of Health (USA), die an diesen Arbeiten beteiligt waren, mit Studien zu einem Impfstoff gegen Aids begonnen, dessen Vektor ein verändertes LCMV ist. ■

Harmlos, aber wirkungsvoll: Ein Modell des lymphozytären Choriomeningitisvirus.
Bild: Stefano Tartarotti

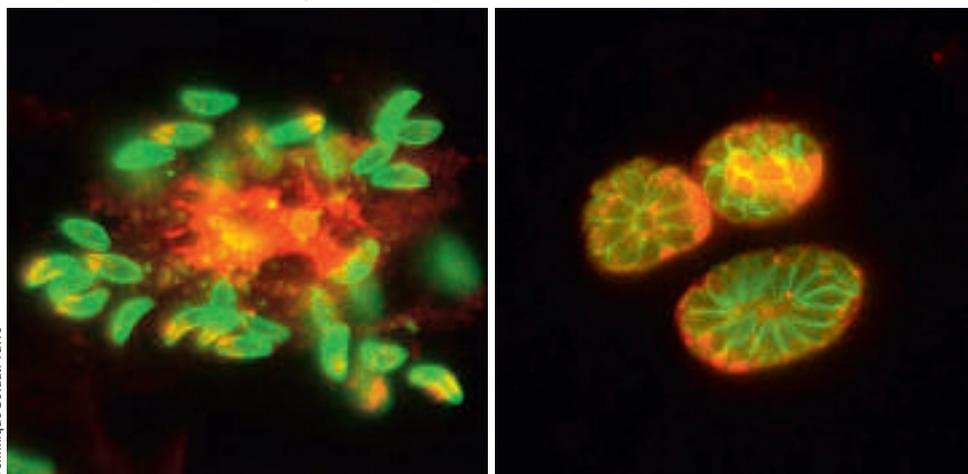
Wie Parasiten infizieren

Bestimmte Parasiten müssen in eine Wirtszelle eindringen, um zu überleben. Man nennt sie «obligat intrazelluläre Parasiten». Zu dieser Gruppe gehören der Parasit *Plasmodium falciparum*, der die schwerste Form von Malaria verursacht, oder der Erreger der Toxoplasmosis. Wie gehen aber diese einzelligen Mikroorganismen, auch Sporozoen genannt, bei einer Infektion vor? Forschende der Universität Genf haben den Schlüssel zur Lösung dieses Rätsels gefunden. «Man weiss, dass Sporozoen beim Eintreten in eine Zelle aktiv sind und sich nicht einfach phagozytieren lassen», sagt Dominique Soldati-Favre, Professorin an der Abteilung für Mikrobiologie und molekulare Medizin. «Beim Eindringen erzeugen sie einen Hohlraum, eine Vakuole,

und vermehren sich darin.» Soldati-Favres Gruppe beschreibt in «Science» den Mechanismus, der für die «Verhaltensänderung» des infektiösen Erregers verantwortlich ist: «Der Parasit verfügt über ein Adhesin, ein Membranprotein, mit dem er die Wirtszelle erkennen und binden kann. Sobald er eingedrungen ist, zerlegt ein weiteres Protein, eine Protease, das Adhesin in Segmente. Bestimmte Segmente wandern dann vermutlich in den Zellkern des Mikroorganismus und geben das Startsignal für die Vervielfachung.» Die Forscherin ist zuversichtlich, «dass diese Protease als Angriffspunkt für ein Medikament dienen könnte, das den Einzeller an der Vermehrung hindert».

Olivier Dessibourg

Schlag auf Schlag: Wenn der Toxoplasmosis-Erreger in eine Wirtszelle eindringt, beginnt er sich zu vermehren.



Dominique Soldati-Favre

Das Hirn schläft nie

Machen die auf die Bildverarbeitung spezialisierten Nervenzellen im Hirn eine Pause, wenn man auf einen schwarzen, abgeschalteten Bildschirm guckt? Nein, sagt Pietro Berkes, ein vom SNF unterstützter Forscher an der Universität Brandeis in den USA. Das Hirn ist dauernd damit beschäftigt, ein internes Modell der es umgebenden Aussenwelt zu entwerfen. Das hilft uns, die aufgenommenen Sinnesreize, wenn nötig, zu ergänzen. Dank dem internen Modell fügen wir unbewusst beide Hälften einer Ansicht zusammen, wenn wir beispielsweise hinter einem Zaunpfahl auf der einen Seite den Kopf, auf der anderen Seite das Hinterteil eines Hundes wahrnehmen. Um möglichst exakte und sinnvolle Ergänzungen unserer Sinneseindrücke zu entwerfen, greifen wir auf Seherfahrungen zurück, die wir im Alltag machen.

In einem «Science»-Artikel haben Berkes und Kollegen mit Tierversuchen gezeigt, dass sich das Verhalten der Nervenzellen in der Dunkelheit im Laufe des Lebens ändert. Wenn Frettchen einen Monat nach der Geburt erstmals ihre Augen öffnen, unterscheidet sich ihre Hirnaktivität stark, je nachdem, ob ihnen der Trailer des Films «Matrix» vorgespielt oder das Licht ausgeschaltet wurde. Aber hundert Tage später liessen sich die Bilder, die sich in der Dunkelheit vor dem inneren Auge der Frettchen abspielten, statistisch nicht mehr von den im Hirn verarbeiteten Filmsequenzen unterscheiden. ori

Bizarres Liebesleben an der Adria

Im Sandstrand der Adria leben 16 verschiedene Arten von durchsichtigen Plattwürmern. Die kaum zwei Millimeter langen Winzlinge haben ganz unterschiedliche Spermienformen entwickelt, die optimal an ihr bizarres Paarungsverhalten angepasst sind, wie die Gruppe um den Evolutionsbiologen Lukas Schärer von der Universität Basel gezeigt hat. Als Zwitterwesen haben die Tierchen nämlich ein Problem: Sie müssen bei der Paarung gleichzeitig die männlichen wie die weiblichen Interessen wahrnehmen. Als Männchen möchten sie möglichst viele Weibchen befruchten, als Weibchen aber, für die viel mehr auf dem Spiel steht, den Zeitpunkt der Befruchtung bestimmen. Diesen Interessenkonflikt lösen die Würmer auf zwei unterschiedliche Weisen: Eine Gruppe von Würmern paart sich wechselseitig und spritzt – in

gegenseitiger Umschlingung – das Spermium in die weibliche Geschlechtsöffnung des Partners. Nach der Paarung versucht der Wurm, die unerwünschten Spermien loszuwerden, indem er sie aus der eigenen Geschlechtsöffnung saugt. Damit dies nicht gelingt, haben sich an den langen, schlangenförmigen Spermien dieser Gruppe starke Widerhaken und Borsten gebildet. Ganz anders das Verhalten der anderen Gruppe: Sie versuchen die Befruchtung durch den Partner zu vermeiden, indem sie ihn beim Geschlechtsakt regelrecht überfallen. Dabei spritzen sie ihm mit einem harpunenartigen Stilet die Spermien unter die Haut. Die Spermien dieser Arten sind viel kleiner und haben weder Borsten noch Widerhaken, denn sie müssen sich im Körper des Partners ihren Weg zur Eizelle bahnen. Katharina Truninger



Lukas Schärer

Sexueller Interessenkonflikt: Nach der gegenseitigen Befruchtung saugen sich die zwitterigen Plattwürmer das Spermium aus der eigenen Geschlechtsöffnung.



Verkaufte Körper

**Menschen werden immer wieder zur Ware, auch in der Schweiz.
So stellte man in der Frühneuzeit aus dem Fett von Hingerichteten Arzneien her.
Doch leichtfertig geschah das nicht.**

VON CAROLINE SCHNYDER

Im November 2009 ging die Meldung um die Welt, in Peru habe eine Verbrecherbande Dutzende von Menschen entführt und ermordet, um aus deren Leichen Fett zu gewinnen. Nach den Angaben der Polizei sei das Fett für 15000 Dollar pro Liter vermutlich an europäische Kosmetikfirmen verkauft worden. Doch kurz darauf kam das Dementi: Die peruanischen «Fettmörder» gebe es nicht.

Warum tauchen solche Geschichten immer wieder auf? Warum schenken wir ihnen Glauben – oder glauben doch zumindest, dass «die anderen» – dort in Peru etwa – an sie glauben? Das Forschungsprojekt «Menschen als Ware. Der verkaufte Körper in der Schweiz 1400–1700» ist den Vorstellungen und Ängsten, aber auch den historischen Realitäten, die in diesen Geschichten zum Ausdruck kommen, auf der Spur. Unter der Leitung von Valentin Groebner, Professor für Geschichte an der Universität Luzern, geht das Projekt der Frage nach, wie Menschen, tote oder lebendige, ganz oder in Teilen, als «Ware», als blosses «Fleisch», gehandelt wurden.

Arzneien aus Menschenfett, Menschenhaut oder Knochen gehörten zur frühneuzeitlichen Medizin und wurden in Schweizer Apotheken verkauft, sagt Janine Kopp. Am Anfang ihrer Dissertation sei die «Mumia vera» gestanden, eine Arznei, die aus Überresten von ägyptischen Mumien hergestellt worden sei. Während ihrer Recherchen ist Kopp in den medizinischen Traktaten des 16. und 17. Jahrhunderts immer wieder auf den Hinweis gestossen, dass nicht «Mumia vera», sondern die «Mumia» aus frischem Menschenfleisch die beste Medizin ergebe. Der Arzt Johann Joachim Becher zum Beispiel hielt 1663 fest, dass für die Zubereitung von «Mumia» am besten das Fleisch von Hingerichteten zu verwenden sei, möglichst das von gesunden, jungen, rothaarigen Männern.

«Schmaltz aus dem Ruggen»

Die medizinischen Anweisungen und Rezepte scheinen nicht toter Buchstabe geblieben zu sein. In Ratsprotokollen und Gerichtsakten fand Janine Kopp zahlreiche Hinweise darauf, dass Hingerichtete in der Tat als Rohstoff für medizinische Produkte verwendet wurden. So erteilte der Luzerner Rat 1707 einem

Begehrte Objekte:
Der Grasshopper
Club Zürich besucht
Gunther von Hagens'
Ausstellung «Körper-
welten» (Zürich 2010).
Bild: Alessandro Della Bella/
Keystone

Georg Adam Schmid die Erlaubnis, der hingerichteten Cathry Weber das «Schmaltz aus dem Ruggen aber nit weiteres» herauszuschneiden. Aktenkundig wurden gewisse Fälle allerdings nur, weil jemand eine Grenze überschritten hatte. Wer sich ohne Erlaubnis die Überreste von Hingerichteten beschaffen wollte, machte sich der Zauberei, der schwarzen Magie verdächtig. Alle aus menschlichen Rohstoffen hergestellten Produkte waren schon in kleinsten Mengen sehr teuer, viel teurer als die aus Tieren gewonnenen Arzneien, betont Kopp.

Auf der Fleischbank

Um viel Geld ging es auch beim Solddienst, der in der politischen Propaganda des 15. und 16. Jahrhunderts als «commercium hominum», Handel mit Menschen, bezeichnet wurde. Mit dem Solddienst würden die Obrigkeiten, so der Vorwurf, ihre Untertanen auf die «Fleischbank» führen. Benjamin Hitz widmet sich in seiner Dissertation diesem Geschäft, vornehmlich aufgrund von Luzerner Quellen des 16. Jahrhunderts. Er kann zeigen, dass der Anteil der Söldner, die von der Armut in den Krieg getrieben wurden, relativ klein war. Überraschend ist aber vor allem, dass die einfacheren Luzerner Söldner – wenn überhaupt – oft ohne Geld nach Hause kamen, dafür mit einem Schein in der Tasche, der ihnen einen Anspruch auf den noch nicht ausbezahlten Sold bestätigte. Diesen «Restbetrag» – er konnte gut den Jahreslohn eines Handwerkers betragen – konnten die Söldner erst zurückfordern, wenn der Dienstherr (der französische König etwa) den Hauptmann bezahlt hatte. So warteten sie oft Jahre. Funktionieren konnte diese Schuldenwirtschaft vermutlich nur, weil die Hauptleute von den Obrigkeiten geschützt wurden – und weil die Hoffnung, irgendwie doch noch zum grossen Geld zu kommen, die Vorbehalte überwog.

«Man hat meinem Bub das Herz gestohlen», titelte der «Blick» 1969, als die Identität des Spenders für die erste in der Schweiz durchgeführte Herztransplantation bekannt wurde. Die Nachfrage nach Organen stieg mit den Erfolgen der Medizin. Ebenso nahmen aber, wie es scheint, die Vorbehalte zu. Simon Hofmann untersucht in seiner Dissertation, wie sich die schweizerische Transplantationsmedizin Organe zu beschaffen versuchte – und welche gesellschaftlichen Konflikte sie damit auslöste.

Die Ambivalenz der Debatten zur Organtransplantation ist eine der zentralen Beobachtungen von Simon Hofmann: Neben positiven Berichten über die Fortschritte der modernen Medizin, über das medizinische «Wunder», finden sich, zuweilen auf denselben Zeitungsseiten, Meldungen über Missbrauch und Ausbeutung, über Organraub und Organhandel. Woher diese Ambivalenz? Die Transformation des Spenders zur medizinischen Ressource sei nicht



selbstverständlich, für niemanden, sagt Simon Hofmann. Sie müsse ständig erklärt werden – und diese Erklärungen schlugen immer wieder einmal fehl. Hier setzten Mythen und Gruselgeschichten über Organhandel und Organraub an, in Krimis, Filmen, Zeitungsberichten – und manifestierten ein Unbehagen, das im medizinischen Diskurs keinen Ausdruck finde.

Hofmann ist dabei einem Rätsel auf der Spur, nämlich dem Umstand, dass trotz breiter Akzeptanz des medizinischen Fortschritts die Organspendebereitschaft seit Ende der 1980er Jahre stagniert. Ärzte, Spitäler und Unternehmen hätten die Organbeschaffung zu organisieren, reglementieren und immer wieder zu optimieren versucht, erzählt er. Doch das grosse Bedürfnis nach Organen habe die Öffentlichkeit verunsichert.

Regeln, Kontrollen, Grenzen

Eines wird in allen Projekten klar: Der Mensch wird nicht leichtfertig zur Ware. Es wäre haltlos, zu behaupten, der Scharfrichter oder Apotheker des 16. oder 17. Jahrhunderts habe den Menschen geringer geschätzt als das heutige medizinische Personal, das sich zu einer Operation zur Organentnahme anschickt. Hier wie dort gab es Regeln, Kontrollen, Grenzen. Die Geschichten über Organraub und Organhandel haben grauenhafte Entsprechungen in der Realität, insbesondere in der Dritten Welt.

Sie gehen aber auch in der Schweiz um, wo keine derartigen Fälle nachgewiesen sind. Sie schöpfen, wie Valentin Groebner meint, aus dem Schatz älterer Erfahrungen und Erzählungen. Weil sie uns bekannt sind, sind sie so leicht zur Hand. Sie werden zum Ort, an dem sich Ängste ausdrücken können. Das Unbehagen an der Nutzung von Körpern und Körperteilen ist bis heute geblieben. ■

Aus der Apotheke:
Eine Arznei aus menschenähnlichen Substanzen, um 1800.
Bild: Janine Kopp



Mit antiker Technik zu neuem Glanz:

Eine Restauratorin retuschiert ein Sgraffito in Roveredo. Bild: Albert Jornet

Hafenmauern erstellten. Mit dem Untergang des Römischen Reichs verschwand diese Technik weitgehend. Im Mittelalter setzte sich die Bauweise aus Holzfachwerk durch.

Inspirierender Vitruv

Dass nicht alles Wissen über Kalkputze verloren ist, ist dem römischen Architekten Vitruv zu verdanken. Seine «Zehn Bücher über Architektur» gehören zu den wenigen erhaltenen antiken Werken über Architektur. Vitruv hat den Baustoffforscher Albert Jornet zu einigen Experimenten angeregt. «Kalkmörtel ist ein fantastisches Material», sagt Jornet, Geologe an der Tessiner Fachhochschule. «Dank seiner Fähigkeit zur Wasserdiffusion und seiner Geschmeidigkeit ist er widerstandsfähiger als zementgebundener Mörtel. Er passt sich den Verformungen des Untergrunds an und zeigt selten statische Risse.» Allerdings sei die Arbeit mit Kalkmörtel schwierig. Und: Kalkmörtel braucht viel Zeit, bis er hart ist. Trocknet er zu schnell, können sich grossflächige Putzschichten ablösen. Zudem erfordert er intensive Schutz- und Nachbehandlungen. Um Zeit und Kosten zu sparen, geben viele Restauratoren dem Kalkmörtel die berühmte Schippe Zement bei.

Jornet stellte fest, dass die Zugabe von gemahltem Backstein oder vulkanischen Aschen, wie sie Vitruv beschreibt, die Kalkeigenschaften verbessert: Der Mörtel wird robuster. Im Unterschied zu Marmorstaub: «Dieser Putz sieht zwar schön aus, fällt aber qualitativ ab.» Ausserdem verglich Jornet fünf industrielle Werk trockenmörtel, die mit hydraulischen Zusätzen wie Zement und Luftporenbildner versehen sind, mit vier traditionellen Kalkmörtelgemischen. Dazu liess er auf dem Dach der Fachhochschule eine zwölf Meter lange Mauer erstellen, die er mit den neun Putzen bestrich. Die Tests zeigten, dass industrieller Trockenmörtel je nach Zusammensetzung und Zementanteil vergleichbare Eigenschaften wie der historische Putzmörtel aufweist.

Das ist neues Futter für eine alte Diskussion in der Denkmalpflege: Während die Puristen auf der historischen Zusammensetzung der Verputze beharren, rücken Pragmatiker wie Albert Jornet die Eigenschaften der verschiedenen Mörtel in den Vordergrund: Haftung, Festigkeit, Frostbeständigkeit. Entscheidend sei das Resultat. «An einer Aussenwand ohne Vordach ist es durchaus sinnvoll, ein hydraulisches Bindemittel einzusetzen. Auch wenn ich grundsätzlich kalkbasierte Mörtel bevorzuge und öfter eingesetzt sehen möchte.» ■

Wie die alten Römer

Bauforscher haben ein fast vergessenes Material wiederentdeckt: den Kalkputz. Mit Vulkanasche oder Backsteinpulver angereichert, ist er ähnlich beständig wie industrieller Zementmörtel.

VON NICOLAS GATTLEN

Portland-Zement hat den traditionellen Kalkmörtel im 19. Jahrhundert fast vollständig von den Baustellen verdrängt. Der zementgebundene Mörtel ist schnell angerührt und leicht zu verarbeiten, tragfähig und wetterbeständig. Doch in der Denkmalpflege zeigt er Schwächen: Mörtel mit hohem Zementgehalt löst sich leicht vom Untergrund ab, weil er wenig dehnbar ist. Auch verursachen die im Zement enthaltenen Alkalien Salzsäuren am Gemäuer. Diese Mängel sowie eine gewachsene Sensibilität gegenüber verfälschten historischen Erscheinungsbildern drängten die Denkmalpfleger zu einer Rückbesinnung auf historische Kalkputze.

Früheste Spuren von Kalkmörtel finden sich an 12 000 Jahre alten Bauwerken in Anatolien. Auch in den Hochkulturen Mesopotamiens und Ägyptens verwendeten die Bauleute gebrannten Kalkstein. Die Römer entwickelten die Kalktechnik weiter. Sie waren die ersten, die mit Beton-ähnlichen Stoffen Fundamente, Gebäudeteile, Wasserleitungen und

Wie heilig sind die Berge?

Der in China stehende Tai Shan ist ein heiliger Berg. Jährlich zieht er Tausende von Pilgern und – immer mehr – auch Touristen an. Seine Heiligkeit hat Tradition. Schon 1608 notierte ein Autor, dass die Bewohner der umliegenden Gebiete Wallfahrten zum «Grossen Berg» unternahmen. Der Niesen im Berner Oberland gilt heute vielen als magischer Berg. Verbirgt sich dahinter ebenfalls eine heilige Tradition, und hatten nicht die Menschen in den vorindustriellen Zeiten grösseren Respekt vor der Natur? So verhält es sich gerade nicht. Der Historiker Jon Mathieu zeigt in seinem anschaulich und feinsinnig witzig formulierten Buch «Die dritte Dimension. Eine vergleichende Geschichte der Berge in der Neuzeit», dass die Sakralisierung der Berge in Europa und Nordamerika im Gegensatz zu Asien erst im 19. Jahrhundert einsetzte – mit Modernisierung und Natur-

romantik. Die Heiligkeit der Berge ist nur ein Aspekt in Mathieus Pionierstudie. Sie untersucht in vergleichender Perspektive die Welten der Berge und ihrer Bewohnerinnen und Bewohner in den letzten 500 Jahren; Landwirtschaft, Familienstrukturen und Mobilität kommen ebenso zur Sprache wie Tourismus, Alpinismus, Kolonialismus und Urbanisierung – Mexico City liegt im Gebirge. Zudem leistet das Buch disziplinäre Selbstreflexion: Wichtige Voraussetzungen für eine globalisierte historiografische Wahrnehmung der Berge sieht Mathieu in der Wissenschaftsgeschichte und in der Umweltpolitik, besonders in der Uno-Umweltkonferenz von 1992 in Rio. **uha** ■

Jon Mathieu: Die dritte Dimension. Eine vergleichende Geschichte der Berge in der Neuzeit. Schwabe-Verlag, Basel 2011. 242 S.

Sakrale Fahnen: Der Kailash in Tibet gilt als heilig und wurde daher noch nie bestiegen.



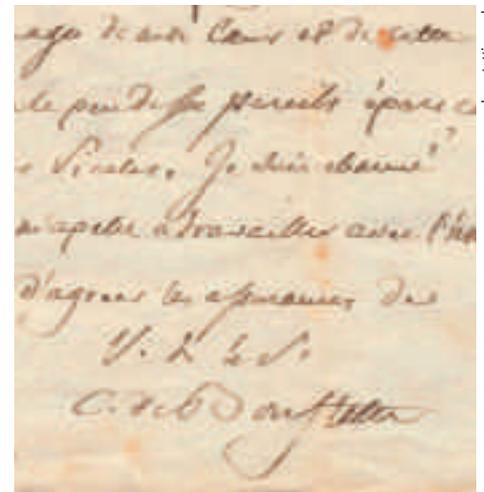
Olaf Schubert/prismaonline.ch

Gebeutelte Minderheiten

Einwanderer und ihre Religionen sind ein Dauerthema in der Schweizer Politik. Gleich zwei Bücher widmen sich nun der Frage, wie religiöse Minderheiten in der Schweiz leben und behandelt werden. Im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Religionsgemeinschaften, Staat und Gesellschaft» (NFP 58) untersuchten Politologen, wie das Stimmvolk die Anliegen von Minderheiten wie Muslimen oder Juden berücksichtigt. Sie nahmen insgesamt 21 Abstimmungen aus den letzten 120 Jahren unter die Lupe – vom Schächt- bis zum Minarettverbot. Resultat: Die allermeisten Volksentscheide fielen negativ aus für die

Minderheiten, verzögerten deren Gleichstellung oder brachten strengere Gesetze. Dies ist zumindest teilweise eine Folge der Instrumente der direkten Demokratie – der Volksinitiative und des Referendums. Das zweite Buch, zum Teil ebenfalls im Rahmen des NFP 58 entstanden, nimmt sich der Situation der Muslime an. Beleuchtet werden etwa das wohlwärtige Engagement von Muslimen oder die Frage, wie Kinder und Jugendliche den Islam sehen. **Simon Koechlin** ■

Adrian Vatter (Hg.): Vom Schächt- zum Minarettverbot. NZZ Libro, Zürich 2011. 317 S.
Brigit Allenbach, Martin Sökefeld (Hg.): Muslime in der Schweiz. Seismo-Verlag, Zürich 2010. 394 S.



bonstettiana.ch

Bonstetten handschriftlich: Ein Brief von 1787.

Ein frischer Frühliberaler

Das Forscherpaar Doris und Peter Walser-Wilhelm hat die Edition «Bonstettiana» abgeschlossen. Die Altphilologin und der Germanist haben die Texte und die Briefkorrespondenz des bedeutenden Berner Patriziers und Aufklärers Karl Viktor von Bonstetten (1745–1832) jahrzehntelang zusammengetragen. Bonstetten stand als Vertreter des europäischen Frühliberalismus in intensivem Kontakt mit Literaten, Philosophen und Wissenschaftlern seiner Zeit. Vielseitig interessiert und gebildet, verfolgte und kommentierte er die gesellschaftlichen Veränderungen in der politischen und wirtschaftlichen Umbruchzeit in Europa zwischen 1750 und 1830.

Wenn er im Jura neue Manufakturen oder im Berner Saanenland Bauernhöfe besuchte, hielt er seine Beobachtungen in Reiseberichten und Tagebüchern fest. Bonstetten machte sich Gedanken über die Demokratie und äusserte sich zur Steuerpolitik ebenso wie zur Kindererziehung. Er ging in den Salons der gebildeten Eliten ein und aus, schrieb in französischer und deutscher Sprache und war weit über die Schweiz hinaus vernetzt. So kannte er Napoleon persönlich und sandte dem russischen Zaren ungeniert ein Exposé über die Aufklärung zu. Seine umfangreiche Korrespondenz ist Teil der umfassenden, insgesamt zwanzig Bände (37 Teilbände) zählenden «Bonstettiana»-Edition, die vom Schweizerischen Nationalfonds finanziell unterstützt worden ist und jetzt im Wallstein-Verlag herausgegeben wird. **Sabine Bitter** ■

www.bonstettiana.ch

Himmelsfeuer über dem Säntis

Auf dem Säntis soll eine Messanlage Licht ins Geheimnis des Blitzschlags bringen. Das Phänomen gibt trotz jahrzehntelanger Forschung bis heute Rätsel auf.

VON OLIVIER DESSIBOURG

Blitze schlagen bei Farhad Rachidi als SMS ein. Eine Meldung auf dem Mobiltelefon teilt dem Professor der ETH Lausanne mit, wenn ein Blitz den Säntis in den Appenzeller Voralpen trifft. Dort hat seine Gruppe auf dem Fernsehturm, der auf dem 2502 Meter hohen Gipfel in die Höhe ragt, eine komplexe Anlage eingerichtet, mit der das wohl eindrücklichste Naturereignis überhaupt untersucht wird.

Als Benjamin Franklin 1752 den Blitz mit einem Flugdrachen geneckt haben soll, eröffnete er ein grosses Forschungsgebiet. Zweieinhalb Jahrhunderte später birgt der Blitzschlag noch immer viele Rätsel. Was geschieht bei einem Gewitter? «Kalte Luft gleitet unter warme Luftmassen und drängt diese nach oben», sagt Farhad Rachidi. «Die von den vertikalen Strömungen transportierten Tröpfchen und Kristalle kollidieren und reissen einander Elektronen weg.» Positive Teilchen werden in den Wolken nach oben getragen, negative gelangen nach unten. Die Folge: «Die Cumulonimbuswolke erhält wie eine Batterie zwei Pole.»

Auf der Erde sammeln sich ebenfalls Ladungen, insbesondere positive, die vom negativ geladenen unteren Wolkenbereich angezogen werden. Ein mächtiges elektrisches Feld bildet sich zwischen den beiden Flächen. Damit ist alles für das Schauspiel vorbereitet. Aber wie wird es ausgelöst? Hier ist die Wissenschaft ins Stocken geraten. «Die Luft zwischen der Wolke und der Erdoberfläche ist ein guter Isolator», sagt Farhad Rachidi. «Messungen haben gezeigt, dass das elektrische Feld zwischen den beiden Polen viel zu schwach ist, als dass es spontan zu einer Entladung kommen könnte. Dazu müsste es mindestens zehnmals stärker sein.» Es muss also ein weiteres Phänomen im Spiel sein.

Seit kurzem erhält eine Hypothese Auftrieb, wonach des Rätsels Lösung in der kosmischen Strahlung zu suchen ist. Energiereiche subatomare Teilchen aus dem All, die bei der Explosion einer Supernova oder in Schwarzen Löchern entstehen, fallen andauernd auf die Erde. Wenn sie mit Molekülen der Atmosphäre wie Sauerstoff oder Stickstoff zusammenstossen, entreissen sie diesen Elektronen und übertragen ihnen ihre ungeheure Energie. Die Teilchen schlagen sich

Rekordhalter:
In den Fernsehturm auf dem Säntis schlagen europaweit die meisten Blitze ein.

Bild: Gerd Krauskopf

demnach einen Weg durch die Luft frei und erzeugen einen Kanal für den Blitz (siehe Grafik).

So die Theorie. Es fehlt nur noch der Beweis. «Seit jeher war es schwierig, Blitze zu untersuchen, weil sie so unvorhersehbar zuschlagen», sagt Farhad Rachidi. Grundsätzlich gibt es zwei Ansätze. Erstens: im Labor Lichtbögen zu erzeugen. Diese ahmen freilich die Wirklichkeit nur schlecht nach. Die andere Möglichkeit: Den Blitz im Feld künstlich mit Raketen auszulösen, die in die Wolken geschossen werden und Metalldrähte hinter sich herziehen. «Aber auch so erhält man ein verfälschtes Bild», sagt Farhad Rachidi.

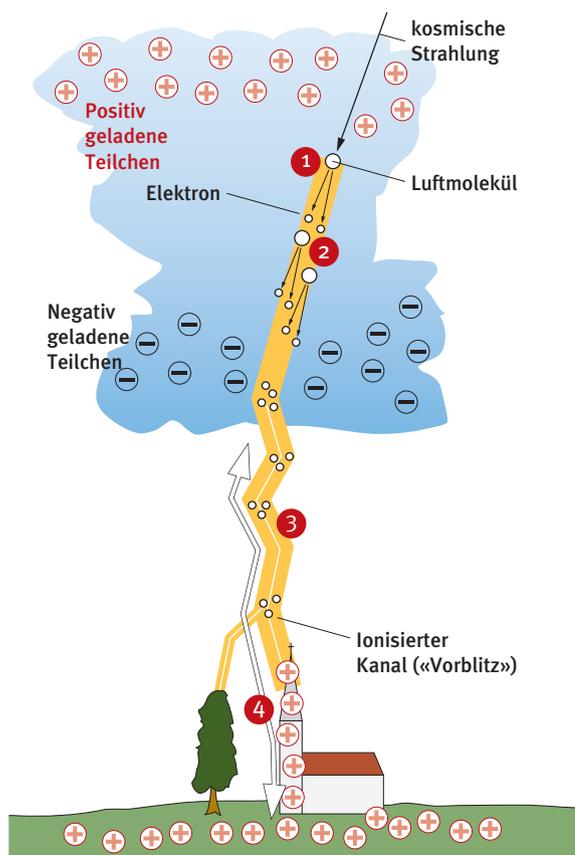
Die Forschenden versuchen deshalb, Nutzen aus dem so genannten Spitzeneffekt zu ziehen, nach dem der Blitz vorzugsweise in spitz zulaufende, in den Himmel ragende Objekte wie Kirchtürme oder Bäume einschlägt. Über diesen Spitzen ist das elektrische Feld besonders stark. Zwischen 1943 und 1972 führte eine Gruppe der ETH Zürich Messungen zur Stromstärke von Blitzen auf dem San Salvatore im Tessin durch. Diese Arbeiten sind noch immer wegweisend, auch wenn die Messgenauigkeit jener Instrumente begrenzt war.

Um der Sache mit der Technologie des 21. Jahrhunderts auf den Grund zu gehen, hat die Gruppe der ETH Lausanne die Gewitteraktivitäten bei mehreren Telekommunikationstürmen in der Schweiz untersucht. Bilanz: Der Turm auf dem Säntis wurde am häufigsten vom Blitz getroffen. «Er nimmt europaweit einen Spitzenplatz ein», sagt Farhad Rachidi, «vermutlich weil hier regelmässig der Föhn weht, der besonders günstige Bedingungen für Gewitter schafft. Wir klären diese Frage gegenwärtig mit Klimatologen ab.»

Riskanter Aufstieg

Anschliessend wurde in Zusammenarbeit mit der Haute école d'ingénierie et de gestion in Yverdon (HEIG-VD) und der Universität Bologna die Antenne ausgerüstet. «Wir haben im 120 Meter hohen Turm bei 24 und 82 Metern Höhe Detektoren installiert», sagt der Doktorand Carlos Romero. «Dazu musste ich mich wie beim Klettern sichern. Ich habe vorher eine Kletterausbildung besucht. Es war riskant, mit hundert Kilogramm Material einen Turm hochzusteigen, dessen Spitze im Wind um einen Meter schwankte.»

Der Forscher installierte ein elektronisches System, das wegen der grossen Temperaturunterschiede – von minus 35 Grad im Winter bis zu plus 40 Grad im Sommer – robust, aber gleichzeitig auch komplex ist, da es von elektromagnetischen Effekten des Blitzes nicht beeinflusst werden soll. Diese Anlage sammelt die Daten von 100 Millionen Messungen verschiedener Parameter bei einem einzigen Blitzschlag. Mehr noch: Um nicht ständig zum Säntis fahren zu müssen und aufgrund der Zugangsbeschränkungen von Swisscom,



Kosmische Wegbereiter für den Blitz:

- 1) Teilchen aus dem Welt- raum prallen auf Luft- moleküle und entressen ihnen Elektronen.
- 2) Der Aufprall erzeugt eine Lawine hochenergetischer Elektronen.
- 3) Die Lawine breitet sich entlang eines durch Vorentladungen ionisierten Kanals aus.
- 4) Sobald der teilweise verzweigte ionisierte Kanal den Boden erreicht, erfolgt die sichtbare Entladung: der Blitz. Dabei erhitzt sich die Luft auf 30 000 Grad Celsius, dehnt sich schlagartig aus und erzeugt eine Schockwelle: den Donner.

Bild: Scientific American/Joël Sutter

der Eigentümerin des Turms, haben die Ingenieure ein Fernbedienungssystem eingerichtet.

Die Anlage, die zur Hälfte vom Schweizerischen Nationalfonds finanziert wurde, kostete eine halbe Million Franken. Sie funktioniert hervorragend. «Seit Sommer 2010 haben wir mehr als fünfzig Blitze eingefangen», sagt Farhad Rachidi. Einige merkwürdige Einzelheiten: «Bei acht Entladungen handelte es sich um aufsteigende Positivblitze. Sie sind viel seltener als Negativblitze, aber entscheidend, da sie eine bis zu zehn mal grössere Ladungsmenge transportieren können.» Wenn es gelingt, diese mächtigen Ereignisse besser zu verstehen, könnte ihre zerstörerische Wirkung eingeschränkt werden – auf Stromnetze genauso wie auf ein besonders häufiges Opfer: Windkraftanlagen.

Im Übrigen haben diese Arbeiten bereits eine Anwendung gefunden: die Prüfung von Gewitterwarnsystemen, die von Flughäfen und Stromunternehmen verwendet werden. «Diese bestehen aus Sensoren, die in einem bestimmten Gebiet verteilt werden», sagt Marcos Rubinstein von der HEIG-VD. «Sie messen die elektromagnetischen Felder, die von Blitzen erzeugt werden, und lokalisieren die Einschlagstellen. Bisher allerdings erst mit einer Genauigkeit von einigen hundert Metern. Mit unseren Geräten können Verbesserungen der Messgenauigkeit bestätigt werden.»

Die Forschenden rechnen damit, dass zur Messanlage auf dem Säntis weitere Instrumente kommen werden, etwa eine Hochgeschwindigkeitskamera, die den Verlauf der Blitze visualisiert – und dass sie damit noch mehr Licht ins Geheimnis der Entstehung des Himmelsfeuers bringen können. ■



5000 Detektoren unter dem Eis

Neutrinos bergen entscheidende Informationen zum Rätsel der Dunklen Materie, sind aber äusserst flüchtig. Am Südpol werden sie eingefangen und untersucht.

VON PIERRE-YVES FREI

Es ist wunderschön, aber es kann auch eintönig werden, wenn man zu lange hier ist. Die Amundsen-Scott-Station liegt am Südpol auf einer 3000 Meter dicken Eisschicht. «Man hat das Gefühl, man befinde sich auf einer Hochebene. Es braucht Akklimatisierungszeit, weil die Luft so trocken ist.» Mathieu Ribordy hat lebhaftere Erinnerungen an seinen Aufenthalt am Südpol. Wenn es sich vermeiden lässt, wird er nicht zurückkehren: «Obwohl die Forschenden dort bestens zusammenarbeiten, ist der Ort steril und abgeschieden.»

In jedem Fall wird der Professor am Laboratorium für Physik der ETH Lausanne seine besondere Beziehung zu dieser Ecke des Südpols in den kommenden Jahren behalten. Denn hier ruht

In der Falle: Das bläuliche Licht soll in Eisschächten gesammelt werden.
Bild: B. Gudbjartsson/nsf.gov

IceCube. Zweck dieser Anlage ist der Nachweis von Neutrinos. Diese flüchtigen Teilchen haben eine so verschwindend kleine Masse, dass sie so gut wie nie mit Materie interagieren. Jede Sekunde durchqueren mehrere Milliarden Neutrinos unbemerkt unseren Körper. Diese Diskretion ist eine Herausforderung für die Forschenden, für welche die Teilchen in verschiedener Hinsicht interessant sind. So bergen sie entscheidende Informationen zu den kniffligsten Rätseln des Universums, beispielsweise zur Dunklen Materie.

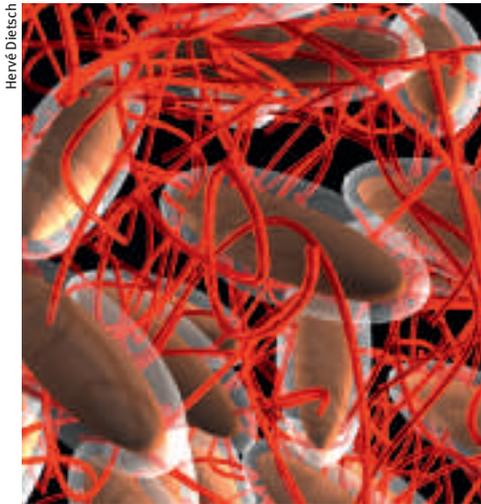
Unfassbar wie Geister

«Das Universum könnte zu 85 Prozent aus Dunkler Materie bestehen, über die wir noch kaum etwas wissen», sagt Mathieu Ribordy. «In verschiedenen Hypothesen sind Neutrinos die Hauptdarsteller. Deshalb ist es so wichtig, sie nachzuweisen.» Aber noch immer sind die Teilchen so unfassbar wie Geister. Es braucht Beharrlichkeit und Einfallsreichtum, um sie in eine Falle zu locken – eine Falle wie IceCube. Die Anlage besteht aus 86 Schächten mit 60 Zentimeter Durchmesser und einer Tiefe von 2500 Metern. In jedem einzelnen Loch sind in einer Tiefe von zwischen 1500 und 2500 Metern 60 Detektoren installiert.

Diese Tiefe ist für den Erfolg des Experiments entscheidend, weil die Detektoren dort vor parasitären Teilchenreaktionen geschützt sind und das Eis durch den hohen Druck so stark komprimiert wird, dass es durchsichtig ist. Diese Transparenz ist wichtig, damit die Detektoren die winzigen Blitze bläulichen Lichts sammeln können, die bei den seltenen Interaktionen von Neutrinos mit Materie entstehen (der so genannte Tscherenkow-Effekt).

Fünf Jahre brauchte es, um die Schächte zu bohren. Die 2010 abgeschlossenen Arbeiten waren jeweils während der Sommer durchgeführt worden, die allerdings am Südpol kaum diesen Namen verdienen. Jeder Schacht musste in höchstens 48 Stunden ausgehoben sein, da sich das Eis sonst erneut gebildet hätte. Das von den USA geleitete wissenschaftliche Konsortium, an dem sich auch die Schweiz beteiligt, entwickelte dazu einen Spezialbohrer, der mit heissem Wasser und hohem Druck arbeitet. Diese Maschinerie erwies sich als äusserst effizient. Während der Spitzenzeit zählte die Station rund fünfzig Personen, darunter dreissig Bohrspezialisten. Heute stehen die Forschenden vor einem vollendeten Werk. Die Jagd auf kosmische Neutrinos ist eröffnet. Bald wird man über die Dunkle Materie vielleicht nicht mehr im Dunkeln tapen. ■

Wie intelligentes Material sich zurechtbiegt



Hervé Dietsch

Auf Wunsch flexibel: Die Struktur eines Elastomers in einer Illustration.

Materie ist etwas Passives? Nicht unbedingt. Wenn sie verformt werden, finden Materialien mit einem so genannten Formgedächtnis in ihren morphologischen Ausgangszustand zurück. Es braucht nur etwas Wärme oder elektrischen Strom. Diese «intelligenten» Verbundstoffe einer neuen Generation dürften in zahlreichen Gebieten von der Robotik bis zur Medizin zum Einsatz kommen.

Am Adolphe-Merkle-Institut der Universität Freiburg möchte Hervé Dietsch Materialien herstellen, die sich aus der Distanz mit magnetischen Feldern kontrollieren lassen. «Mit einem Ventil aus solchem Material könnte man beispielsweise die Verabreichung eines Medikaments im Körperinneren steuern», erklärt der junge Forscher. Erste ermutigende Ergebnisse liegen

bereits vor. Das Projekt, an dem auch die ETH Zürich beteiligt ist, läuft im Rahmen des Nationalen Forschungsprogramms «Intelligente Materialien» (NFP 62).

Die Forschenden heften bestimmte Moleküle auf die Oberfläche magnetischer Nanopartikel und bringen diese in Polymere mit Formgedächtnis ein. «Wir haben festgestellt, dass die Elastizität des Materials erhöht wird, wenn die Partikel gut in die Polymermatrix eingebunden werden», sagt Hervé Dietsch. Der nächste Schritt: die Verwendung von Partikeln, die genügend magnetisch sind, dass man mit ihnen die Form des Materials kontrollieren kann. «Wir haben bereits Ergebnisse, können sie aber noch nicht mitteilen», meint der Forscher vielsagend.

Daniel Saraga ■

Mensch und Klima

Wenn vom Einfluss des Menschen auf die Klimaerwärmung die Rede ist, denkt man in der Regel zuerst an das CO₂, das seit der industriellen Revolution vermehrt in die Atmosphäre gelangt. Doch dort weichen die Konzentrationen der Treibhausgase CO₂ und Methan bereits seit 8000 Jahren von den Werten ab, die aufgrund der zyklischen Klimaveränderungen zu erwarten wären. Anstatt dass diese Gase in der Atmosphäre abnehmen und auf der Erde die nächste Eiszeit ankündigen, steigen die Treibhausgaskonzentrationen immer mehr an. Die Forschung geht deshalb davon aus, dass der Mensch bereits vor der Industrialisierung zum CO₂-Anstieg beigetragen hat. Kohlenstoff wird in der Vegetation gespeichert, die sich durch Jagd, Beweidung und Landwirtschaft verändert. Unsere Vorfahren nutzten den Boden extensiver und waren pro Kopf deshalb auf viel grössere Flächen als wir angewiesen.

Der SNF-Förderungsprofessor Jed Kaplan und sein Team von der ETH Lausanne haben die Bodennutzung in früheren Epochen mit Hilfe von Daten zur Vegetation und zur Bevölkerungszahl geschätzt und daraus die CO₂-Menge berechnet, die auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen ist. Die Ergebnisse zeigen, dass die Menschen zwischen 6000 v. Chr. und 1850 den Ausstoss von etwa 350 Gigatonnen CO₂ in die Atmosphäre bewirkten, fünf Mal mehr als bisher angenommen, und stützen die Hypothese eines vorindustriellen Einflusses des Menschen auf das Klima.

Anne Burkhardt ■



visibleearth.nasa.gov

Mal süss, mal salzig: Das Schwarze Meer in einer Satellitenaufnahme (2006).

Das Schwarze Meer im Zeitraffer

Das Schwarze Meer hat in den letzten 670 000 Jahren eine wechselvolle Geschichte erlebt. Mehrmals wurde der Zugang zum Mittelmeer beim nur gerade 35 Meter tiefen Bosphorus unterbrochen und das Schwarze Meer zu einem riesigen Süsswassersee. Das konnten Dominik Fleitmann und Seraina Badertscher vom Institut für Geologie der Universität Bern in «Nature Geoscience» nachweisen.

Die Rekonstruktion gelang den Forschenden – Fleitmann ist SNF-Förderungsprofessor, Badertscher Doktorandin – anhand des Verhältnisses der beiden Sauerstoffisotope ¹⁶O und ¹⁸O in Tropfsteinen aus der nordtürkischen Sofular-Höhle. Diese Sauerstoffisotope bilden die Zusammensetzung des Regenwassers ab – und damit indirekt die Zusammensetzung des Meerwassers, aus dem das Regenwasser entstand.

Da das Wasser im Mittelmeer eine andere Isotopenzusammensetzung hat als das Süsswasser, das in das Schwarze Meer strömt, lässt sich anhand der Sauerstoffisotope ermitteln, wann sich der Bosphorus jeweils öffnete und Meerwasser einströmte. Die Berner Forschenden konnten zeigen, dass sich der Zugang zum Mittelmeer im Laufe der letzten 670 000 Jahre mindestens zwölf Mal geöffnet haben musste. Sieben Mal bestand eine direkte Verbindung zum Kaspischen Meer. Der jüngste Zusammenschluss mit dem Mittelmeer fand vor etwa 9400 Jahren statt. Dass er zu einer katastrophalen Überflutung führte, die sich in der Geschichte der Arche Noah wiederfindet, glaubt Fleitmann allerdings nicht. Der Pegel des Schwarzen Meeres stieg danach nur langsam an. **Felix Würsten** ■



«Die unbedenkliche Luftverschmutzung gibt es nicht»

Schadstoffe in der Luft wirken sowohl kurz- als auch langfristig. Kurzfristig führt die Luftverschmutzung zu Atemwegsbeschwerden. An Tagen mit erhöhter Feinstaubkonzentration suchen vor allem empfindliche Leute wie etwa Asthmatiker vermehrt den Arzt auf und müssen häufiger Medikamente nehmen oder sogar ins Spital. Langfristig bewirken die Luftschadstoffe, dass die Lungenfunktion abnimmt. Gleichzeitig nehmen Atemwegserkrankungen und die Arterienverkalkung zu, was zu einer erhöhten Sterblichkeit führt. Denn die Leute sterben nicht nur an respiratorischen Störungen, sondern vor allem auch wegen Herzkreislaufproblemen.

Dass sich Schadstoffe in der Luft auf das Herz auswirken, ist erstaunlich.

Ja, aber nur auf den ersten Blick. Die Schmutzpartikel können in der Lunge eine chronische Entzündung auslösen. Unter Umständen dehnt sich die Entzündung auf den ganzen Körper aus und wirkt somit auf das Herz und möglicherweise sogar auf das Hirn ein. Tierversuche zeigen zudem, dass Feinstaub auch in Zusammenhang mit klassischen Entzündungskrankheiten wie Diabetes oder Fettleibigkeit stehen könnte.

Um Bakterien oder Viren zu bekämpfen, kann die Forschung Medikamente entwickeln. Aber was können Sie gegen Erkrankungen tun, die von Luftschadstoffen verursacht werden?

Über die Frage, was am hilfreichsten ist, liesse sich trefflich streiten. Mich befriedigt die Arbeit in der Luftschadstoffforschung, weil die Resultate unserer Studie beispielsweise zur Definition von Feinstaub-Grenzwerten in der Schweiz geführt

Schmutzpartikel können die Lunge, aber auch das Herz oder gar das Hirn schädigen. Manche Menschen sind genetisch bedingt besonders krankheitsanfällig, sagt Nicole Probst-Hensch.

VON ORI SCHIPPER
BILD ANNETTE BOUTELLIER

Frau Probst-Hensch, in den letzten dreissig Jahren hat sich die Luftqualität – jedenfalls in Europa – verbessert. Müssen wir uns nun keine Sorgen mehr machen?

Doch. Leider gibt es keinen Grund zur Entwarnung. Auch eine noch so geringe Luftverschmutzung ist nicht unbedenklich. Daher müssen wir weiterhin bestrebt sein, die Luft möglichst rein zu halten. Ausser-

dem sind wir hier in einer privilegierten Situation. Kürzlich habe ich mit einer Delegation des Tropeninstituts unsere Partnerinstitutionen in Chennai in Indien besucht. Der Verkehr dort erschlägt einen! Wir möchten unsere Expertise, die wir mit der Sapaldia-Studie gewonnen haben, in andere Länder bringen, um die Leute frühzeitig vor gesundheitlichen Schäden zu warnen.

Inwiefern schadet uns die Luftverschmutzung?

haben. Der schönste Moment war für mich, als wir zeigen konnten, dass mit einer verbesserten Luftqualität Vorteile für die allgemeine Gesundheit der Bevölkerung zu erzielen sind. Dadurch konnten wir der Politik bestätigen, dass die von ihr ergriffenen Massnahmen tatsächlich nütz-

«Das setzt die Bereitschaft voraus, in den öffentlichen Verkehr zu investieren.»

lich sind. Nun gilt es, die Schadstoffemissionen des Verkehrs in Schach zu halten oder besser noch zu senken. Das setzt natürlich die Bereitschaft voraus, in den öffentlichen Verkehr zu investieren.

Sie untersuchen das Erbgut der Studienteilnehmer. Welche Rolle spielen die Gene bei Krankheiten, die der Luftverschmutzung angelastet werden?

Ob eine Krankheit ausbricht oder nicht, hängt von vielen Faktoren ab. Einige davon, etwa Umweltfaktoren oder der Lebensstil, sind nicht genetisch bedingt. In der Forschung wurden sie bisher oft ausser Acht gelassen. Mit der Sapaldia-Studie möchten wir das ändern. Uns interessiert aber auch, wieso einige Personen viel empfindlicher auf Luftschadstoffe

reagieren als andere. Solche genetisch bedingten Unterschiede müssen berücksichtigt werden, wenn es darum geht, Grenzwerte für die Luftverschmutzung zu definieren. Erschwerend kommt für uns hinzu, dass wir es mit extrem komplexen, chronischen Erkrankungen zu tun haben, bei denen nicht ein einzelnes Gen, sondern eine Kombination von genetischen Risikofaktoren ausschlaggebend ist.

Heisst das, dass Sie mit Ihrem genetischen Ansatz nicht weit kommen?

Es geht uns gar nicht darum, Gentests für chronische Krankheiten zu entwickeln. Wir möchten die Krankheitsmechanismen aufschlüsseln und besser verstehen, was vor sich geht, wenn sich aufgrund der Luftverschmutzung eine Krankheit entwickelt. Diesem Ziel kommen wir mit unseren genetischen Untersuchungen allmählich näher. In der Sapaldia-Studie haben wir beispielsweise gesehen, dass besonders empfindliche Personen andere Varianten von bestimmten, an Entzündungsprozessen beteiligten Genen aufweisen als gesunde Personen. Daraus schliessen wir, dass Entzündungsprozesse bei der Entstehung der Krankheit vermutlich eine wichtige Rolle spielen. Ausserdem haben wir gezeigt, dass beim Asthma bei Kindern andere Gene beteiligt sind als beim Asthma von Erwachsenen. Genetisch gesehen handelt es sich also um zwei verschiedene Erkrankungen mit jeweils spezifischen Krankheitsmechanismen.

Für die Sapaldia-Studie betreiben Sie eine Biobank. Was ist das?

Eine Biobank ist eine Sammlung von biologischem Material, das den so genannten Spendern entnommen worden ist und mit ihren klinischen Daten verknüpft wird. Dabei gewinnt die Biobank an Wert, je mehr man über die Spender weiss und je länger man ihren Krankheitsverlauf beobachtet. In unserer Biobank bewahren wir 240 000 tiefgekühlte Röhrchen auf. Aus Sicherheitsgründen haben wir sie auf identische Biobanken in Basel, Zürich und Genf verteilt. Mehrere Studenten

Sapaldia

Sapaldia steht für Swiss Cohort Study on Air Pollution and Lung and Heart Diseases in Adults. In dieser Langzeitstudie untersuchen Epidemiologen, Ärztinnen, Biologen und Statistikerinnen, wie sich die Umwelt, der Lebensstil, die sozialen Umstände und die Gene auf die Gesundheit der Schweizer Bevölkerung auswirken. Sie sammeln biologisches Material und erheben seit 1991 Gesundheitsdaten von knapp 10 000 zufällig ausgewählten Personen, die in Aarau, Basel, Davos, Genf, Lugano, Montana, Payerne oder Wald leben.

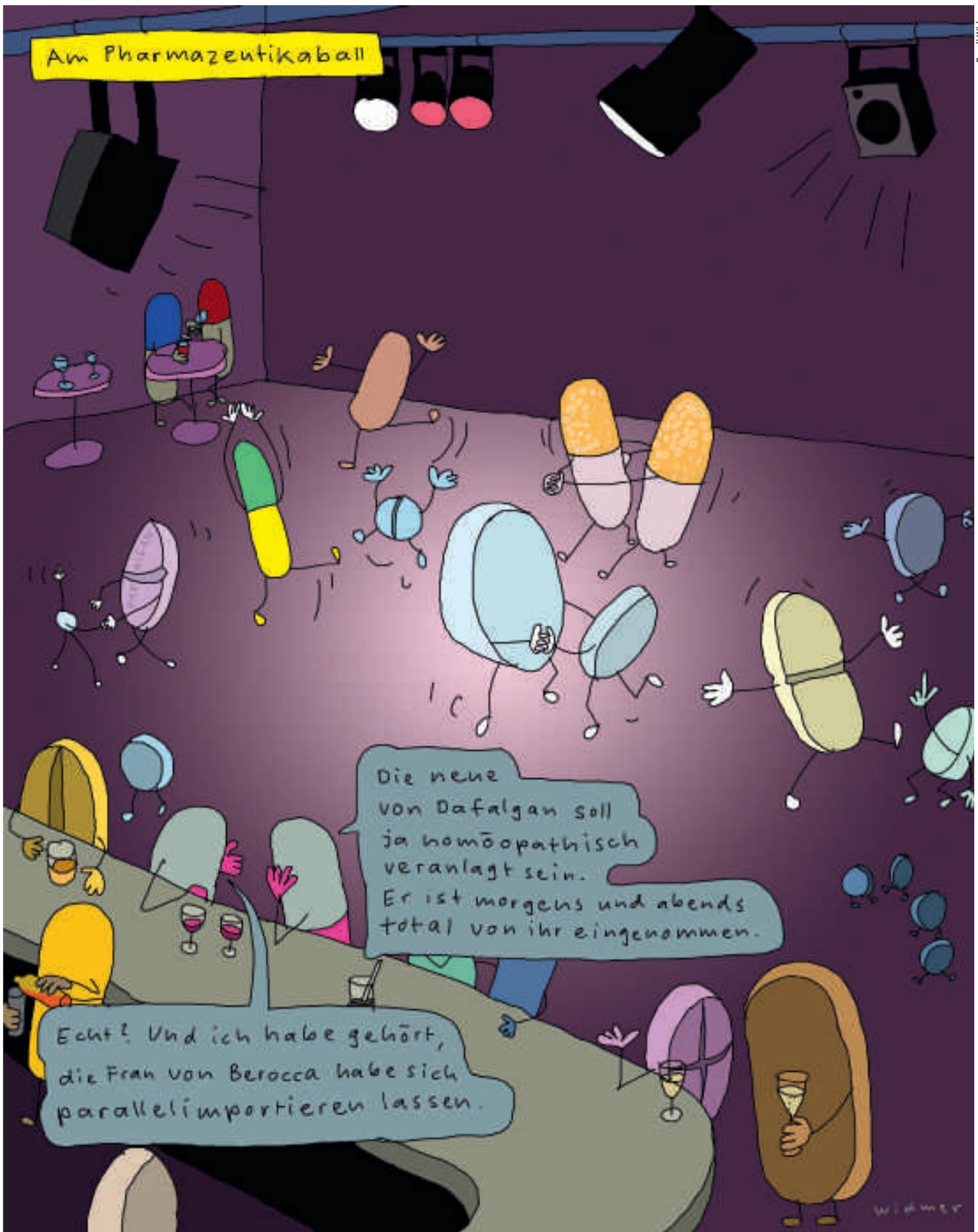
waren wochenlang mit dieser Arbeit beschäftigt. In der Industrie werden solche Arbeiten durch Roboter ausgeführt. Das können wir uns in der akademischen Forschung nicht leisten. Als eine der grossen Herausforderungen in der Zukunft sehe ich darum das Schmieden von so genannten Public-Private-Partnerships.

Gibt es weitere Herausforderungen, die Sie für ein so grosses und langfristig angelegtes Forschungsprojekt meistern müssen?

Alles dreht sich um Netzwerke. Nicht nur bei uns, da zeichnet sich weltweit ein Trend ab. In den – oft staatlich gesteuerten – medizinischen Forschungskonglomeraten werden wir Forschenden zur disziplinenübergreifenden Zusammenarbeit gezwungen. Das finde ich gut, denn nur so kommen wir weiter und überwinden die Grenzen, die sowohl den Grundlagenwissenschaften wie auch der Epidemiologie gesetzt sind. Zusammen können wir auch das breite Forschungspotenzial, das in unserer Biobank steckt, effizient nutzen. Das sind wir der Gesellschaft nicht zuletzt auch wegen der hohen Kosten schuldig. Doch für die Studienverantwortlichen ist die Situation nicht immer einfach: Neunzig Prozent der Zeit verbringt man mit Organisieren, gemessen wird man aber nur an den Publikationen, denen man die restlichen zehn Prozent der Zeit widmet. ■

Nicole Probst-Hensch

Die Epidemiologin Nicole Probst-Hensch hat nach ihrem Pharmaziestudium an der ETH Zürich, dem Doktoratsabschluss an der Universität Basel und einem längeren Forschungsaufenthalt in Kalifornien das Nationale Institut für Krebs-epidemiologie und -registrierung (NICER) an der Universität Zürich aufgebaut und geführt. Seit 2009 leitet sie die Abteilung Epidemiologie der chronischen Krankheiten am Schweizerischen Tropen- und Public-Health-Institut in Basel. Sie ist verantwortlich für die Biobank und Genetik der Sapaldia-Studie und Mitglied des Studiendirektorats.



Ruedi Widmer

Dynamik der Distinktion

Menschen grenzen sich mit qualifizierenden Titeln voneinander ab. Die Erfahrung lehrt, dass man diese nicht abschaffen kann. Aber gerade in den Wissenschaften sollte man Qualifikationen mit Bedacht einsetzen. Beim neuen Zauberwort «exzellent» geschieht das nicht.

VON JON MATHIEU

Plötzlich war das Wort da. Man hatte kaum bemerkt, woher und warum es auftauchte, da war es schon in aller Munde: «exzellent!» Ich erinnere mich nicht mehr genau, wann diese Flutwelle über uns hinwegschwappte. Beinahe über Nacht war die Welt der Forschung «exzellent» geworden. Die deutsche Exzellenz-Initiative besorgte den Rest und machte den Triumph offiziell und flächendeckend. Die Zeit der Superlative mit ihren Hochglanzprospekten war definitiv angebrochen.

Ich bin Historiker. Wenn mir unser aktuelles Zauberwort zu Ohren kommt, denke ich an ältere Begebenheiten. Bei der Eröffnung der Verhandlungen, die zum Westfälischen Frieden führten, ging es anno 1645 weniger um die Gräuel des Dreissigjährigen Kriegs als um die Frage, wer von den Teilnehmern das Prädikat «Exzellenz» in Anspruch nehmen durfte. Die Gesandten der deutschen Kurfürsten setzten den Anspruch von Anfang an erfolgreich durch. Die Delegierten der Fürsten waren dagegen durch keinen Reichsbeschluss zur Führung dieses Titels berechtigt. Sie mussten sich mit der freiwilligen Anerkennung begnügen.

Auch die unregelte Titulierung führte nicht selten zu inflationären Erscheinungen und neuen Abgrenzungen. In Italien war lange ausschliesslich der Fürst eine Exzellenz. Als sich seit den 1590er Jahren fremde Gesandten den Titel anmassten und die Kardinäle neu Eminenz genannt wurden, war ihm dies nicht mehr fein genug: Der Fürst verwandelte sich in eine Altezza. Mit der Exzellenz ging es dagegen weiter bergab. Ende des 19. Jahrhunderts stellte «Meyers Konversationslexikon» (die Bibel des deutschen Bürgertums) mit gehobenen Augenbrauen fest: «... doch ist man in Italien mit der schriftlichen Anrede «Eccellentissimo Signore» sowie der mündlichen «Eccellenza» höchst freigiebig, und namentlich in Süditalien wird jeder Fremde E. genannt.»

Das Beispiel deutet an, dass die Dynamik der Distinktion auch vor der breiten Bevölkerung nicht Halt macht. Ich hatte einmal Gelegenheit,



Hans-Christian Wepler

qualitativ hoch stehende, um nicht zu sagen exzellente Besitzerlisten einer grossen Engadiner Gemeinde zu studieren. Die Liste von 1602 enthielt drei Titel, mit denen knapp ein Drittel der Besitzer hervorgehoben wurde. Hundert Jahre später verwendete man schon 16 Titel, und der Anteil der Titelträger stieg auf über zwei Drittel. Nochmals hundert Jahre später traten dann die Superlative auf. Ironischerweise handelte es sich um die gleichen Titel – «Illustrissimi» –, welche die «eminent» gewordenen Kardinäle früher abgelegt hatten.

Die historische Erfahrung lehrt, dass man Titel nicht nachhaltig abschaffen kann. Also sollten wir uns überlegen, wie man sinnvoll damit umgehen kann. Wer einen Doktorhut durch Plagiat erschwindelt, muss unter Umständen seinen Ministerposten räumen. Mit dem Wort exzellent darf sich dagegen jeder und jede nach Belieben schmücken. Das wäre nicht weiter tragisch, wenn es bloss um individuelle Eitelkeit ginge. Doch zuweilen betrifft die Titulatur zentrale Fragen der Forschungspolitik, welche die Zukunft des Bildungspotenzials Schweiz prägen werden. Dürfen auch fachfremde Personen – beispielsweise Exponenten der staatlichen Bildungsbehörden – frei von der Leber weg behaupten, dieses oder jenes sei «exzellente Spitzenforschung»? Andere Fragen der wissenschaftlichen Ethik und Verantwortung haben wir in letzter Zeit sehr ernst genommen. Wie wollen wir es mit solchen Qualifikationen halten? ■

Jon Mathieu ist Professor für die Geschichte der Neuzeit an der Universität Luzern und Forschungsrat der Abteilung Geistes- und Sozialwissenschaften des SNF.

Der Blick ins Hirn

VON PHILIPPE MOREL
ILLUSTRATIONEN STUDIO KO

Das Gehirn ist ein weiches und gallertartiges, rund 1500 Gramm schweres Organ, dessen Aktivität unsichtbar ist. Bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts bot es, selbst wenn es bei Sezierungen geöffnet wurde, wenig Lehrreiches. Dann entdeckte der Franzose Paul Broca das Sprachzentrum; er seziierte das verletzte Hirn zweier Personen, die unter Aphasie gelitten hatten. Wenig später erfindet der 1906 mit dem Nobelpreis ausgezeichnete Italiener Camillo Golgi eine Färbemethode, welche die Zellen des Nervensystems, die Neuronen, sichtbar machte.



Im Laufe des 20. Jahrhunderts entwickelten sich bei den Verfahren zur Darstellung des Gehirns zwei verschiedene Richtungen: die strukturelle oder anatomische und die funktionelle Bildgebung. Mit dem strukturellen Verfahren kann die Architektur des Gehirns untersucht werden. Es lassen sich zum Beispiel Verletzungen zur Diagnose oder zur Vorbereitung eines chirurgischen Eingriffs lokalisieren. Zu diesen Techniken gehören die Kernspintomografie (NMR) und andere tomografische Verfahren.



Mit der funktionellen Bildgebung kann das Gehirn in voller Aktion betrachtet werden. Damit lässt sich untersuchen, welche Hirnbereiche beim Lösen einer kognitiven Aufgabe aktiviert werden. Zu diesen Verfahren gehört die 1929 vom deutschen Neurologen Hans Berger entwickelte Elektroenzephalographie (EEG). Bei der EEG werden mit Hilfe von Elektroden, die am Kopf angebracht sind, Veränderungen der Hirnströme gemessen.

Bei der funktionellen Kernspintomografie (fNMR) wird die Hirnaktivität indirekt über den lokalen Sauerstoffverbrauch im Gehirn kartiert. Bei diesem Verfahren leuchten die beim Lösen einer Aufgabe aktiven Hirnareale auf. In den USA will man die fNMR als Lügendetektor verwenden. Aber hat ein Werkzeug der Forschung Platz in einem Gerichtssaal?



Die Ausstellung «Les doigts dans le cerveau» ist bis zum 29. Juli 2012 im Espace des Inventions in Lausanne zu sehen (www.espace-des-inventions.ch).

Diese Seite wurde in Zusammenarbeit mit dem Espace des Inventions Lausanne realisiert.

Ab 17. Juni 2011

Rosenstrumpf und dornencknie

In der Pflegeanstalt Rheinau im Kanton Zürich entstanden zwischen 1867 und 1930 Werke von Patientinnen und Patienten, die oft über Jahre in ihrer Zelle daran arbeiteten.

Medizinhistorisches Museum der Universität Zürich
www.medizin-museum.uzh.ch

Bis 27. August 2011

Berns moderne Zeit

Ein Knopfdruck, und die Waschmaschine läuft, ein bisschen Daumenakrobatik, und das Mobiltelefon verbindet. Die Ausstellung beleuchtet technische Errungenschaften des 19. und des 20. Jahrhunderts.

Universitätsbibliothek Bern, Zentralbibliothek
www.ub.unibe.ch/content/veranstaltungen

Bis 4. Sept. 2011

Wie wir lernen

Die Ausstellung zeigt wissenschaftliche Erkenntnisse, aber auch Spannendes und Kurioses zum Thema Lernen. Sie richtet sich an alle Generationen.

Kulturama – Museum des Menschen, Zürich
www.kulturama.ch

Bis 26. November 2011

20 Jahre Schweizerisches Literaturarchiv

Anlässlich seines runden Geburtstags präsentiert das Schweizerische Literaturarchiv einen beeindruckenden Überblick zu seinen literarischen und geisteswissenschaftlichen Archiven und Nachlässen.

Schweizerische Nationalbibliothek, Bern
www.nb.admin.ch/aktuelles

Bis Herbst 2012

Der vermessen(d)e Mensch

Die Sonderausstellung widmet sich zwei Aspekten des Messens: Wie wir den eigenen Körper und wie wir mit unseren Sinnen die Welt vermessen.

Swiss Science Center Technorama, Winterthur
www.technorama.ch

Permanent

Die Chemie der letzten 100 Jahre

Die kleine Sammlung zeigt Geräte, Präparate und Dokumente zur Geschichte von Chemie und Pharmazie, unter anderem Spektroskope, Voltmeter und Mikroskope, aber auch Stücke zu den Genuss- und Suchtmitteln.

Pharmakognostische und chemische Sammlung ETH Zürich
www.chab.ethz.ch/museum

Interaktives Ideenfeuerwerk

Sie haben sich «Wissenschaft mit Sinn für Humor» auf ihre Fahnen beziehungsweise in den Titel ihres Podcasts geschrieben. Als Briten pflegen sie einen knochentrockenen und blitzschnellen Humor, of course. Wenn es einen Geschwindigkeitsrekord im Denken gäbe, dann kämen ihm die Macherinnen und Macher der einstündigen Radiosendung «The Naked Scientists» gefährlich nahe. Dabei werden sie ihrem vollmundigen Anspruch, den besten Wissenschaftlern der Welt unter den Labormantel zu gucken und augenzwinkernd die Fakten zu entschleiern, fast immer gerecht. Jeden Sonntag zwischen sechs und sieben Uhr abends entfachen Chris Smith und seine smarte Truppe auf BBC ein

Ideenfeuerwerk mit Neuigkeiten aus der Welt der Forschung, aber auch mit einfachen Versuchen, welche die Hörerinnen und Hörer daheim in der Küche selber ausprobieren können. Wieso es beispielsweise einfach ist, eine Kerze auszublasen, wenn sie hinter einer Weinflasche steht, aber fast unmöglich, wenn

sie hinter einer Schuhschachtel steht, erklären sie glasklar. Für die vertiefenden thematischen Beiträge ziehen sie Forschende als Experten bei, die versuchen, auf die zahlreichen Fragen aus der Hörerschaft knapp und präzise zu antworten. Überhaupt geht die Sendung weit, um das Publikum zum Mitdenken anzuregen und in einen Dialog zu verwickeln: Auf der Website stehen die Abschriften der Interviews mitsamt den weiterführenden Links zu den wissenschaftlichen Publikationen zur Verfügung, im Forum kann man die Beiträge kommentieren und diskutieren sowie gemeinsam nach Antworten auf weiterführende Fragen suchen. Wer will, kann den «nackten Wissenschaftlern» twittern, selbstverständlich gibt es auch einen Auftritt auf Facebook, ja sogar im – für viele schon totgesagten – Second Life kann man die Radiosendung verfolgen und mitgestalten. **ori** ■

«The Naked Scientists», jeden Sonntag auf BBC.
 Podcast unter: <http://itunes.apple.com/podcast/the-naked-scientists-naked/id164924497>.



«The Naked Scientists»: Im Sendestudio geht es vor allem um nackte Tatsachen. Bild: Perry Hastings

