

MaxPlanckForschung

Das Wissenschaftsmagazin



der Max-Planck-Gesellschaft

ZUR SACHE

**Große Freiheit
Internet**

ZELLBIOLOGIE

**Der Wunderheiler
aus Mexiko**

WISSENSCHAFTS-
GESCHICHTE

**Spurensuche
im deutschen
Oxford**

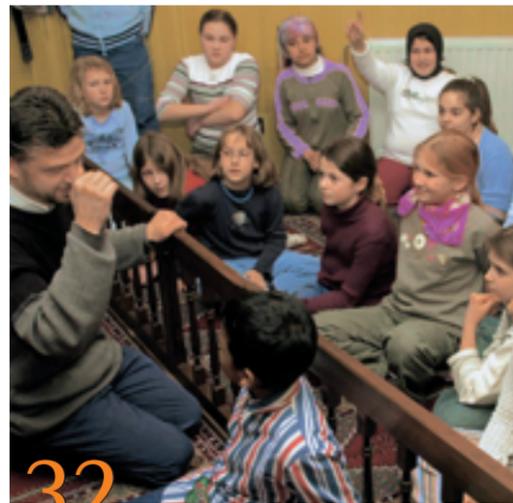
FOKUS

Religiosität



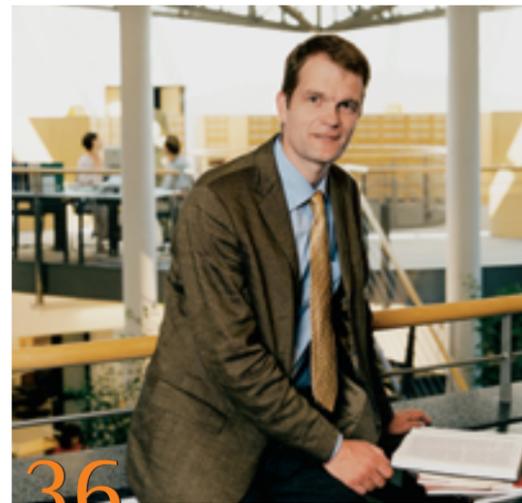
28

MISSION: Europa wird sich in den nächsten Jahrzehnten zu einem Einwanderungsland entwickeln. Als Schmelztiegel der Religionen rückt es in den Blickpunkt der Forscher. Ein Appell.



32

DIALOG: Das neue Unterrichtsfach „Lebensgestaltung, Ethik, Religionskunde“ soll 65.000 Schülerinnen und Schülern in Brandenburg moralische Werte vermitteln. Eine Bestandsaufnahme.



36

VIELFALT: „Die ungestörte Religionsausübung wird gewährleistet.“ So steht es im Grundgesetz. Wie viel Glaubensfreiheit verträgt die Gesellschaft? Ein Interview.

NOTIZEN des Präsidenten	4	Mehr Mut zum Aufbruch
FORSCHUNG aktuell	5	Schleier um Titan gelüftet
	6	Gutes Auge zu dunklem Zweck
	8	Erd-Dynamo zieht Kraft aus Wärme
	9	Das Rollkommando der Immunabwehr
	10	Familiäre Differenzen zwischen Ost und West
	11	Hund schnappt Worte auf
	13	Panorama
Zur SACHE	14	Große Freiheit Internet

FOKUS	■	RELIGIOSITÄT
	20	Auf dem Marktplatz der Religionen
	28	Topografie des Glaubens
	32	Anstoß zur moralischen Entwicklung
	36	„Die Balance zwischen Freiheit und Sicherheit wahren“

WETTBEWERB: Überall auf der Welt prallen unterschiedliche religiöse Überzeugungen aufeinander. In diesem Spannungsfeld von Konfrontation und Integration steckt erhebliches Konfliktpotenzial. Ein Ortstermin.

20



FOTOS: TITEL - CORBIS / ZEFA / DPA / GABY GERSTER / CHRISTIANE FALGE



GEOMAX: „Wenn der Wald zum Ozean wird – Forschen im Schwemmland des Amazonas“.

FASZINATION Forschung	40	Zellbiologie Der Wunderheiler aus Mexiko
WISSEN aus erster Hand	46	Biogeochemie Wie der Stickstoff zum Leben kam
WISSENSCHAFTS geschichte	52	Spaziergang durch Dahlem Spurensuche im deutschen Oxford
RÜCKBL ende	58	Katzenpaul und Binsenkäthe
FORSCHUNG & Gesellschaft	60	Informatik „Bingo!“ kriegt den Königsmörder rasch zu fassen
Zur PERSON	66	Gisela Schütz
NEU erschienen	70	Telepathische Zwillinge
	70	Schnörkellose Biologie
	71	Stürzende Pinguine
MAX PLANCK aktuell	72	Martin Vingron und Eugene W. Myers ausgezeichnet
	74	Gehirn in Scheiben
	75	Präzision mit Gründerpreis belohnt
	76	Einsteins Erben
	77	Zum Tod von Robert Gerwin
	78	Infothek
STAND orte	79	Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft
	79	Impressum
BLICK punkt	80	Reihenschaltung im Fliegenhirn

Mehr Mut zum Aufbruch

■ **China** – Als junger Wissenschaftler habe ich zeitweise am Gästelabor des Instituts für Zellbiologie in Shanghai gearbeitet. Seitdem fasziniert mich das Land. Es freut mich daher umso mehr, dass in meine Amtszeit ein besonderes Jubiläum fiel: Im Mai feierten die Max-Planck-Gesellschaft und die Chinesische Akademie der Wissenschaften in Beijing ihre 30-jährige Zusammenarbeit. Wir sind in Europa der wichtigste Partner der chinesischen Forscher, aber auch für uns ist diese Kooperation von herausragender Bedeutung: Etwa jeder zehnte ausländische Wissenschaftler, der im vergangenen Jahr an Max-Planck-Instituten forschte, kam aus dem Reich der Mitte. Darüber hinaus haben wir in China zehn Partnergruppen eingerichtet. Sie arbeiten auf modernen Gebieten wie der Kosmologie, der Material- und Pflanzenforschung, der Chemie und der Mathematik. Besonders erfolgreich sind die Selbstständigen Nachwuchsgruppen. Ausgewählte chinesische Wissenschaftler haben in ihrem Heimatland die Möglichkeit, bis zu fünf Jahre lang unabhängig und eigenverantwortlich zu arbeiten. Und das von der Chinesischen Akademie mit Unterstützung der Max-Planck-Gesellschaft und des Bundesministeriums für Bildung und Forschung errichtete *Shanghai Institute for Advanced Studies* steht für die rasante Entwicklung des chinesischen Forschungssystems. Auch die geplante gemeinsame Gründung eines Instituts der Chinesischen Akademie der Wissenschaften als unserem „Partnerinstitut“ in Shanghai spiegelt diese Dynamik wider.

■ **Stillstand** – Hier zu Lande haben Bund und Länder sich nicht einigen können und eine Entscheidung über das Eliteprogramm an den Hochschulen bis zum Herbst verschoben. Immerhin haben zumindest die Wissenschaftsorganisationen die Zusicherung, dass unsere Haushalte bis 2010 jährlich um mindestens 3 Prozent steigen. Die Hochschulen müssen dagegen weiter bangen, ob die dringend benötigten 1,9 Milliarden Euro für Spitzenuniversitäten, Exzellenzzentren und Graduiertenschulen zur Verfügung stehen. Ich sehe in diesem Aufschub nicht nur ein negatives Signal, sondern sogar die Gefahr, dass

das Programm insgesamt scheitern könnte. Das wäre in der gegenwärtigen Situation fatal. Das Ziel, die Universitäten zu stärken und ihre Finanzmisere zu mildern, hat in der deutschen Wissenschaftslandschaft eine Aufbruchstimmung ausgelöst. Und auch unsere europäischen Nachbarn gewannen den Eindruck: In Deutschland bewegt sich was! Doch statt des Aufbruchs erleben wir jetzt Stillstand. Die Politik muss zu ihrem Versprechen stehen, auf Bildung und Forschung zu setzen. Ich appelliere an alle Verantwortlichen, diese Initiative nicht infrage zu stellen – und zwar unabhängig von parteipolitischen und wahltaktischen Erwägungen.



Peter Gruss, Präsident der Max-Planck-Gesellschaft

■ **Blockade** – Das „Jahr der Innovation“, das die Bundesregierung im Januar ausgerufen hat, verspricht Aufbruch. Aber bei Themen wie der Grünen Gentechnik endet dieser Elan: Es ist schon bedauerlich, wie einseitig man in Deutschland die Diskussion darüber führt und wie wenig man bereit ist, über den eigenen Tellerrand zu schauen. Die direkten Vorteile von gentechnisch veränderten Pflanzen werden ignoriert und die möglichen negativen Auswirkungen überbewertet. Weltweit sind sich die Forscher einig, dass die Ernährung der Weltbevölkerung ohne Grüne Gentechnik nicht möglich sein wird. Übrigens: Bei Millionen von US-Bürgern steht seit Jahren gentechnisch veränderter Mais auf der Speisekarte. Wir haben also längst Erfahrungswerte. Damit verkenne ich nicht die Notwendigkeit weiterer Sicherheitsforschung mit dem Ziel, beispielsweise allergene Reaktionen auf bestimmte transgene Pflanzen auszuschließen. Allerdings würde ich mir für die Zukunft wünschen, dass sich die Politik, bevor sie entsprechende Entscheidungen trifft, auch über die wesentlichen Ergebnisse der Biosicherheitsforschung informiert. Besonders bedauerlich ist, dass die soeben im Bundestag gebilligte Novellierung des Gentechnik-Gesetzes keinen Unterschied zwischen Freilandversuchen zu Forschungszwecken und kommerziellem Anbau macht. Das bedeutet für unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler das Ende von Freilandversuchen! Dieses Gesetz steht damit völlig im Widerspruch zu den Zielen der Innovationsoffensive.

Foto: Antje Mennen



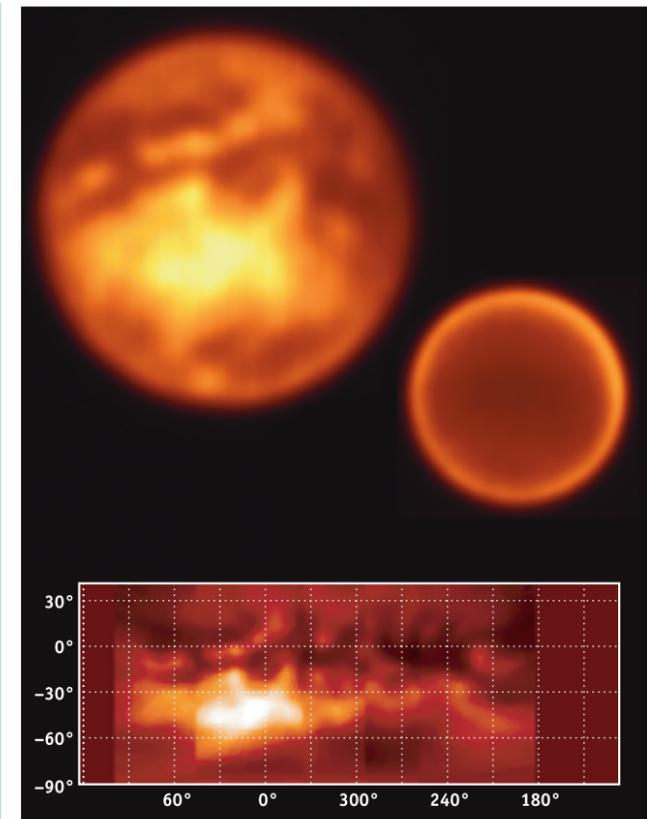
FORSCHUNG aktuell

ASTRONOMIE

Schleier um Titan gelüftet

Der Saturnmond Titan hielt sich bislang sehr bedeckt: Seine Atmosphäre, die hauptsächlich Stickstoff, aber auch reichlich Methan enthält, verwehrt weithin die Sicht auf seine Oberfläche. Vor kurzem aber ist es einem internationalen Team unter Beteiligung von Forschern des Max-Planck-Instituts für Astronomie in Heidelberg gelungen, durch den Atmosphären-Dunst hindurch Bodenformationen auf Titan in bisher unerreichter Detailfülle zu erfassen. (ASTRONOMY & ASTROPHYSICS, 1. Juli 2004)

Titan trägt seinen Namen zu Recht. Denn er ist ein Riese unter den Monden: Mit 5120 Kilometern Durchmesser übertrifft er sogar den Planeten Merkur. Zudem trägt Titan als einziger Satellit im Sonnensystem eine dichte Atmosphäre – in deren untersten Schichten etwa das Eineinhalbfache des irdischen Luftdrucks herrscht. In der Hauptsache besteht diese Gas-hülle aus Stickstoff, des Weiteren aber aus Methan und anderen Kohlenwasserstoffen, die Dunst und Wolken bilden und deshalb den Blick auf die Oberfläche von Titan in fast allen



Der Saturnmond Titan wurde in mehreren Wellenlängen zeitgleich beobachtet. Das linke Bild zeigt einen klaren Blick auf die Oberfläche. Bei etwas größeren Wellenlängen (rechts) wird die dichte Wolken-schicht aus Methan und anderen Kohlenwasserstoffen undurchdringlich und verbirgt so den Blick auf die Oberfläche. Die Landkarte (unten) zeigt etwa Dreiviertel der Oberfläche Titans. Neben dem hellen Gebiet auf der südlichen Hemisphäre fallen besonders die dunkleren Regionen in Äquaturnähe auf.

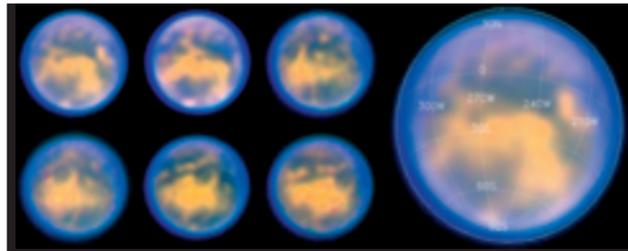


Foto: MPI für Astronomie/ESO

Wellenlängen unterbinden oder erheblich behindern. Der Mond ist Ziel der europäischen Raumsonde *Huygens*, die im Januar 2005 auf Titan niedergehen soll. Anfang Juli hatte *Huygens* zusammen mit dem Mutterschiff *Cassini* den Ringplaneten Saturn erreicht.

Titans „Sichtschutz“ haben jetzt Rainer Lenzen vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg und Laird Close vom amerikanischen Steward Observatory aufgebrochen: Mit dem „Spectral Differential Imager“ (SDI) entwickelten sie ein Gerät, das gleichzeitig Bilder in benachbarten Wellenlängenbereichen aufnimmt: Es registriert zum einen die Infrarot-Strahlung, die nur in den Wolken der hohen Titan-Atmosphäre gestreut wird, zum andern auch benachbarte Wellenlängen, für die Methan-Wolken durchlässig sind und damit von Strukturen auf der Oberfläche von Titan herrühren. Diese beiden Informationen werden dann miteinander verknüpft: Dabei dienen die „Wolkenbilder“ dazu, die Effekte der Lichtstreuung aus den „Oberflächenbildern“ herauszufiltern – und damit zu einem deutlichen Bild der Titan-Oberfläche zu gelangen.

Im Februar 2004 wurde das SDI-Gerät am „Very Large Telescope“ der Europäischen Südsternwarte ESO in Kombination mit einem speziellen Infrarot-Instrument über sechs Nächte hinweg zur Beobachtung von Titan eingesetzt. Die am Observatorium in den chilenischen Anden gewonnenen Aufnahmen erfassen rund 75 Prozent der Oberfläche des Saturnmonds und offenbaren Details in bisher unerreichter Klarheit:

Die unterschiedlichen Ansichten Titans wurden innerhalb einer Woche aufgenommen. Die einzelnen Farbbilder setzten sich aus Aufnahmen in jeweils drei Kanälen mit dem „Spectral Differential Imager“ zusammen. Deutlich zu erkennen ist der von Tag zu Tag leicht veränderte Blickwinkel auf die hellen und dunklen Bodenformationen.

Neben hellen Strukturen, gedeutet als von Eis bedeckte Hochebenen oder „Kontinente“, zeigen die Bilder dunkle Regionen – vermutlich „Ozeane“, die angesichts der tiefen, bis zu -175 Grad Celsius reichenden Temperaturen auf Titan mit verflüssigten Kohlenwasserstoffen gefüllt sein dürften.

In den kommenden Monaten wollen die Wissenschaftler mithilfe des SDI-Instruments eine vollständige Karte der Titan-Oberfläche erarbeiten, um damit die Europäische Raumfahrtbehörde ESA bei der Planung des Landeanflugs und Zielgebiets der *Huygens*-Sonde zu unterstützen, die im Januar 2005 nach mehr als siebenjähriger Reise auf dem Saturnmond niedergehen soll (MAX-PLANCKFORSCHUNG 1/2004, S. 46 ff.). Zwar ist diese Sonde schwimmfähig und würde somit auch in einem Methan-See nicht sofort untergehen; doch von festem Boden aus könnte sie länger und wohl auch besser die vermutlich seltsame Welt auf Titan überblicken. ●



@ Weitere Informationen erhalten Sie von:
Dr. TOM HERBST
 Max-Planck-Institut für Astronomie, Heidelberg
 Tel.: 06221 528-229
 Fax: 06221 528-246
 E-Mail: herbst@mpia.de

HIRNFORSCHUNG

Gutes Auge zu dunklem Zweck

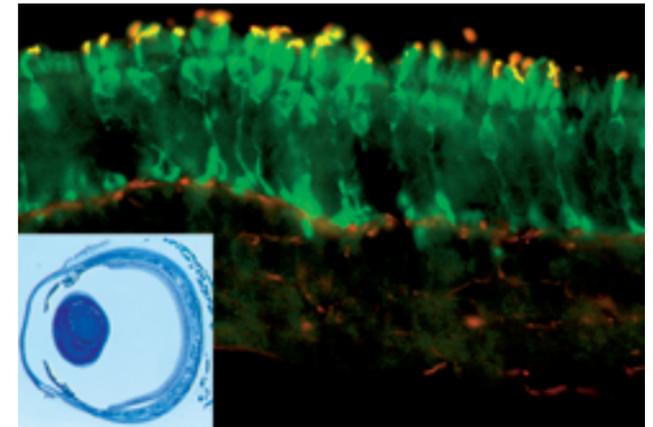
Afrikanische Mulle, auch „Sandgräber“ genannt, verbringen ihr gesamtes Leben in unterirdischen, lichtlosen Bauten. Von daher möchte man den Augen dieser Nager nicht viel zutrauen. Umso mehr überrascht, was Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung, der Universität Duisburg-Essen und der Prager Karls-Universität entdeckt haben: Die Augen-Netzhaut der Mulle weist einen hohen Anteil an Zapfen-Rezeptoren auf – an Sinneszellen also, die auf das Farbsehen bei Tageslicht abgestellt sind; hingegen ist die Dichte der Stäbchen-Rezeptoren, die für das Dämmerungs- und Nachtsehen zuständig sind, deutlich geringer als bei anderen, oberirdisch lebenden Nagern. Diese Befunde stehen im Widerspruch zu den herkömmlichen Vorstellungen vom Sehorgan unterirdisch lebender Säuger. (EUROPEAN JOURNAL OF NEUROSCIENCE, März 2004)

Bemerkenswert viele Säugetiere sind während der Evolution zu einer vollständig oder teilweise unterirdischen Lebensweise übergegangen – fast 300 Arten von Nagetieren, Insektenfressern und Beuteltieren. Vermutlich als evolutionäre Anpassung an den lichtlosen Lebensraum besitzen die meisten dieser unterirdisch lebenden Arten zurückgebildete kleine Augen, und viele gelten als völlig blind. Auch die afrikanischen Mulle oder Sandgräber verbringen nach gegenwärtigem Kenntnisstand ihr Leben vollständig im Untergrund: Sie ernähren sich von Wurzeln und Knollen, zu denen sie Suchgänge graben, und sie ziehen auch ihren Nachwuchs in lichtlosen unterirdi-

schen Bauten auf. Ihre Augen sind klein, je nach Art 1,5 bis 2,5 Millimeter im Durchmesser – aber dennoch erstaunlich funktionstüchtig, wie Leo Peichl vom Max-Planck-Institut für Hirnforschung in Frankfurt/Main, Pavel Nemeš von der Prager Karls-Universität und Hynek Burda von der Universität Duisburg-Essen herausgefunden haben.

Die Netzhaut (Retina) der Mulle ist anatomisch normal entwickelt und zeigt keinerlei auffällige Rückbildungen. Sie weist im Gegenteil einen ungewöhnlich hohen Anteil von zehn Prozent Zapfen auf; diese Lichtsinneszellen sind auf das Tag- und Farbsehen abgestimmt. Nachtaktive oberirdisch lebende Nager wie Ratte und Maus haben einen Zapfen-Anteil von nur 1 bis 3 Prozent – was nicht verwundert, da diese Sinneszellen für das schwache Mond- und Sternenlicht nicht ansprechen. Selbst die meisten tagaktiven Säugetiere kommen mit 5 bis 20 Prozent Zapfen aus. Warum investieren die im Dauerdunkel lebenden Mulle so viel in Zapfen, die nur bei Tageslicht aktiv sind?

Die Mehrheit der Lichtsinneszellen bilden bei allen nachtaktiven Säugetieren die Stäbchen, die Sehen bei geringen Helligkeiten ermöglichen. Hier aber erweisen sich die Mulle als ma-



Fotos: Leo Peichl, MPI für Hirnforschung

ger ausgestattet: Ihre Stäbchendichte ist nur ein Viertel so hoch wie etwa bei Mäusen. Warum sparen die Mulle ausgerechnet an den besonders lichtempfindlichen Stäbchen? Eine weitere Überraschung lieferte die genauere Untersuchung der Sehpigmente der Zapfen-Rezeptoren. In der Regel enthält die Netzhaut der meisten Säuger zwei Sorten von Zapfen mit unterschiedlicher spektraler Empfindlichkeit: Zu etwa 90 Prozent enthält die Retina grünempfindliche Zapfen, lediglich 10 Prozent sind für Blau empfindlich – was ein passables, so genanntes dichromatisches Farbsehen erlaubt. Bei den Mullen hingegen enthalten etwa 90 Prozent der Zapfen das blauempfindliche Sehpigment, die restlichen 10 Prozent sind für Grün empfänglich. Damit sind die Mulle

Schwerzeug: Das große Bild zeigt einen Querschnitt durch die Netzhaut eines Graumulls. Die zahlreichen Zapfen sind grün gefärbt, das blauempfindliche Sehpigment, das sich in den Außensegmenten fast aller Zapfen befindet, erscheint rot. Unten links ein Querschnitt durch das Auge eines Graumulls. Die Linse ist dunkel gefärbt, links davor erkennt man Pupillenöffnung und Hornhaut. Die Netzhaut kleidet die hintere Innenwand des Augapfels aus.

die ersten Säugetiere, bei denen eine solche Umkehr des Mischungsverhältnisses von grünem und blauem Zapfen-Pigment vorliegt. Keine dieser Besonderheiten fügt sich in die These vom generellen Rückbau der Netzhaut als Folge einer Anpassung an lichtlose unterirdische Lebensräume – und in das Dogma der Evolutionsbiologie, wonach nicht gebrauchte Strukturen mit der Zeit abgebaut werden, da sie unnötigen Aufwand erfordern. Überflüssiges leistet sich die Natur nicht. Also müsste man die Augen der Mulle als Instrumente für sinnvolle visuelle Aufgaben interpretieren. Welchem Zweck die Sehleistungen dieser Nager dienen, müssen aber erst künftige Verhaltensversuche und Freilandstudien zeigen: Bis dahin liegt in den Augen der Mulle ein Rätsel. ●



Foto: Hynek Burda, Universität Duisburg-Essen

Dieser im Labor gehaltene Graumull lässt sich auch oberirdisch blicken.



@ Weitere Informationen erhalten Sie von:
Prof. Dr. LEO PEICHL
 Max-Planck-Institut für Hirnforschung, Frankfurt/Main
 Tel.: 069 96769-348
 Fax: 069 96769-206
 E-Mail: peichl@mpih-frankfurt.mpg.de

GEOPHYSIK

Erd-Dynamo zieht Kraft aus Wärme

Das Magnetfeld der Erde entsteht im flüssigen äußeren Eisenkern in etwa 3000 Kilometer Tiefe. Durch den Wärmefluss vom Erdkern in den Gesteinsmantel setzt sich das flüssige Eisen in Bewegung, ähnlich wie Wasser in einem geheizten Kochtopf. Diese Bewegungen des elektrisch leitenden Eisens führen zum „Dynamo-Effekt“: Sie induzieren elektrische Ströme, deren Magnetfeld an der Erdoberfläche wirksam und messbar wird. Ulrich Christensen vom Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (früher: Aeronomie) in Katlenburg-Lindau und Andreas Tilgner vom Institut für Geophysik der Universität Göttingen haben jetzt mit Computersimulationen und Laborexperimenten gezeigt, dass der Betrieb des Geodynamos lediglich die Energie von einigen Hundert großen Kraftwerken erfordert – wesentlich weniger als bisher angenommen. (NATURE, 13. Mai 2004)

mus im flüssigen Eisenkern verantwortlich: Strömungen elektrisch leitender Materie rufen beim Durchqueren eines vorhandenen schwachen Magnetfelds durch Induktion elektrische Ströme hervor, die ihrerseits wieder Magnetfelder erzeugen. Dadurch kommt es zu einem wechselseitigen Hochschaukeln und es treten messbare Magnetfeldstärken auf. Doch wie viel Energie ist tatsächlich erforderlich, um einen solchen Geodynamo zu betreiben? Um diese Frage zu beantworten, haben die Wissenschaftler jetzt Computermodelle des Geodynamos mit Ergebnissen aus Laborexperimenten kombiniert. Ihre Computersimulationen können die Stärke, die zeitliche Veränderung und die großräumige Struktur des an der Erdoberfläche beobachteten Magnetfelds gut erklären. Doch für den Energiebedarf sind die im Erdkern vorhandenen kleinen Strukturen des Magnetfelds entscheidend, die sich unserer Beobachtung allerdings entziehen. Ob sie in den Computermodellen richtig wiedergegeben werden, ist also zunächst unsicher, denn die Simulationen erfassen nur den großräumigen Anteil der Flüssigkeitsbewegung. Die kleinen Wirbel, die in der turbulenten Strömung des Erdkerns zu erwarten sind, müssen durch Annahme einer zu hohen Zähigkeit unterdrückt werden, um die Modelle praktikabel zu halten. Um zu klären, welchen Einfluss nun die kleinen Wirbel haben, nutzten die Geoforscher das sogenannte Karlsruher Dynamo-Experiment. In diesem Versuchsaufbau strömt flüssiges Natrium durch ein System von Kanälen, die einen metergroßen Zylinder formen. Ist die Pump-rate hoch genug, springt der Dynamo an und erzeugt ein Magnetfeld, das etwa 100fach stärker ist als jenes der Erde.

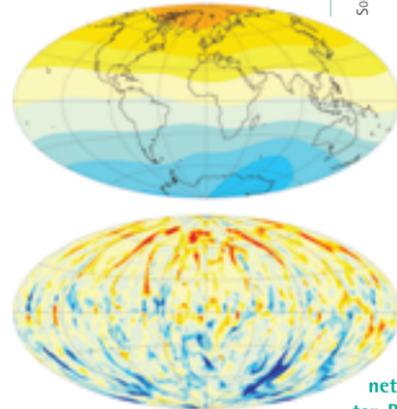


Foto: MPI für Sonnensystemforschung

Simulation: Das Erdmagnetfeld im Computer. Blaue Farbtöne zeigen einen „magnetischen Fluss“ nach außen, rote Farbtöne einen Fluss nach innen. An der Oberfläche des Erdkerns (unten) ist das Magnetfeld viel kleinräumiger und komplexer als an der Erdoberfläche (oben).

Im Gegensatz zur Computersimulation ist die Strömung hierbei turbulent, umfasst also auch die Wirbelkomponente. Der Leistungsbedarf des experimentellen Dynamos passt sich gut in die aus den Modellen abgeleitete Systematik ein. Die Wirbel haben demnach keinen entscheidenden Einfluss auf die elektrische Verlustleistung. Die Leistung des Geodynamos beträgt nach den neuen Modellen etwa 200000 bis 500000 Megawatt – entsprechend etwa der Leistung von einigen Hundert Großkraftwerken. Verglichen mit früheren Schätzungen ist das relativ moderat. Daraus folgern die Wissenschaftler, dass es keiner besonderen Wärmequelle im Erdkern bedarf, dass der Dynamo vielmehr durch die langsame Abgabe der seit der Erdentstehung im Kern gespeicherten Wärme betrieben wird. Mit der Abkühlung friert das flüssige Eisen aus. Dadurch wächst der feste innere Erdkern. Nach den bisherigen Annahmen wäre die Abkühlung sehr rasch erfolgt, sodass der feste innere Erdkern sich überhaupt erst vor einer Milliarde Jahre gebildet hätte. Nach den neuen Berechnungen erfolgte die Abkühlung jedoch sehr langsam; der innere Kern ist demnach bereits älter als drei Milliarden Jahre und damit nicht viel jünger als die Erde insgesamt.



@ Weitere Informationen erhalten Sie von:
PROF. ULRICH CHRISTENSEN
 Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung, Katlenburg-Lindau
 Tel.: 05556 979-542/467
 Fax: 05556 979-219
 E-Mail: christensen@linmpi.mpg.de



Praktischer Versuch: Im Karlsruher Dynamo-Experiment wird flüssiges Natrium durch ein Röhrensystem gepumpt, um einen Geodynamo künstlich zu erzeugen.

Die Energie des Geodynamos stammt von der seit Geburt der Erde in deren Kern gespeicherten Wärme. Diese Wärme wird so langsam abgegeben, dass der durch Ausfrieren des flüssigen Eisens entstehende innere Erdkern bereits mehr als 3 Milliarden Jahre alt sein könnte. Der Befund stimmt mit dem Nachweis einer Magnetisierung in ebenso alten Gesteinen überein. Die Erde misst 12740 Kilometer im Durchmesser und beherbergt eine Reihe von Naturphänomenen, darunter auch das Magnetfeld, an dem sich eine Kompassnadel ausrichtet. Nach den gängigen Theorien ist dafür ein Dynamo-Mechanismus

KOLLOIDFORSCHUNG

Das Rollkommando der Immunabwehr

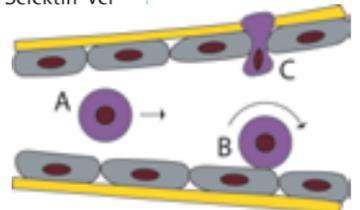
Weiße Blutzellen, Leukozyten, sind die wichtigsten Werkzeuge der Immunabwehr: Wo immer es darum geht, Erreger zu bekämpfen oder geschädigtes Gewebe zu beseitigen, sind sie zur Stelle – und dringen aus der Blutbahn in das Gewebe und dort an den Ort der Verletzung oder Entzündung vor. Dieser Einmarsch muss rasch und gezielt erfolgen. Dazu trägt entscheidend bei, dass Leukozyten auf ihren „Streifengängen“ nicht einfach passiv und frei im Blutstrom mitschwimmen, sondern dicht an der Innenwand der Blutgefäße entlang „rollen“. Details dieser Fortbewegung durch so genannte rollende Adhäsion hat jetzt Ulrich Schwarz vom Potsdamer Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung gemeinsam mit Wissenschaftlern des Weizmann-Instituts in Israel aufgeklärt. (PNAS, Early Edition, 20. April 2004)

Um ihre Funktionen im Rahmen der Immunabwehr zu erfüllen, müssen die jeweils zuständigen Sorten von Leukozyten am richtigen Ort von den Blutgefäßen aus in das geschädigte und gefährdete Gewebe einwandern. Die dafür notwendigen Informationen erhalten sie über Substanzen, die als Notsignale und Wegweiser vom betroffenen Gewebe aus in den Blutkreislauf eingeschleust werden. Doch diese Art „Ausschilderung“ würde wenig helfen, könnten sich die Leukozyten nicht kontrolliert längs der Gefäßwände bewegen und im Notfall genau an den Stellen innehalten und aus den Gefäßen auswandern, an denen sie gebraucht werden. Das Phänomen der „rollenden Adhäsion“ löst dieses Problem. Dazu gehören zwei Sorten Adhäsions-

moleküle: Selektine und Integrine. Sie sitzen auf der Oberfläche der Leukozyten und wirken im Zusammenspiel mit bestimmten Liganden auf den Zellen der Gefäßwände als eine Art Haftvermittler. Dabei gehen die Selektine jeweils nur eine schwache und kurzzeitige Bindung mit den Liganden auf der Gefäßwand ein – und zwar so, dass ein Leukozyt unter dem Druck des Blutstroms entlang der Gefäßwand von einer Selektinbindung zur nächsten rollt. Trifft er dabei auf Signale, die ihm einen „Notfall“ melden, werden die stärker haftenden Integrine an seiner Oberfläche aktiviert: Sie bremsen die rollende Adhäsion, und der Leukozyt dringt durch die Gefäßwand in das Gewebe und weiter an seinen Einsatzort vor. Ulrich Schwarz und seine Kollegen am Weizmann-Institut haben jetzt den Mechanismus der rollenden Adhäsion genauer untersucht. Dazu schickten sie Leukozyten durch eine Flusskammer, deren Innenwand mit Liganden für Selektine ausgekleidet war, und verfolgten dann über eine extrem schnelle Videokamera die Bewegung der weißen Blutzellen längs der Wand dieses „künstlichen Blutgefäßes“. Auf diese Weise fanden sie heraus, dass bei mäßigem Durchfluss nur sehr flüchtige Kontakte zwischen Selektinen und ihren Liganden auftreten: Für jeweils nur vier Tausendstelsekunden vermitteln sie den Zusammenhalt zwischen Gefäßwand und Leukozyten – „und damit die kurzlebigsten molekularen Bindungen, über die bislang in der biochemischen Literatur berichtet wurde“, so Schwarz. Überraschenderweise aber verlängerte sich die Lebensdauer dieser Bindungen sprunghaft von einer bestimmten höheren Durchflussrate an, und zwar um einen Faktor 14. Das war

zunächst schwer zu verstehen; denn eigentlich sollte die Dauer der flüchtigen Bindungen durch den verstärkten Strömungsdruck eher noch verkürzt werden. Doch weitere Experimente sowie Computersimulationen führten zu einer schlüssigen Deutung dieses Effekts: Wahrscheinlich werden, sobald erhöhte Scherkräfte an den Leukozyten angreifen, anstelle einer einzigen und sehr flüchtigen Bindung zwei Selektinkopplungen gebildet, die sich jeweils durch ungewöhnlich rasche Rückbindung – binnen einer Hundertstelsekunde – erneuern und somit stabilisieren. Dadurch rückt die effektive Lebensdauer der Selektin-vermittelten Bindungen bis in den Sekundenbereich. Das heißt, der Mechanismus der rollenden Adhäsion kommt erst oberhalb eines bestimmten Schwellenwerts der Strömung voll zum Tragen – und das, wie die Wissenschaftler vermuten, aus gutem, weil physiologisch einleuchtendem Grund: Das Haftvermögen der Leukozyten ist nur in den Blutgefäßen erwünscht und zweckmäßig, würde aber außerhalb der Gefäße den Weg der Abwehrzellen zu ihrem Einsatzgebiet unnötig erschweren und verzögern. Dieser neue Einblick in die Regulation der rollenden Adhäsion bei Leukozyten ist zunächst aus Sicht der Immunologie interessant. Denn es gibt Krankheiten, die auf Defekten an den Adhäsions-Molekülen gründen und beispielsweise zu Störungen der Wundheilung führen. Darüber hinaus nutzen auch Stammzellen das Phänomen der rollenden Adhäsion, wenn sie aus dem Knochenmark über die Blutbahn in ihre jeweiligen Zielgebiete wandern.

Weiße Blutkörperchen werden mit dem Blutstrom durch die Blutgefäße getragen (A). Durch schwache Adhäsionsmoleküle kommt es zur „rollenden Adhäsion“ auf den



Wänden (B). Eventuell vorhandene Stoppsignale bremsen die weißen Blutkörperchen, die sich zwischen den Zellen der Blutgefäße hindurchquetschen (C).



@ Weitere Informationen erhalten Sie von:
DR. ULRICH SCHWARZ
 Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung, Potsdam
 Tel.: 0331 567-9610
 Fax: 0331 567-9602
 E-Mail: ulrich.schwarz@mpikg-golm.mpg.de

Grafik: MPI für Kolloid- und Grenzflächenforschung

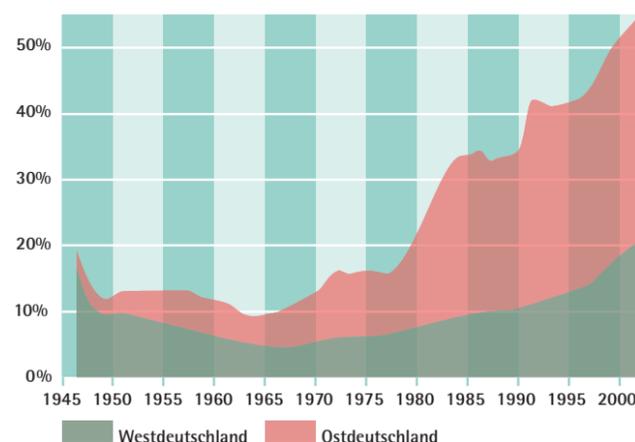
DEMOGRAFIE

Familiäre Differenzen zwischen Ost und West

Der Geburtenrückgang in Ostdeutschland nach der politischen Wende 1990 wurde vielfach als „Geburtenkrise“ und „Geburtenschock“ interpretiert – und gab Anlass zu der Frage, ob und wann ostdeutsche Frauen Geburten nachholen und sich an westdeutsche Verhältnisse anpassen würden. Wie Michaela Kreyenfeld und Dirk Konietzka vom Max-Planck-Institut für demografische Forschung in Rostock jetzt fanden, unterscheidet sich die Familiengründung in den neuen immer noch von der in den alten Bundesländern.

in der DDR wurden Frauen mehrere Jahre früher Mutter als in Westdeutschland. Nach der Wende schoben ostdeutsche Frauen die Familiengründung auf und näherten sich damit dem relativ hohen Alter westdeutscher Frauen bei der ersten Geburt an. Dieser Aufschub bedeutete zwangsläufig einen Einbruch der jährlichen Geburtenziffern – mit einer paradoxen Konsequenz: Die wachsende Diskrepanz der zusammengefassten Geburtenziffern in den ersten Jahren nach der Wende reflektiert verringerte Ost-West-Differenzen des Alters bei der Erstgeburt.

burtsjahrgänge ableiten. So ließ sich am Beispiel des Geburtsjahrgangs 1964 ein deutlicher Ost-West-Unterschied in der Familiengründung aufzeigen: Im Mittel hat die Hälfte der ostdeutschen Frauen dieser Kohorte bereits im Alter von 22 Jahren ihr erstes Kind geboren, die Hälfte der westdeutschen Frauen hingegen erst im Alter von 28 Jahren. Den Anstieg des Alters bei der Familiengründung in Ostdeutschland belegt ein Vergleich zwischen den Geburtsjahrgängen 1964, 1968 und 1972: Die 1968 geborenen Frauen hatten bis zum Alter von 22 Jahren fast genauso häufig ein erstes Kind wie die 1964 geborenen. Nach der Wende haben sie jedoch die Familiengründung auf ein höheres Alter verschoben. Die Frauen des Jahrgangs 1972 bekamen viel später als die Frauen der Kohorten 1964 und 1968 ihr erstes Kind; das mittlere Alter bei der Erstgeburt war um fünf Jahre gestiegen. Diese Zahlen belegen, dass ostdeutsche Frauen die Geburt ihres ersten Kindes nach der Wende deutlich aufgeschoben haben – ohne allerdings den „West-Standard“ zu erreichen: Von den ostdeutschen Frauen des Jahrgangs 1972 waren 1999 noch 50 Prozent kinderlos, in den alten Bundesländern hingegen 62 Prozent. Eine Ost-West-Angleichung des Alters bei der Familiengründung ist also bislang nicht eingetreten. Frauen jüngerer Jahrgänge bekommen im Osten nicht seltener oder später, sondern früher als im Westen ihr erstes Kind. Von einem „Geburtendefizit“, wie es populär kolportiert wird, kann also keine Rede sein. Dazu kommt ein weiterer, deutlicher Unterschied: In den neuen Bundesländern wurden 2001 mehr als die Hälfte der Kinder unehelich geboren – in Westdeutschland dagegen,



Anteil nicht ehelich geborener Kinder an allen Geborenen in Deutschland in den Jahren von 1946 bis 2001.

Geht man von der so genannten zusammengefassten Geburtenziffer aus – die im Idealfall die endgültige Kinderzahl pro Frau angibt –, scheint sich der Ost-West-Unterschied zu verringern: Nachdem die ostdeutsche Geburtenziffer von 1,52 im Jahr 1990 in den Jahren 1992 bis 1994 auf 0,8 zurückgegangen war, stieg sie in der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre wieder an: Im Jahr 2000 lag sie in den alten Ländern bei 1,4, in den neuen Ländern bei 1,2. Für Ostdeutschland führt diese Maßzahl aber zu verzerrten Schlussfolgerungen. Das liegt wesentlich an Veränderungen des Alters bei der Geburt. Denn

Das zeigt der Vergleich unterschiedlicher Geburtsjahrgänge, so genannter Kohorten. Solche Analysen des Geburtenverhaltens in Ostdeutschland waren bisher schwer durchzuführen, weil die amtliche Bevölkerungsstatistik keine ausreichenden Informationen über die Rangfolge einer Geburt – paritätsspezifische Daten – bieten, und einschlägige Befragungsdatensätze meist auf zu geringen Fallzahlen beruhen. Doch inzwischen kann die Forschung auf die Ergebnisse des Mikrozensus 2000 zurückgreifen und daraus einige Aspekte des gewandelten Geburtenverhaltens separat für verschiedene Ge-

 **@ Weitere Informationen erhalten Sie von:**
 SILVIA LEEK
 Max-Planck-Institut für demografische Forschung, Rostock (Pressestelle)
 Tel.: 0381 2081-143
 Fax: 0381 2081-443
 E-Mail: leek@demogr.mpg.de

trotz eines Anstiegs der entsprechenden Anteile in den 1990er-Jahren, nur rund 20 Prozent. Gegenüber dem im Westen seit Jahrzehnten etablierten Muster der „Kindorientierten Eheschließung“ sind Heirat und Familiengründung in Ostdeutschland weit schwächer gekoppelt – und zugleich ist die nicht eheliche Lebensgemeinschaft mit Kind als Familienform inzwischen sehr verbreitet. Auch in ihrer ökonomischen Basis unterscheiden sich „östliche“ von „westlichen“ Familien: Während im Westen weiterhin das Modell des männlichen Versorgers eine große Rolle spielt, sind ostdeutsche Familien überwiegend im Sinne eines Doppelverdiener-Modells organisiert. Fazit also: Nicht wenige „familiäre“ Unterschiede haben die Wende 1990 – entgegen vielen Erwartungen – weithin überdauert. Dabei ist die ausgeprägte Erwerbsorientierung ostdeutscher Frauen und Mütter aber nicht allein als kulturelles Erbe der DDR zu werten. Denn sie wird auch durch strukturelle Rahmenbedingungen in Ostdeutschland gefördert, namentlich von der institutionellen Kinderbetreuung – wenn gleich diese gegenwärtig verstärkt unter Druck gerät. Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Prozesse der Familiengründung zwischen Ost- und Westdeutschland trotz einer Annäherung der Fertilitätsziffern in den letzten Jahren nicht angeglichen haben. Nach wie vor bestehen deutliche Differenzen im Heiratsverhalten, in den Familienformen und im Erwerbsverhalten von Frauen mit Kindern. Sollte mittelfristig eine spürbare Lockerung der starren Restriktionen der Vereinbarkeit von Familie und Beruf in den alten Bundesländern erfolgen, scheint eine Annäherung der Muster der Familienentwicklung im Westen an jene im Osten prinzipiell ebenso wahrscheinlich wie eine Angleichung in umgekehrter Richtung.

EVOLUTIONÄRE ANTHROPOLOGIE

Hund schnappt Worte auf

Ein Bordercollie verblüfft die Wissenschaft: Rico, so sein Name, kennt nicht nur mehr als 200 Gegenstände beim Namen und gleicht damit sprachgewandten Affen, Delfinen, Seelöwen oder Papageien, sondern er kann sich die Namen neuer Gegenstände über ein Ausschlussverfahren („Fast Mapping“) aneignen. Das heißt: Rico gelingt es, aus einer Reihe bereits bekannter Objekte einen darin versteckten unbekanntem Gegenstand herauszufinden und sich dessen Namen einzuprägen. Diese Fähigkeit – bislang nur dem Menschen zugesprochen – hat der Hund in Versuchen am Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie unter Beweis gestellt. (SCIENCE, 11. Juni 2004)

Kleinkinder erwerben vom zweiten Lebensjahr an etwa zehn neue Wörter pro Tag. Dabei lernen sie die Bezeichnungen für Dinge nicht nur durch explizite Erläuterung, sondern auch, indem sie sich die Namen von Gegenständen indirekt erschließen. In einem klassischen Experiment fordert man Kinder auf, das „chromfarbene Tablett zu bringen, und nicht das rote“: Lässt man sie anschließend zwischen einem roten und einem olivgrünen Tablett auswählen, so bringen sie das olivgrüne – auch, wenn sie den Namen „chromfarben“ noch nie gehört haben. Dieser Prozess, ungefähre Hypothesen über den Zusammenhang zwischen Namen und Dingen zu entwickeln, bezeichnen die Forscher als „Fast Mapping“ oder „Schnelles Zuordnen“. Kinder sind also in der Lage, die Bezeichnung von Gegenständen im Ausschlussverfahren zu ermitteln und die so erworbenen Kenntnisse in ihren Wortschatz zu integrieren. Früher

galt, dass dies eine spezielle Anpassung an das Lernen von Sprache ist und folglich nur beim Menschen vorkommt. Andererseits schien es auch denkbar, dass diese Form des Lernens durch Ausschluss auf generellen Lernmechanismen beruht, über die vielleicht auch Tiere verfügen. Forscher des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie um Julia Fischer gingen deshalb der Frage nach, ob auch ein Hund fähig ist, die Beziehung zwischen einem Wort und dem Objekt, auf das sich dieses Wort bezieht, auf indirekte Weise zu lernen. Als Versuchstier wählten sie Rico, der die Namen von mehr als 200 Spielzeugen kannte und das bereits vor fünf Jahren in der ZDF-Sendung „Wetten dass?“ unter Beweis gestellt hatte. Zunächst testeten die Wissenschaftler, ob der Hund auch unter kontrollierten Bedingungen – also auch in Abwesenheit seines Frauchens – in der Lage war, die jeweils richtigen Gegenstände zu apportieren. Danach sollte geprüft werden, ob er die Bezeichnung neuer Gegenstände im Ausschlussverfahren lernen und sich merken kann. Im ersten Experiment bildeten die Forscher aus den 200 dem Hund bekannten Spielzeugen 20 Sets zu je 10 Gegenständen. Die Versuchsleiterin verteilte die 10 Gegenstände, während der Hund und seine Besitzerin im Nachbarraum warteten. Dann forderte die Besitzerin Rico auf, erst einen und danach einen anderen jeweils zufällig ausgewählten Gegenstand zu bringen. Während der Hund nach dem gewünschten Gegenstand suchte, konnte er weder seine Besitzerin noch die Versuchsleiterin sehen – und brachte in 37 von 40 Fällen den richtigen Gegenstand. Das belegt, dass er die jeweiligen

Objekte und deren Bezeichnung tatsächlich kannte. Um dann zu testen, ob der Hund auch Fast Mapping beherrscht, boten ihm die Forscher ein völlig neues, unbekanntes Spielzeug zusammen mit 7 ihm bereits bekannten Objekten an. Zunächst forderten sie den Hund auf, einen der bekannten Gegenstände zu apportieren. Erst im zweiten oder dritten Suchkommando nannte die Besitzerin dann das neue Wort. In 10 solcher Durchgänge führten die Wissenschaftler insgesamt 10 neue Objekte ein, die Rico identifizieren sollte. Tatsächlich apportierte er in 7 von 10 Fällen richtig das jeweils neue Objekt: Offensichtlich brachte er stets das neue Wort im Ausschlussverfahren mit dem neuen Gegenstand in Verbindung – entweder, weil er wusste, dass die ihm bekannten Objekte bereits Namen hatten, oder weil sie eben nicht neu waren. Vier Wochen nach diesem Versuch überprüften die Wissen-

schaftler, ob der Hund sich die Bezeichnungen der neuen Gegenstände auch gemerkt hatte. Dabei hatte er in der Zwischenzeit keinen Zugang zu diesen Objekten, und auch deren Namen wurden ihm nicht wieder genannt. Dabei verwendeten die Max-Planck-Forscher nur jene Objekte, die der Hund zuvor erfolgreich identifiziert hatte: Sie platzierten jeweils eines zusammen mit 4 absolut neuen und 4 bereits bekannten Gegenständen in einem Raum. Zunächst sollte der Hund ein ihm bekanntes und dann – im zweiten und dritten Versuch – das neue Zielobjekt bringen. Ergebnis: Selbst vier Wochen nach der ersten und einzigen Konfrontation mit diesem Gegenstand apportierte der Hund das Zielobjekt korrekt in 3 von 6 Durchgängen. Wenngleich nicht ganz perfekt, entspricht diese Erfolgsquote der eines dreijährigen Kindes. In den anderen Fällen brachte der Hund einen der unbekann-

ten Gegenstände, doch nie einen der zuvor bekannten. Zu klären bleibt nun, inwiefern Ricos Leistungen auf eine außergewöhnliche Auffassungsgabe zurückzuführen oder im Prinzip auch bei anderen Hunden zu finden sind. Zweifelsfrei ist Rico überdurchschnittlich motiviert und verfügt über langjährige Erfahrung mit Spielzeugen und deren Namen. Allgemein gelten Bordercollies als sehr arbeitswillig und werden deshalb häufig als Schäferhunde oder im Rettungsdienst eingesetzt. Systematische Unterforderung kann bei ihnen aber auch zu Aggressivität führen. Ricos Leistungen sind kein Ergebnis von Dressur – in der Fachsprache als „operante Konditionierung“ bezeichnet. Seine Fähigkeit, im Ausschlussverfahren das richtige Objekt zu identifizieren, stellt vielmehr eine eigenständige Transferleistung dar und kann als einsichtiges Verhalten bezeichnet werden. So ist der Hund in der Lage, abstrakte akustische Signale, also Worte, mit spezifischen Gegenständen in seiner Umwelt zu verbinden und kann offensichtlich aus Erfahrung die Regel aufstellen, dass Dinge Namen haben. Sein Verhalten, das „Vermeiden lexikalischer Überlappung“, ist dem von Kindern äquivalent.

„Diese kognitiven Fähigkeiten, die es dem Tier erlauben, eine Vielzahl von Klängen und Geräuschen richtig zu interpretieren, scheint sich also unabhängig und viel früher als die Fähigkeit entwickelt zu haben, diese akustischen Signale auch selber zu produzieren, also sprechen zu können“, sagt Julia Fischer. ●



④ Weitere Informationen erhalten Sie von:

PD Dr. JULIA FISCHER
Max-Planck-Institut für evolutionäre Anthropologie, Leipzig (Pressestelle)
Tel.: 0341 3550-122
Fax: 0341 3550-444
E-Mail: fischer@eva.mpg.de



Foto: BAUS/KRZESOWSKI

Schwer auf Draht: Forscher des Max-Planck-Instituts für evolutionäre Anthropologie haben an dem Bordercollie Rico nachgewiesen, dass Hunde in der Lage sind, sich menschliche Worte für Gegenstände in ihrer Umgebung im Ausschlussverfahren zu erschließen.

Panorama

IM HANF STECKT HEILKRAFT: Wirkstoffe der Hanfpflanze *Cannabis sativa* – so genannte Cannabinoide – hemmen Entzündungen im Magen-Darm-Trakt. Zu diesem Befund kamen Forscher des Max-Planck-Instituts für Psychiatrie und der Münchener Ludwig-Maximilians-Universität in Versuchen an Mäusen – darunter solchen, bei denen man die Rezeptoren ausgeschaltet hatte, über die sowohl körpereigene als auch von außen zugeführte Cannabinoide wirken: Diese Tiere reagierten auf künstlich ausgelöste Entzündungen des Darms wesentlich heftiger als normale Vergleichstiere. Umgekehrt zeigten Mäuse, bei denen man den Mechanismus für den Abbau körpereigener Cannabinoide lahm gelegt hatte, eine erhöhte Widerstandskraft gegenüber entzündlichen Prozessen im Darm. Das deutet darauf hin, dass das körpereigene Cannabinoid-System einen Schutz gegen Entzündungen vermittelt – und bestätigt alte Erfahrungen der Naturheilkunde, in der Extrakte von *Cannabis sativa* gegen verschiedene Magen-Darm-Erkrankungen eingesetzt werden. Zugleich hofft man auf neue Ansätze zur Behandlung chronisch-entzündlicher Darmliden wie *Morbus Crohn* oder *Colitis ulcerosa*, die sich in Industrieländern zu einem verbreiteten Gesundheitsproblem ausgewachsen haben.

EIN SCHARFES AUGE FÜR INFRAROT späht seit kurzem vom chilenischen Cerro Paranal ins All. Dort wurde am „Very Large Telescope“ der Europäischen Südsternwarte ein neuartiges Infrarot-Instrument in Betrieb genommen, der „Astronomical Multiple Beam Recombiner“ oder kurz AMBER: Über ihn werden drei der 8,2-Meter-Spiegelteleskope interferometrisch kombiniert und damit im nahen Infrarot-Bereich die Auflösung eines Teleskops von 200 Metern Durchmesser erzielt. An dem europäischen Konsortium, das AMBER errichtet hat, ist auch das Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie beteiligt. Dort wurden die Infrarot-Kamera und die Software für die Datenerfassung entwickelt. Im Zuge der ersten Beobachtung mit AMBER wurde am 23. März dieses Jahres ein Interferenzbild von Sirius gewonnen. Die extreme Auflösung von einer tausendstel Bogensekunde – bei einer Wellenlänge von einem Mikrometer – macht AMBER zu einem Schlüsselinstrument zur Erforschung beispielsweise von Sternen während ihrer Entstehung, von Zentren ferner Galaxien sowie von extrasolaren Planeten und deren Atmosphären.

HOCHDICHTES WASSER IN DÜNNEN FILMEN haben Wissenschaftler des Stuttgarter Max-Planck-Instituts für Metallforschung entdeckt: Sie fanden, dass Eis an der Grenzfläche zu Siliziumdioxid bereits bei minus 17 Grad Celsius zu schmelzen beginnt, also weit unter dem üblichen Schmelz- und Gefrierpunkt. Dabei entsteht eine

Schicht von nur wenigen Nanometern (millionstel Millimetern) Dicke – gebildet aus Wasser mit der ungewöhnlich hohen Dichte von 1,2 Gramm pro Kubikzentimeter. Diese erste Beobachtung hochdichten Wassers gelang mittels einer neu entwickelten, auf die hochenergetische Röntgenstrahlung eines Synchrotrons abgestimmten Beugungsmethode. Zum einen bestätigt dieser Nachweis die schon länger gehegte Vermutung, dass Wasser in zwei Formen – in hoher und niedriger Dichte – auftritt, die sich in „normalem“ Wasser ständig in umgrenzten Arealen umbilden. Zum anderen ist zu erwarten, dass sich das hochdichte Wasser nicht nur in seiner Struktur, sondern auch in anderen Eigenschaften wie etwa in seiner Viskosität oder als Lösungsmittel für Salze von gewöhnlichem Wasser unterscheidet: Das könnte für das Verständnis von Gletscherbewegungen oder der Stabilität von Permafrost-Böden wichtig sein, aber ebenso neues Licht in praktische Probleme wie die Vereisung von Flugzeug-Tragflächen oder die Haftung von Autoreifen auf gefrorenen Fahrbahnen bringen.

IM SÜDEN STEIGT DER OZON-PEGEL: Während der vergangenen 25 Jahre ist der Ozon-Gehalt der unteren Atmosphäre über dem Atlantik in den niederen nördlichen Breiten, am Äquator sowie auf der Südhalbkugel stark gestiegen. Das zeigen Messungen, die Forscher des Mainzer Max-Planck-Instituts für Chemie und des Deutschen Wetterdienstes im Zeitraum von 1977 bis 2002 von Schiffen aus durchgeführt haben.

Bodennahes Ozon bildet sich – als Bestandteil des photochemischen Smogs – aus Stickoxiden, die bei der Verbrennung fossiler Energieträger sowie von Biomasse freigesetzt werden; es schädigt als „Reizgas“ die Schleimhäute der Augen und Atemwege, und es hemmt das Wachstum von Pflanzen, mindert also die landwirtschaftlichen Erträge. Außerdem wirkt Ozon in den tieferen Luftschichten als Treibhausgas. In den mittleren nördlichen Breiten werden schon seit langem hohe Konzentrationen des bodennahen Ozons gemessen; doch ist dessen Pegel hier seit 1980 nur mehr geringfügig gestiegen – eine Folge von Abgas-Katalysatoren und verminderten Emissionen aus Industrieanlagen. In einigen der südlichen Regionen hingegen haben sich die Ozonwerte innerhalb von zwei Jahrzehnten verdoppelt, und sie liegen besonders hoch im Abwind des afrikanischen Kontinents. Den Grund dafür sehen die Forscher in der Verbrennung von Biomasse und im steigenden Gebrauch fossiler Energie auf diesem Erdteil.



Foto: LEIBNIZ-INSTITUT FÜR MEERESWISSENSCHAFTEN

Unterwegs im Atlantik: „Meteor“ und „Polarstern“, zwei der deutschen Forschungsschiffe, auf denen die Ozonmessungen durchgeführt wurden.



www Mehr zu diesen Themen finden Sie unter www.maxplanck.de

Große Freiheit Internet

Seit einem Jahrhundert gelten gedruckte Fachzeitschriften als die Plattform wissenschaftlicher Veröffentlichungen. Doch das System steckt in einem Dilemma. Wenige Großverlage beherrschen den Markt, Forscher geraten unter „Publikationsdruck“. Kurz: Die Wissenschaft unterliegt heute zunehmend dem Diktat wirtschaftlicher Interessen.

ROBERT SCHLÖGL und **THERESA VELDEN** beschreiben einen Weg, der das Publikationswesen via Internet aus der Krise führen soll – und das Wissen in die Freiheit.

Beobachtungen, Ergebnisse und Gedanken zu dokumentieren und zu verbreiten ist ein zentrales Element wissenschaftlichen Arbeitens. Im Laufe der Zeit haben sich zwei Hauptformen des Publizierens entwickelt: das Buch und der Artikel in Periodika. Die Veröffentlichungen in Zeitschriften sind heute – insbesondere in den Naturwissenschaften – die wichtigste Form der Kommunikation. Und so funktioniert das System: Der Wissenschaftler besorgt die Mittel für seine Forschungen, erzeugt die Inhalte, schreibt den Text und wirkt am Begutachtungsverfahren mit; der Verlag organisiert Produktion und Verbreitung sowie Fachgutachter für die Qualitätskontrolle; die Bibliothek beschafft die Mittel für den Ankauf der Zeitschriften, katalogisiert und verwahrt die Druckprodukte und stellt diese leihweise dem Wissenschaftler zur Verfügung.

Diese Arbeitsteilung gelang etwa hundert Jahre sehr gut. Kaum ein Forscher machte sich Gedanken über den

finanziellen Aufwand und den eigentlich unakzeptablen Preis, den er persönlich für die Übertragung der exklusiven Verwertungsrechte seiner Arbeit an den Verlag bezahlt. Die Wissenschaftsförderung mit dem Leitsatz „publish or perish“ hat nicht nur zu einer enormen Aufblähung des Publikationsaufkommens, sondern auch zur Verwässerung der Inhalte maßgeblich beigetragen und die Krise des Publikationswesens verschärft: So hat sich die Bewertung von Projekten, Wissenschaftlern und Institutionen auf der Basis einer direkten Auseinandersetzung mit den Inhalten erheblich erschwert – zu Gunsten rein formaler Bewertungskriterien wie *impact factor* und *citation index*. Heute setzen diese Instrumente der Verbreitung neuer Formen wissenschaftlicher Kommunikation einen erheblichen Widerstand entgegen.

Weil sich der Verlag in der Regel das exklusive Vertriebsrecht für eine wissenschaftliche Arbeit abtreten lässt, und weil für den informationssuchenden Forscher

der Zugang zu diesen Arbeiten nicht austauschbar, sondern durch die Sache diktiert ist, entfallen strukturell jegliche Marktmechanismen, die den Kunden zwischen verschiedenen Anbietern wählen lassen. Das erlaubt es den Anbietern, die Preise zu treiben und Profite zu maximieren – und begünstigt die Ausbildung eines Oligopols von Großverlagen. Deren Unflexibilität, die Möglichkeiten des neuen Mediums Internet für wissenschaftliche Kommunikation und Arbeitsverfahren jenseits normaler „druckbarer“ Publikationen wahrzunehmen sowie die Selbstherrlichkeit in der Etablierung eines Bewertungssystems von Wissenschaft hat zur so genannten Zeitschriftenkrise geführt.

Zusammenschlüsse von Bibliotheken und Organisationen versuchten auf dem Verhandlungsweg, die materiellen und inhaltlichen Probleme mit dem Oligopol zu lösen – erfolglos. Die Unfähigkeit des herkömmlichen Systems wissenschaftlicher Kommunikation, auf die inhaltlichen und ökonomischen Herausforderungen zu reagieren, haben in aller Welt zu immer massiveren Bestrebungen geführt, den wissenschaftlichen Arbeitsprozess zu verändern.

Der „Papierkrieg“ – Zeichen einer neuen Zeit

Boykotte, eine sich rasant drehende Preisspirale, der Ausschluss vieler Kollegen vom breiten Zugang zu wissenschaftlicher Information und das Aufkommen unzähliger „Selbsthilfe“-Strukturen im Internet belegen die Krise. Es erfordert ein hohes Maß an Problembewusstsein, gepaart mit langfristiger strategischer Planung und Entschlossenheit von renommierten Wissenschaftlern eines Fachgebiets, um aus einer solchen Zwangslage auszubrechen – zum Beispiel durch den Aufbau einer konkurrierenden Zeitschrift, die nach einem kostenneutralen Finanzmodell operiert und die möglichst weite Verbreitung wissenschaftlicher Ergebnisse (und nicht Profitmaximierung!) zur Handlungsmaxime erklärt. Diese durch die Scholarly Publishing & Academic Resources Coalition (SPARC) propagierte Strategie hat zur Gründung einer Reihe von erfolgreichen Alternativjournalen geführt.

Seit langem experimentieren Informationswissenschaftler und wissenschaftliche Gemeinschaften aber auch mit neuen Formen der Kommunikation jenseits der etablierten Publikationsform Zeitschrift und haben die enormen Möglichkeiten und die Leistungsfähigkeit der neuen Medien in der Wissenschaft aufgezeigt. Die rasante Verbreitung des Internets als Zugangsmedium zu Primärquellen (Publikationen) und Sekundärinformationen (Datenbanken) beweist eindrücklich dessen Nutzen als effektives Kommunikations- und Publikationsmedi-

um für die Wissenschaft. Die Max-Planck-Gesellschaft zum Beispiel hat die Subskription herkömmlicher Papierabonnements nicht verlängert und setzt in weiten Bereichen allein auf elektronische Information. Durch den Aufbau einer zentralen Zeitschriftenbibliothek mit digitalen Verlagsprodukten soll eine zuverlässige Grundlage für die Informationsversorgung der Forscher geschaffen werden.

Ein Ergebnis der Bestrebungen, neue Publikationswege zu erschließen, ist die Open-Access-Bewegung. Mehrere parallele supranationale Aktionen – sie werden in der Initiative von Budapest und in den Erklärungen von Bethesda und Berlin sichtbar – zielen auf eine Veränderung der Organisation wissenschaftlicher Veröffentlichungen: Einerseits wird dem Oligopol die illegitime Grundlage entzogen, also das Besitzrecht an der Information über Forschungsergebnisse; andererseits wird eine tief greifende Verbesserung des Informationsgehalts wissenschaftlicher Publikationen unter Beibehaltung des Verfahrens zur Qualitätssicherung durch Gutachter angestrebt.

Die Max-Planck-Gesellschaft unterstützt diesen Prozess und übernimmt die führende Rolle in der Berliner Open-Access-Bewegung. Sie ist davon überzeugt, dass sich die verbesserte Qualität der wissenschaftlichen Kommunikation unmittelbar auf die Qualität der wissenschaftlichen Arbeit auswirkt und somit die Güte der Forschungen systematisch verbessert. Dies ist ein entscheidendes Anliegen für eine Organisation, die sich exzellente Leistungen in der Grundlagenforschung auf ihre Fahne geschrieben hat.

Der Kerngedanke von Open Access ist die unmittelbare, sofortige und uneingeschränkte Verfügbarkeit aller wissenschaftlicher Primärinformation – also aller Daten, Beobachtungen, Quellen und Publikationen, die zu einem Thema gehören. Die öffentlich finanzierte Wissenschaft soll ihre Ergebnisse auch allgemein und uneingeschränkt zur Verfügung stellen. Und: Die durch exklusive Nutzungsrechte von Verlagen entstehenden Einschränkungen sollen überwunden werden. Eine mögliche Sicherung exklusiver Verwertungsrechte durch Patente vor der Veröffentlichung bleibt wie bisher die unbenommene Option des Wissenschaftlers. Auch eine exklusiv geschützte Nachnutzung dieser Informationen durch Sekundärpublikationen, Patente und Produkte ist erwünscht, da sie der finanzierenden Allgemeinheit zugute kommt und den internationalen Wettbewerb fördert. Neben dem kostenfreien Zugriff ist auch die Bereitstellung der wissenschaftlichen Informationen in offenen, standardisierten Formaten und in Systemen mit entsprechenden Schnittstellen eine wichtige Forderung des Open-Access-Gedankens.



Die technische Offenheit der Systeme gewährleistet eine möglichst weite Verbreitung und Nutzung der Informationen und ebnet einer Pluralität von Informations- und Evaluierungsservices den Weg, um innovative Mehrwertdienste für die Wissenschaft zu fördern. Dabei ist Open Access nicht primär auf die Zerschlagung der heutigen Publikationswege gerichtet: Wenn durch alternative Strategien die Starrheit und die gegenwärtigen, nicht akzeptablen Zugriffs- und Preisbildungsmodelle der kommerziellen Anbieter sich dem Open-Access-Gedanken annähern, ist das ebenso ein Erfolg wie die Einrichtung neuartiger Kommunikationssysteme. Alle diese Systeme, die nebeneinander im Wettbewerb existieren können, sind Werkzeuge des wissenschaftlichen Arbeitens und nicht Selbstzweck.

Allerdings ist der umfassende freie Zugang zu Forschungsergebnissen im Gegensatz zur weitläufigen Meinung auch nicht billiger als das bisherige System von Papierzeitschriften. Zwar entfallen viele Kosten (Papier, Druck, Versand, Bindung, Lagerung) – es entstehen jedoch neue (Server, Softwaresystem, Pflege, Datensicherung, Langzeitspeicherung); die Aufwendungen für Produktion und Qualitätskontrolle dagegen ähneln sich in beiden Systemen. Open Access erfordert einen Paradigmenwechsel: Demnach haben Publikationskosten als inhärenter Teil der Forschungskosten zu gelten. Der Autor nimmt das Publizieren in einer der jeweiligen Fachrichtung angemessenen Art und Weise als Dienstleistung eines Verlags in Anspruch. Den Markt bestimmt also nicht der durch die Exklusivität der Nutzungs- und Vermarktungsrechte abgesicherte Besitz eines Verlags an primären Forschungsergebnissen, sondern der Wettbewerb der Dienstleistungen.

Um die langfristige Verfügbarkeit wissenschaftlicher Informationen zu sichern, sollten Netzwerke nicht-kommerzieller und national oder international kontrollierter Einrichtungen die Verantwortung für die Langzeitarchivierung, die Standardisierung von Datenformaten und Schnittstellen übernehmen sowie Open-Source-basierte Zugangssoftware anbieten. Im Gegensatz zur allgemeinen Nutzung des Internets gebietet die dauerhafte Bereitstellung der Summe wissenschaftlicher Erkenntnis als Kulturgut in diesem Medium eine starke hoheitliche Verankerung.

Die Etablierung von Open Access im umfassenden Sinne erlaubt es Forschungsorganisationen und wissenschaftlichen Communities, so genannte Open-Access-Plattformen aufzubauen: Diese Publikationsumgebun-

gen nutzen eine gemeinsame Grundstruktur und entsprechen den Erfordernissen einer jeden Wissenschaftsorganisation oder einer spezifischen Disziplin. Eine solche Plattform enthält unter einer personalisierbaren Benutzeroberfläche Module, die Grundoperationen des wissenschaftlichen Arbeitens – Informationssuche, Kommentierung, Evaluierung, Austausch und Publikation – unter-

stützen. Sie erlauben den Zugriff auf klassische Verlagsangebote und bibliographische Ressourcen einer Organisation wie der Max-Planck-Gesellschaft ebenso wie die Bereitstellung neuartiger wissenschaftlicher Information in einer vernetzten Arbeitsumgebung.

Die neuen elektronischen Arbeiten umfassen eine vollständige Dokumentation des wissenschaftlichen Materials. Dabei nutzen sie multimediale Darstellungsmöglichkeiten, hinterlegen die Originaldaten und gestatten eine Online-Vernetzung der verwendeten Quellen. „Editionsmodule“, in die sich Werkzeuge zur Bearbeitung durch die Autoren einbinden lassen, beinhalten Sammlungen von Primärquellen der Natur- und Geisteswissenschaften.

Die Max-Planck-Gesellschaft als Vorreiter

Die Max-Planck-Gesellschaft entwickelt ein solches System. Wenn sie dessen erste Komponenten voraussichtlich im Jahr 2006 einführt, tritt sie in eine neue Ära wissenschaftlicher Veröffentlichungen. Dabei knüpft sie an ihre bisherigen Anstrengungen an, die zur Einrichtung einer Virtuellen Bibliothek und dem eDoc-Server geführt haben. Gemeinsam mit nationalen Partnern wird die Max-Planck-Gesellschaft das System entwickeln, sichern und die Internationalisierung der Inhalte im Rahmen der Open-Archive-Initiative betreiben. Damit erfüllt die Wissenschaftsorganisation – in einer nationalen wie internationalen Vorreiterrolle – die Berliner Erklärung zu Open Access (MAXPLANCKFORSCHUNG 3/2003, S. 4).

Nach innen stellt die Max-Planck-Gesellschaft den Mitarbeitern den freien Zugang zu allen wissenschaftlich relevanten Informationen zur Verfügung. Sie verbreitet die Ideen von Open Access und gibt Anleitung und Hilfe, um elektronische wissenschaftliche Informationen jenseits konventioneller Zeitschriften zu publizieren. Nach außen gibt sie ein Beispiel für die institutionelle Unterstützung von Open-Access-Publikationen; dabei hält sie strenge Qualitätsmaßstäbe ein und demonstriert



so die verantwortungsvolle Nutzung des Internets für kulturelle Aufgaben. Indem die Max-Planck-Gesellschaft eine permanente und institutionell gesicherte wissenschaftliche Plattform für das Internet schafft, garantiert sie die dauerhafte Herausbildung neuer Formen des vernetzten wissenschaftlichen Arbeitens – nachhaltig und in disziplinärer Vielfalt. Die Bundesregierung strebt Ähnliches mit ihrer Initiative E-science an. Dabei soll die Weltöffentlichkeit über ein Archiv freien Zugang zu den wissenschaftlichen Leistungen erhalten.

Nun könnte man glauben, dass konventionelle Bibliotheken in Zeiten von E-science und Open Access überflüssig werden: Zeitschriften werden nicht mehr gesammelt, gebunden und katalogisiert, Leihverkehr mit Periodika gibt es nicht. Jeder Forscher findet alle Angebote an seinem Arbeitsplatz. Tatsächlich wird das die traditionelle wissenschaftliche Fachbibliothek – und damit auch das Berufsbild des Bibliotheksmitarbeiters – verändern.

Bibliotheken werden bleiben

Im Bereich der Monografien bleiben die konventionellen Aufgaben der Bibliothek wohl unangetastet. Diese werden als Grundlagen von Lehr- und Weiterbildung sowie als Medium zum kreativen Arbeiten jenseits der eigenen Kernkompetenzen an Bedeutung eher zunehmen. Sie zu erwerben ist ein wichtiger Auftrag der Bibliothek. Zu den weiteren Aufgaben gehören, wie bisher, die Verwaltung und vollständige Erschließung des Bestands in den neuen digitalen Medien durch Metadaten und als Primärinformationen. Unverzichtbar erscheinen die Bibliotheken als natürliche Schnittstelle vor Ort zwischen den Wissenschaftlern und den Organen der neuen Kommunikationsformen, den so genannten Kompetenzzentren der Wissenschaftsorganisation. In dieser Mittlerrolle fallen der Bibliothek eine Reihe von Aufgaben zu:

- Fort- und Weiterbildung der Nutzer, Einführung in die elektronischen Medien und Informationsangebote,
- Verbreitung des Open-Access-Gedankens, Information über Struktur und Organe der Open-Access-Netzwerke,
- Sammlung und technische Qualitätskontrolle der Inhalte des lokalen Instituts für die Open-Access-Publikationen,
- Beratung der Forscher bei der Aufbereitung wissenschaftlicher Information,

- Hilfe bei der Inanspruchnahme externer Dienste für die Erstellung internetfähiger Inhalte,
- Aufbereitung der Metadaten der örtlichen wissenschaftlichen Ergebnisse für Reports und Jahrbücher,
- Rückmeldung von Wünschen und Bedürfnissen der örtlichen Nutzer an das Kompetenzzentrum der Wissenschaftsorganisation,
- Mitwirkung bei Nutzerbefragungen,

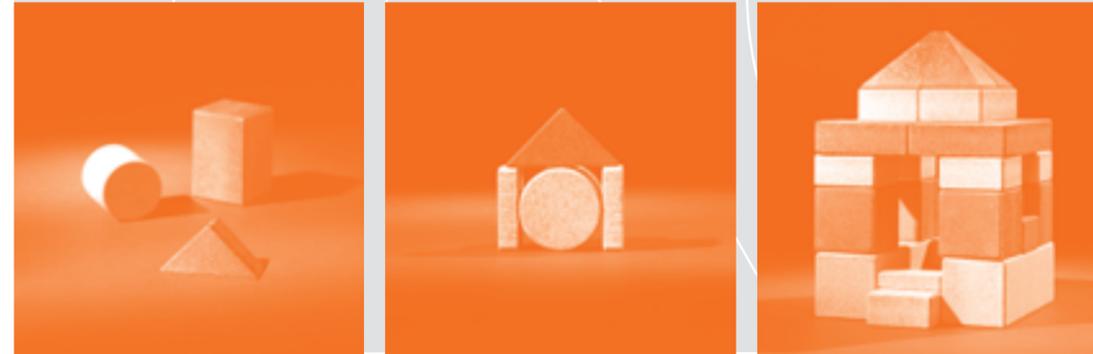
- Schnittstelle zwischen lokalen Open-Access-Projekten und dem zentralen Kompetenzzentrum.

In einigen Fällen können Bibliotheken zu Produktionszentren von Open-Access-Inhalten werden. Dies ist besonders dann sinnvoll, wenn eine enge Verzahnung zwischen dem Wissenschaftler und der Aufbereitung von Inhalten erforderlich erscheint, zum Beispiel bei Editionsprojekten, bei interaktiven und multimedialen Inhalten oder bei „lebenden“ Inhalten, die ständig aktualisiert werden sollen. Eine generelle Übernahme einer „Verlagsfunktion“ dürfte jedoch keine effektive Nutzung des Potenzials der heutigen Bibliotheken sein. Auch das Erscheinungsbild einer Bibliothek wird sich verändern: Computerarbeitsplätze für Schulung und Einzelarbeit werden entstehen, außerdem Bereiche für persönliche Gespräche und Diskussionen in den heutigen Nutzer- und Leserräumen.

Die Max-Planck-Gesellschaft sieht die nötigen strukturellen Veränderungen bei den dezentralen Bibliotheken und diskutiert sie in den Lenkungsgruppen. Ziel ist die Gründung einer zentralen digitalen „Max-Planck-Bibliothek“. Dieses Kompetenzzentrum wird auf mittlerer Sicht vielleicht einige kleine Forschungsbibliotheken in den Naturwissenschaften ersetzen, die sich durch Zusammenlegung ihrer gedruckten Bestände konzentrieren lassen. Die meisten Bibliotheken werden jedoch die lokale Anlaufstelle für elektronische wissenschaftliche Informationsfragen bleiben. Und die großen geisteswissenschaftlichen Bibliotheken werden wohl elektronische Abteilungen hinzugewinnen. Außerdem sind Programme zur gründlichen Weiterbildung der Bibliotheksmitarbeiter und zur Strukturanpassung der räumlichen und technischen Gegebenheiten nötig. Trotz dieser erheblichen Veränderungen steht eines fest: Überflüssig werden die Bibliotheken in keinem Fall.

Robert Schlögl ist Direktor am Berliner Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft. Theresa Velden leitet das Heinz Nixdorf Zentrum für Informationsmanagement in der Max-Planck-Gesellschaft.

Aus einfachsten Elementen entstehen findige Objekte oder komplexe Bauwerke



„Einfach Marketing“ im Sinne von unkompliziert, ohne Schnörkel, die Dinge auf den Punkt gebracht. Einfach – nicht simpel!

Strategie, Design, Kommunikation – Auswahl und Menge der eingesetzten Elemente bleiben in der Hand des Kunden. Das Ergebnis ist ein flexibles und jederzeit erweiterbares Bauwerk.

Auch komplizierte technische Prozesse und Produkte lassen sich klar und deutlich darstellen. Komplexität wird vereinfacht und der eigentliche Inhalt in den Vordergrund gestellt.

Einfach · Marketing öffnet den Baukasten der Möglichkeiten Stein für Stein in einzelnen oder komplexen Schritten ein Ganzes entstehen zu lassen.



Einfach · Marketing
 by KCG 85053 Ingolstadt · Bunsenstr. 38
 Telefon: 0841/9612-941 · Fax: 0841/9517-693
 Internet: <http://www.einfach-marketing.de>
 Onlinekontakt: info@einfach-marketing.de



Im Zeichen des Kreuzes: Eine Delegation von christlichen Nuer-Frauen versammelte sich im März dieses Jahres auf der Friedenskonferenz im südsudanesischen Fangak.



Auf dem **Marktplatz** der Religionen

Die Spannungen zwischen unterschiedlichen religiösen Traditionen und den damit verbundenen politischen, kulturellen und sozialen Interessen führen überall auf der Welt zu einem erheblichen Konfliktpotenzial. In intensiver Zusammenarbeit untersuchen mehrere Max-Planck-Institute in einem gemeinsamen Forschungsprojekt zur Multireligiosität diesen Problemkreis aus staatlicher Regulierung, gesellschaftlichem Wandel und individueller Wertorientierung. An dem Projekt beteiligt ist auch das **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR ETHNOLOGISCHE FORSCHUNG** in Halle/Saale.

Mit der Frage nach der Rolle von Religion in der Gesellschaft beschäftigen sich Mitarbeiter sowohl der beiden Abteilungen „Integration und Konflikt“ und „Postsozialistisches Eurasien“ als auch der Projektgruppe „Rechtspluralismus“: Die Forscher untersuchen beispielsweise den Wertpluralismus in seinen europäischen und außereuropäischen Dimensionen, die sich wandelnden Lebensbedingungen in der postsozialistischen und postkolonialen Welt, in der immer mehr konfligierende Normensysteme aufeinander treffen. Dazu kommen Studien zum Fundamentalismus-Diskurs sowie zur Bedeutung von Religion für Migration und für das Aufkommen sozialer Kri-

FOTO: CHRISTIANE FALGE/KARTE: ROHRER

sen in einer globalisierten Gesellschaft. Ein besonderer Aspekt der Multireligiosität ist der Wettbewerb religiöser Gruppen: Kampf um Anteile auf dem Marktplatz der Glaubensgemeinschaften ist das Thema dreier Wissenschaftler aus Halle, deren Arbeit näher vorgestellt werden soll.

Untersuchungen zu Glaubenssystemen und Ritualen als Dimensionen, über die sich soziale Gruppen definieren und identifizieren, sind seit Beginn fester Bestandteil des Forschungsprogramms der Abteilung „Integration und Konflikt“ unter Leitung von Günther Schlee. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass der Begriff der Religion in hohem Maße an den Amtskirchen orientiert ist und Vergleiche mit Glaubenssystemen in anderen Kontexten dadurch eher erschwert werden. Auf der anderen Seite ist das breite Thema „Religion und Modernisierung“ nach wie vor – und nicht zuletzt in nationalstaatlichen Diskursen – von aktueller Bedeutung.

Die unbedingte Zusammengehörigkeit von Christentum und Bildung ist gerade in afrikanischen Gesellschaften weit verbreitet: Wer Christ wird und die Bibel zu konsultieren lernt, gilt als gelehrt. „Menschen, die die Schrift, die ein Buch lesen können, werden automatisch dem modernen Spektrum zugerechnet“, sagt Christiane Falge. Bei ausgedehnten Feldforschungen im Sudan, in Kenia und Äthiopien sowie während ihres dreijährigen M.A.-Studiengangs Sozialanthropologie in Addis Abeba hat Falge beobachtet, wie sehr in Afrika die Gleichsetzung von Bildung und vorwiegend protestantischem Christentum (also westlicher Religion) gilt. Dass es dabei zu paradoxen Konstellationen kommen kann – so waren etwa die Vorreiter der marxistisch-leninistischen Revolution des späteren Derg-Regimes in Äthiopien protestantische Christen –, ist nur Nebenprodukt ihrer Untersuchungen.

Die Wissenschaftlerin konzentriert sich vor allem auf die Frage, ob und wie Konversion zum Christentum und Modernisierung in bestimmten Ethnien zusammenhängen. Falge hat sich für ihre aktuellen Studien die Nuer ausgesucht, eine ursprünglich im Südsudan ansässige ethnische Gruppe mit nomadischer Tradition, die auf der Suche nach grüneren Weidelandschaften für ihre Rinder bis in das benachbarte Äthiopien migriert – und mittlerweile als Folge des seit Jahrzehnten andauernden Bürgerkriegs im Sudan in die ganze Welt verstreut ist.

DIE BIBEL ALS TOR ZUR WELT

Die zwei Millionen Nuer leben in den USA, in Europa und Australien und zu Zehntausenden in Flüchtlingslagern der Nachbarländer des Sudan. Etwa 80 Prozent der Nuer sind Nicht-Christen, doch schreitet die Christianisierung rasch voran. Und sie ist, so Falges These, weniger Ausdruck einer inneren Überzeugung denn Folge des Wunsches, Teil der globalisierten Welt zu werden. Traditionell ist das Leben dieses außergewöhnlich hoch gewachsenen Volkes von den Rindern bestimmt, die Menschen ernähren sich hauptsächlich von Milch und Milchprodukten. „Jetzt wollen die Nuer in die Welt hinaus“, sagt Christiane Falge. Der Weg dorthin steht in der Bibel.

Ausgangspunkt für das Nuer-Projekt war die in der ethnologischen Forschung gängige Theorie der Konversion: Sobald eine Gesellschaft sozialem Wandel ausgesetzt ist – da sie in einen größeren politisch-ökonomischen Kontext einbezogen wurde –, bedingt dieser Wandel massiven Werteverlust, ja die „Zerrüttung der Werte“, und es kommt zu einer individuell unterschiedlich ausgeprägten, jedoch markanten Identitätskrise



der Gesellschaftsmitglieder. Bei dem Bestreben, eine neue Identität anzunehmen, gewinnt nun die Religion an Bedeutung. „Religion kompensiert den Verlust der alten Normen, sie verspricht neue Werte, ein neues Maß an Würde. Deshalb passiert es gerade in Kriegssituationen häufig, dass Menschen konvertieren“, erklärt Falge. So auch bei den Nuer. Nachdem die Missionare in den 1950er-Jahren noch erfolglos waren, wurde im sudanesischen Bürgerkrieg die Konversion zur politischen Botschaft: Wer zum Christentum übertrat, verstand dies als Akt der Auflehnung gegen das moslemische Regime – Religion als Widerstandsbewegung. Der Bürgerkrieg war der erbitterte Befreiungskampf des vernachlässigten Südens, zu dem die Nuer gehören, gegen den ökonomisch überlegenen, islamisch geprägten Norden.

CHRISTLICH BEDEUTET AUCH FORTSCHRITTLICH

In den Flüchtlingslagern des 1983 nach einer Pause in den 1970er-Jahren erneut aufgeflammt Krieges kam dann eine weitere gesellschaftliche Funktion von Religion in verarmenden Krisengebieten zum Tragen: „In den Camps wurde das Christentum zum Transmitter von Modernisierung. Es kam zu regelrechten Massenkonversionen“, so Christiane Falge. Die Nuer wurden durch den Krieg mit anderen, in ihren Augen entwickelteren Gesellschaften konfrontiert – sei es mit dem technologisch fortschrittlichen Nordsudan, der über ein Mehr an Geld, Waffen, Infrastruktur verfügt, sei es in den Lagern mit den Weißen aus dem reichen Westen, die die Symbole der Modernität nach Afrika bringen: moderne Medizin, Flugzeuge, Getreie-



demühlen, Kleidung oder neue, von den Mitarbeitern der internationalen Hilfsorganisationen in den Flüchtlingslagern verteilte Nahrungsmittel.

Die Nuer, erklärt Falge, sehen den Reichtum der anderen, fühlen sich rückständig und setzen alles daran, in ihrer Gesellschaft ebenfalls Macht, Wissen, Technologie zu etablieren. Die ethnologische Forschung spricht hier von der „vernacularen Modernisierung“ solcher kleiner, sich selbst als rückständig empfindender Gesellschaften. Der Begriff soll ausdrücken, dass Modernisierung nicht immer der klassischen westlichen Auffassung von Industrialisierung und Marktwirtschaft entsprechen muss, sondern lokal verschieden sein kann.

Das Vehikel für die Modernisierung ist in den Augen der Nuer das Christentum: Die Weißen haben das Christentum gebracht, und die Weißen sind es auch, die Flugzeuge fliegen – und in den Flugzeugen Schwerverletzte abtransportieren und geheilt zurückbringen. Widerfährt dieses glückliche Schicksal einem Familienangehörigen, ist die Konvertierung zum Christentum der gesamten Familie die übliche Folge. „Es gibt bei den Nuer die Vorstellung: Wer Christ ist, hat eine Verbindung zu diesem Gott, und Gott flößt einem Ideen für komplizierte Technologien ein. Wer an Gott glaubt, kann auch

Flugzeuge bauen“, hat Christiane Falge beobachtet.

Dass die diversen vor Ort aktiven evangelischen Kirchen mit ihren Entwicklungsprojekten – dem Bau von Schulen und Kirchen etwa – konkrete Arbeit leisten und so die Schwäche des Staates kompensieren beziehungsweise, im Fall Sudan, sein Nicht-Vorhandensein aufgrund des Dauerkriegszustands ersetzen, tut ein Übriges. Der Zugriff auf Stipendien für eine Erfolg versprechende Ausbildung im In- oder Ausland läuft vor allem auch über die Kirchen. Attraktiv ist die christliche Religion für Nuer-Männer und ihre Familien schließlich auch deshalb, weil sie eine Alternative bietet zum gängigen Konzept von Maskulinität, wie sie der Krieg einforderte: Ein Mann muss kämpfen und töten, um seine Familie und sein Dorf zu schützen. Die Botschaft der Kirche dagegen lautet: Wir wollen nicht den Töter, sondern den, der lesen und schreiben kann, seine Familie durch Bildung ernährt, in Staatsämter eintritt. Der Max-Planck-Forscherin zufolge war das von der Kirche lancierte pazifistische Bild des neuen Mannes für viele Krieger nach jahrzehntelangen blutigen Kämpfen eine Art Erlösung. Doch es bedeutet auch das Ende der alten Ordnung.

Für die alte Ordnung steht der Prophet, der Hüter religiöser Werte und



Die Nuer leben im größten Sumpfbereich der Welt, das sechs Monate im Jahr unter Wasser steht (ganz links). Im Flüchtlingscamp Fugnido in Südwest-Äthiopien feiern Nuer-Christen Weihnachten (Mitte). Ein vor 20 Jahren in die USA geflüchteter Nuer kehrt in seine Heimat zurück (links).

kultischer Rituale, als Magier zuständig für die Heilung von Gebrechen ebenso wie für die Befreiung von bösen Geistern. Propheten, die erstmalig als Reaktion auf den Kolonialismus als politische Akteure auftraten, wurden nach dem Kolonialismus immer mehr zu Heilern. In dieser Funktion stellte sich ihnen das Christentum zunehmend als konkurrierende Bewegung dar. Christiane Falge: „Früher gingen die Menschen, wenn sie unfruchtbar waren oder schlechte Geister hatten, weil sie jemanden töteten, zum Propheten. Heute gehen sie ins Krankenhaus oder zum Priester.“ Dem Propheten laufen die Kunden davon – und die Mittel werden knapp: Jede erfolgreiche Heilung brachte ihm früher eine stattliche Anzahl Rinder ein.

Auf dem religious marketplace herrschen also verschärfte Bedingungen. Für die traditionellen Heiler heißt das: Sie müssen reagieren. Und das passiert, indem sie sich anpassen an den neuen Mitbewerber um die Gunst der zahlenden Kundschaft. Laut Falge sind Propheten, die sich mit großen Kreuzen schmücken, keine Seltenheit. „Viele bauen auch christliche Melodien in ihre Gesänge ein oder kleiden sich modern, anstatt sich in Leopardenfelle zu hüllen.“ Das Spiel mit den Symbolen aus beiden Bereichen, das Oszillieren zwischen Tradition und Moderne, zwischen lokaler Religion und Christentum, entspreche auch der Praxis der Gläubigen. Wer Christ sei, gehe im Falle nicht erhörter Gebete durchaus auch hin und wieder zum Propheten, umgekehrt gebe es Beispiele konvertierter Propheten.

Dieses „Agieren in beiden Diskursen“ erlebte Christiane Falge bei einer Reise in den Sudan. Die Wissen-

schaftlerin nahm an einer Friedenskonferenz teil, die sich mit internen Konflikten der Nuer beschäftigte, so mit den marodierenden Klein-Milizen, die Riek Machar, einflussreichster Nuer-Führer, auf die Linie der offiziellen Befreiungskämpfer bringen wollte. Obwohl die Kirche Veranstalter der Konferenz war, brachte Machar seinen bevorzugten Propheten Wutnyang mit, um die Nicht-Christen unter den Nuer auf seine Seite zu bringen. Und obwohl Wutnyang kein geladener Tagungsteilnehmer war, nutzte er das Podium, um den versammelten Christen seine Macht zu verdeutlichen: Demonstrationssymbol seiner „wundersamen“ Verwandlung von Menschenhaar in Mais – der Prophet schleuderte mitgebrachte Maiskörner aus seinem Ärmel – war Christiane Falge, einzige Weiße und somit Repräsentantin derjenigen Religion, die Wutnyang zu widerlegen gedachte. Der tosende Applaus, den die Teilnehmer einer christlichen Konferenz dem Wunderheiler spendeten, war ein weiteres Zeichen für das Wandern zwischen zwei religiösen Systemen.

TEIL DER WELT – UND NICHT DES DORFS

Um die „Beschreibung von sozialem Wandel in einer ethnischen Gruppe“ gehe es in ihrer ethnographischen Arbeit zu den Nuer, fasst Christiane Falge zusammen, und um die Frage, „wie Krieg als eine Form der Anbindung an die globale Gesellschaft diesen Wandel bewirkt, welche Prozesse dabei stattfinden“. So deutlich ihre Studien gezeigt hätten, dass es bei der Konversion als Reaktion auf die Krise durchaus um den Zugriff auf ökonomische Ressourcen, auf Stipendien, Nahrung

oder Kleidung gehe, dürfe man den Übertritt der Nuer zum Christentum nicht als ausschließlich pragmatischen Schritt missverstehen. „Es geht auch um die Kompensation von Identitätsverlust, dem die Opfer eines jahrelangen kriegerischen Konflikts ausgesetzt sind.“ Und um den ideellen Aspekt: Wer Christ sei, gelte als modern, entwickelt, zivilisiert. Sichtbar werde das an äußeren Zeichen: moderne Kleidung, Stift (am wichtigsten), Brille, Uhr. Damit zeigten die Nuer: „Wir wollen Teil der Welt sein, nicht nur Teil unseres Dorfes.“

Bemerkenswert sei, dass die Nuer es trotz aller Brüche und trotz Fragmentierung schaffen, ihre Handlungsfähigkeit – Soziologen sprechen von *agency* – zu erhalten. In den Medien würden traumatisierte Kriegsflüchtlinge wie Nuer allzu oft ausschließlich als beklagenswerte Opfer dargestellt, die den Westen um Hilfe anflehten. In Wahrheit, so Falge, gelingt es ihnen, sich selbst aus der Krise „herauszukatapapultieren“: durch das Ausbalancieren der konkurrierenden religiösen Wertesysteme, durch die Anpassung an das moderne Christentum ohne völlige Preisgabe der lokalen Kultur.

Ein Großteil der anthropologischen Studien zu Fragen der Religion hat sich traditionell mit ethnischen Gruppen befasst, die „weit entfernt sind von der modernen westlichen Welt, sei es räumlich oder zeitlich“, schreibt Chris Hann, Direktor am Max-Planck-Institut in Halle im aktuellen Jahresbericht. Diese Ausrichtung in die Ferne hat sich geändert, seit in unserer unmittelbaren Nachbarschaft durch den Zusammenbruch des Kommunismus in Osteuropa und Asien religiöse Fragestellungen nach Jahrzehnten des staatlich verordneten Atheismus wieder an Bedeutung gewinnen.

Die von Hann geleitete Abteilung „Postsozialistisches Eurasien“ wid-

FOTOS: CHRISTIANE FALGE

Recht im Konflikt

Die Vielfältigkeit normativer Systeme ist in der Ethnologie seit den Anfängen der Disziplin Gegenstand der Forschung gewesen. Die Projekte in der von Franz und Keebet von Benda-Beckmann geleiteten Rechtspluralismus-Gruppe in Halle befassen sich mit dem Wandel und der sozialen Relevanz von besonders komplexen normativen Strukturen. „Uns interessieren die Wechselwirkungen und die Verschmelzung konkurrierender Rechtsreferenzsysteme“, sagt Bertram Turner. Turner selbst, an der Ludwig-Maximilians-Universität München promovierter Ethnologe und seit drei Jahren Mitarbeiter am Max-Planck-Institut in Halle, interessiert insbesondere der rechtliche Pluralismus in der Souss-Ebene im Südwesten Marokkos und die Rolle des Islam in der Rechtssphäre.

Seit einigen Jahren erforscht der Wissenschaftler die Rechtsverhältnisse, die sich, wie in den meisten Staaten der Dritten Welt, „durch eine Konfrontation zwischen staatlichem Recht, lokalen Rechtstraditionen (Gewohnheitsrecht) und religiösem Recht“ auszeichnen. Das Mit- und Gegeneinander der diversen Rechtsauffassungen – Turner spricht von „kollidierenden und fusionierenden Rechtsreferenzsystemen“ – studiert er in Bezug auf die für die Bevölkerung lebensnotwendige Frage der Rechte an der Nutzung der natürlichen Ressourcen: Wie ist der Zugang zu Land und Wasser geregelt, der Anbau von Agrarprodukten, die Weidenutzung, insbesondere die Nutzung des Argan-Waldes, der für einen Großteil der ländlichen Bevölkerung eine unverzichtbare Lebensgrundlage darstellt? Eine Frage, die sich zusätzlich zur ohnehin vielschichtigen Verquickung der bestehenden juristischen Normen verkompliziert, als 1998 im Souss die erste marokkanische UNESCO-Biosphären-Schutzzone eingerichtet wurde, um den endemischen Argan-Baum vor der Ausrottung zu bewahren.

Für die Baumnutzung waren nun auch die UNESCO-Statuten bindend, die plurale Normenkonstellation bekam zusätzliche Dynamik durch „transnationale Rechtsdiskurse“: Externe Rechte wie die des globalen Umweltschutzes oder Human Rights wurden relevant. Als Bertram Turner eine massive Einflussnahme religiösen, also islamischen Rechts in einer von außen hereindringenden, nicht staatlich verankerten dogmatischen Version feststellte, erhielt der „transnationale Rechtsdiskurs“ in seinem Forschungsgebiet eine neue Qualität. „Es kam zu einem sehr plötzlichen Einfluss von Salafia-Gruppen, also islamistisch orthodox orientierten Missionaren, die einen eindeutig externen islamischen Einfluss in dieser Region darstellen.“ Die Rechtsauffassung der Salafia-Missionare ist laut Turner „gespeist von international organisierten, an einem so genannten ursprünglichen Islam orientierten Bewegungen.“

Bereits vor dieser neuen Situation bestand der juristische Einfluss des Islam in Marokko aus verschiedenen Straten, von der staatlichen Dimension islamischen Rechts Malikitischer Schule, repräsentiert durch das Ministerium für religiöse Angelegenheiten, über eine ausgeprägte, am Sufismus orientierte regionale Tradition des Islam, für den der Souss weit über seine Grenzen hinaus bekannt ist und der die Brücke schlägt zu lokalen Formen des populären Islam (tribal Islam), bis hin zu religiösen Bruderschaften wie die Aissaoua mit ihren Trance-Tänzern, deren soziale Relevanz insbesondere in der Konfliktregulierung erheblich ist. „Und nun intervenierten, mit starkem finanziellen Input, die neuen Salafia-Gruppen und stellten alles infrage, was ihren Rechts- und Moralvorstellungen widersprach. Das mischte die ohnehin komplexe Situation auf“, sagt Turner.

Die Intervention der externen Salafia (von arabisch *as Salaf*, die Ahnen) und ihrer Multiplikatoren – lokale, eigens geschulte Mitarbeiter – führte in Bezug auf das Ressourcen-Management zu erheblichem Konfliktpotenzial. Mit ihrer strikten Auslegung islamischer Rechtsquellen versuchten die Missionare in der Souss-Ebene beispielsweise Einfluss zu nehmen auf die Gender-Verhältnisse: Die landwirtschaftliche Gemeinschaftsarbeit von Frauen und Männern auf den Feldern



Postkarte mit den Konterfeis prominenter Repräsentanten (*fuqaha*) des gelehrten Islam im Souss. Solche Postkarten mit religiösen Motiven werden an den Pilgerstätten lokaler Heiliger und zu religiösen Festen angeboten. Einige der Abgebildeten haben sich dem wachsenden Einfluss der Salafia Jihadia öffentlich entgegengestellt.

ist den Orthodoxen ein Dorn im Auge und wurde als unislamische Praxis gegeißelt. Dies ist ein Fall von eingangs zitierten Kollisionen der Rechtsreferenzsysteme: „Die Intervention der Neo-Orthodoxen in die Rechtssphäre“, so Turner, „kollidiert nämlich mit gerade erst von internationalen donoren wie Weltbank und deutscher Entwicklungshilfe neu etablierten Formen der kollektiven Ressourcennutzung des Argan-Waldes, die auch Frauen die Möglichkeit geben sollte, selbstständig ein Einkommen zu erwirtschaften und sie in die Armutbekämpfung einzubinden.“

Das von den Geberländern geförderte Nachhaltigkeitsprogramm sah eine Nutzung der Ressourcen in Verbindung mit Armutbegrenzung vor. In den Augen der schnell sehr einflussreichen Salafisten waren Frauenkooperativen aber inakzeptabel. Sie suchten sie durch soziale Kontrolle auszulöschen (*social control*, etwa das Verfolgen der Frauen auf der Straße mit Einflüsterungen: „Du weißt doch, dass das nicht gut ist, was du tust“). Turners Fazit: „Durch neo-orthodoxe Einflüsse soll dem Wandel der ländlichen Gesellschaft eine bestimmte Richtung vorgegeben werden. Der Ort, das Schlachtfeld, auf dem die Konkurrenz ausgetragen wird, ist die Arena des Rechts.“

Der von den Salafisten herbeigeführte soziale Wandel erstreckte sich zwar nur über einen Zeitraum von drei bis vier Jahren – nach den blutigen Anschlägen von Islamisten in Casablanca im Mai 2003 schwenkte die marokkanische Regierung nach anfänglicher Duldung auf eine strikte Gegenbewegung um –, doch die gesellschaftlichen Auswirkungen in der Hochzeit der Einflussnahme waren beträchtlich. So sabotierten die orthodoxen Missionare beispielsweise die im ländlichen Raum weit verbreiteten religiösen Feste und riefen ihre Mitglieder auf, sie ebenso zu meiden. Feiern zu Ehren eines lokalen Heiligen, rituelle kollektive Mahlzeiten und andere religiöse Opferfeste auf Dorfebene sind, so Turner, wesentlich für die „Reproduktion der sozialen Identität“ und vor allem wichtig für die Konfliktbewältigung.

Eine zentrale Rolle spielen die Feste der Aissaoua-Trance-Tänzer, die bei festlichen Zusammenkünften etwa einen Nachbarsstreit wegen eines abgegrabenen Brunnens durch rituelle Praktiken regulieren. Diese Rituale der Versöhnung haben für die Aufrechterhaltung einer spannungsfreien Umwelt enorme Bedeutung – und genau an solchen neutralen Punkten interveniert die Salafia. Dass in den von Bertram Turner untersuchten Dörfern die Trance-Tänzer ihren sommerlichen Zyklus nicht durchführen konnten, habe „zu erheblichen Unruhen in den lokalen Feldern geführt, weil Konflikte nicht reguliert wurden.“

Neben der Unterminierung lokaler Mechanismen des Konfliktausgleichs zerstören die Salafia auch einen wichtigen Teil des Warenzyklus in der Region: Die Feste sind traditionell Orte der Redistribuktion, das heißt, reiche Mitglieder der lokalen Elite stellen in Einklang mit islamischen Erwartungen Mittel zur Disposition, die an Ärmere verteilt werden. Diese auch im Gebiet des Argan-Waldes seit Gene-

rationen etablierte Form des sozialen Ausgleichs wurde erheblich beeinträchtigt.

Dass die externen Missionare sich als Ersatz anboten, trug zu ihrem raschen Erfolg bei. Mit Almosen für die Armen und anderen Formen des *social work* habe die Salafia es für eine Weile geschafft, sich unentbehrlich zu machen. Turner hat sogar alte Trance-Tänzer erlebt, die erklärten, nun Salafia-Anhänger zu sein mit der Begründung: „Wovon sollen wir sonst leben, tanzen dürfen wir nicht mehr.“ Gleichzeitig begann sich aber auch die verbindliche reine Lehre der Neo-Orthodoxen in der Konfrontation mit lokalen pluralen Rechtsverhältnissen zu verändern; sie adaptierte sich sozusagen an lokale Verhältnisse und speiste ihre Vorstellungen einer islamischen Ordnung in den Pool der lokalen Rechtsrepertoires ein. Also nicht nur transnationale Rechtsimpulse internationaler Organisationen interagieren mit lokalen Konzeptionen, sondern auch auf ewig gültige religiöse Werte.

Nicht unwesentlich zum Einfluss der orthodoxen Missionare in Marokko hat aber die offensichtliche stillschweigende Duldung des Staates selbst beigetragen. Das führt der Max-Planck-Wissenschaftler auf das Bestreben zurück, die Islamisten im eigenen Land zurückzudrängen. „Die im marokkanischen Islam selbst verwurzelten Bewegungen standen dem Königshaus und dem Staat sehr kritisch gegenüber. Um sie zu neutralisieren, ließ man die Salafia im Land arbeiten, die mehr an der saudischen Richtung orientiert und in der Regel staatskonformer sind.“ Ein verhängnisvoller Irrtum, wie sich am 16. Mai 2003 herausstellte, als ein Anschlag in Casablanca 40 Tote forderte – die Verbindung zwischen Salafia, Al Qaida und Casablanca ist laut Turner „sehr eindeutig“.

Als Reaktion ließ die marokkanische Regierung einschlägige Moscheen schließen und versuchte, den Finanzfluss für die Salafia zu kapfen. Gefördert hat diese Entwicklung auf jeden Fall den Aufbau der *civil society* (Zivilgesellschaft) auch in den ländlichen Gegenden, wo mittlerweile praktisch jedes Dorf über seine eigene „NGO“ (also nicht-staatliche Organisation) verfügt. Im Rahmen dieser Struktur sollen die von den Missionaren geschickt eingesetzten erwähnten Elemente des *social work* nun von der zivilen Gesellschaft übernommen werden. In den von Turner untersuchten Gebieten im Südwesten des Landes ist der Anteil der Salafia-Anhänger zwar deutlich zurückgegangen: Bei Aufkommen der Bewegung habe in einer Gemeinde, bestehend aus 19 Dörfern, binnen anderthalb Jahren die Hälfte der Dörfer zu 50 Prozent aus Salafia-Anhängern bestanden; dort seien es jetzt nur noch fünf bis zehn Prozent. „Damit sind sie in die Clandestinität abgerutscht und entsprechend schwerer zu beobachten. Das heißt aber nicht, dass sie all ihren Einfluss eingebüßt hätten“, sagt Turner. Und eines habe der rapide Aufstieg der externen Orthodoxen in dem nordafrikanischen Land ohnehin schon gezeigt: „Ein Eskalationspotenzial ist da.“



Die rituellen Praktiken – wie das jährliche Fest der Trance-Tänzer – gelten bei den Aissaoua als ein wichtiges Element der lokalen Konfliktregulierung.



met sich unter anderem genau dieser Frage nach der Dynamik religiösen Glaubens in den postsozialistischen Staaten – ein in der Vergangenheit laut Hann „schlicht undenkbares“ Vorhaben: Feldforschung über religiöse Praktiken war für ausländische Wissenschaftler – die ohnehin kaum die Möglichkeit hatten, zu Studienzwecken etwa in die Staaten der ehemaligen Sowjetunion einzureisen – wie für einheimische Kollegen kaum realisierbar, da das Regime Arbeiten zu solch unerwünschten Themen verhinderte.

Foto: Livius Trache



„Das Wasser dieser Quelle wird nie versiegen, es sind die Tränen unseres Heimatlandes“ – so lautet die Inschrift auf diesem Gedenkstein zur Erinnerung an die Gründung des Klosters Cosauti in Moldawien.

Es gibt wenig verlässliches Wissen darüber, was mit Religion unter sozialistischer Herrschaft wirklich geschah. Zwar haben sich die Bedingungen in den meisten Ländern nach dem Fall des Eisernen Vorhangs deutlich gebessert. Allerdings fehlt es an einer starken Forschungstradition. Pionierarbeit im Wortsinne ist also, was beispielsweise Monica Heintz, wissenschaftliche Mitarbeiterin der Postsozialismus-Abteilung, leistet. Die gebürtige Bukaresterin studierte 1993 bis 1997 Philosophie an der Sorbonne in Paris und absolvierte dann einen Master-Studiengang in Sozialanthropologie in Oxford sowie ein Doktorat am Churchill College in Cambridge. Sie setzt sich in ihrem aktuellen Projekt mit der Bedeutung der wieder erstarkten orthodoxen Kirche für die moralische Erziehung in Rumänien und Moldawien auseinander.

Besonderes Augenmerk legt Monica Heintz bei ihren Feldforschungen

FOTOS: BERTRAM TURNER (2) | LIVIUS TRACHE (1) | KARTE: ROHRER



Buhlen um die Gunst der Gläubigen: Die orthodoxe Kathedrale der moldawischen Metropole in Chisinau.



in ländlichen Gegenden auf den Vergleich der Kirche mit konkurrierenden Übermittlern von Erziehung wie Schulen, Familie oder Medien. Bei ihren Untersuchungen in Moldawien ist die Wissenschaftlerin dabei auf eine kircheninterne Wettbewerbs-Situation gestoßen: Moldawien, eine junge, erst 1991 unabhängig gewordene Republik, die früher territorial zum Staatsgebiet der Sowjetunion gehörte, kann als typisches Produkt des Zusammenbruchs der UdSSR gelten. Die religiöse Landschaft des Landes befindet sich im doppelten Sinne in einer Umbruchphase: Nicht nur bezüglich eines möglichen Wieder-Erstarkens von Glauben nach dem Ende des Sozialismus, sondern auch, weil die orthodoxe Kirche Moldawiens nun in zwei Kirchen gespalten ist.

Die kirchliche Hauptinstitution des Landes ist die Metropole von Moldawien. Sie ist dem russisch-orthodoxen Patriarchat von Moskau unterstellt und existierte bereits zur Sowjet-Zeit, wenn auch ohne wesentlichen Einfluss. Hierzu in Konkurrenz trat 1992 die neu gegründete, von der rumänischen orthodoxen Kirche unterstützte Autonome Metropole von Bessarabien. Seither buhlen die beiden Kirchen um Anteile, um die Gunst der Gläubigen. Ein Wettstreit freilich, der – das haben die Studien von Monica Heintz ergeben – vor allem bei der ländlichen Bevölkerung auf wenig Verständnis stößt: In den religiösen Praktiken nämlich unterscheiden sich die bei-

den orthodoxen Ausrichtungen nicht voneinander. „Die Menschen gehen in ihre Kirche, und es ist ihnen egal, welche das ist“, sagt Heintz. Außerdem haben sich unter dem Druck des Sowjet-Sozialismus die religiösen Praktiken der breiten Masse ohnehin ohne besonderes Interesse an theologischen Feinheiten auf einen „populären Glauben mit abergläubischen Tendenzen reduziert“.

KIRCHE ZWISCHEN GOTT UND GELD

Als die neue orthodoxe Kirche von Bessarabien nach einem langen Weg durch die Instanzen – der moldawische Staat verbot sie zunächst, erst eine Entscheidung des Europäischen Gerichtshofs brachte 2002 die Anerkennung – Kirchen neben den bereits bestehenden baute, erntete sie bei der Bevölkerung nicht selten Kopfschütteln. In den Städten und unter den Eliten freilich mobilisierte die Gründung der neuen Kirche Großkundgebungen, um den von der russlandnahen Regierung argwöhnisch beobachteten Prozess der Anerkennung demonstrativ zu stützen: Es waren national gesinnte und moskaukritische, häufig junge Menschen, die auf die Straße gingen. „Hier ging es nicht um Glauben, sondern um eine politische Botschaft, um Nationalstolz und nationale Ideale“, sagt Monica Heintz. Die multi-ethnische Zusammensetzung der Bevölkerung in Moldawien – Rumänen, Russen, Ukrainer – leiste einer Instrumentalisierung von Kir-

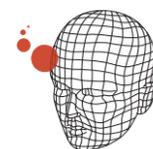
che als einer identitätsstiftenden Kraft zusätzlich Vorschub.

Die Oberhäupter der beiden Kirchen beanspruchen jeweils, die einzig legitime Kirche zu sein – und ignorieren einander: „Sie tun so, als gebe es den anderen nicht“, so Heintz. Subtil werde aber durchaus Kritik gestreut. Oppositionelle Journalisten weisen darauf hin, dass die neue Kirche in alten Zeiten mit der kommunistischen Führung kollaboriert habe. Und sie setze dies in der heutigen Zeit – in Moldawien sind erneut die Kommunisten an der Macht – auch fort.

Die Entscheidung, welche der konkurrierenden Kirchen sich durchsetzen wird, dürfte nicht von der Bevölkerung getroffen werden. „Viele der einfachen Menschen in dörflichen Gegenden wissen nicht einmal, dass sie Orthodoxe sind. Sie haben ihren Glauben bewahrt und dürfen jetzt, nach Ende des Kommunismus, wieder unbesorgt in die Kirche gehen. Das genügt ihnen“, hat Monica Heintz bei ihren Studien herausgefunden. Wichtiger schätzt sie hier die Rolle der Eliten und ihrer politischen beziehungsweise nationalen Gesinnung ein. Nicht vergessen werden darf ein weltlicher und allzu menschlicher Gesichtspunkt: Die Priester der russisch-orthodoxen Kirche sind bei ihrer Bezahlung von Zuwendungen der Gemeindeglieder abhängig, während die Glaubensbrüder der rumänischen Metropole über einen monatlich festen Grundbetrag verfügen. Dies habe der eine oder andere russisch-orthodoxe Kirchenmann höchst interessiert zur Kenntnis genommen. Heintz: „Geld könnte eine Rolle spielen.“ ANNE GOEBEL

 **www** Weitere Informationen über aktuelle Forschungsergebnisse und Publikationen sowie den aktuellen Report 2002-2003 des Max-Planck-Instituts für ethnologische Forschung finden Sie unter www.eth.mpg.de

Foto: Livius Trache/Karte: Rohrer



DR. ERNST KREYSA, PROF. DR. KARL M. MENTEN, DR FRANK BERTOLDI
Preisträger 2004
Blick zurück in den Urknall. Mit hoch empfindlichen Strahlungsmessgeräten, so genannten Bolometern, wies das Team vom Bonner Max-Planck-Institut für Radioastronomie Strahlungen von Sternenstaub aus den Anfängen des Universums nach – was zu einer Neubewertung bestehender Theorien führt.

PHILIP MORRIS STIFTUNG
FORSCHUNGSPREIS

Seit über 20 Jahren hat sich die Philip Morris Stiftung zum Ziel gesetzt, Wissenschaftler und ihre Projekte einer breiten Öffentlichkeit bekannt zu machen. Mit dem Philip Morris Forschungspreis fördern wir den Austausch zwischen den wissenschaftlichen Disziplinen, den Brückenschlag zwischen Natur- und Geisteswissenschaften und den Dialog zwischen Forschung, Öffentlichkeit und Medien.

Weitere Informationen: Philip Morris Stiftung, Fallstraße 40, 81369 München, philipmorris.stiftung@pmintl.com

Mit freundlicher Unterstützung der Philip Morris GmbH

BEWERBUNGSSCHLUSS FÜR DEN WETTBEWERB 2005 IST DER 15. OKTOBER 2004



Topografie des Glaubens

Religiösen Fragen und Problemen wird im zunehmend säkularisierten Europa zu wenig Aufmerksamkeit geschenkt. Darum tut Forschung im Prozess der europäischen Einigung Not, meint **HARTMUT LEHMANN**, Direktor am **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR GESCHICHTE**. Er wünscht sich – auch angesichts einer Revitalisierung von Religion durch Missionare in Europa – ein groß angelegtes Projekt, um die religiöse Topografie Europas in ihrem raschen Wandel zu untersuchen.

Die Multireligiosität im heutigen Europa hat verschiedene Ursachen, mit jeweils unterschiedlichem historischem Kontext. Betrachtet man jedoch die Zeit nach dem Zweiten Weltkrieg, sieht man einen wirtschaftlichen und politischen Verbund von Ländern, die sich in der Mitte und im Westen Europas mit dem Ziel zusammengeschlossen hatten, ein vereinigtes Europa zu schaffen. Just in der Phase, in der diese Politik große Fortschritte erzielte, entwickelte sich das Gebiet der Europäischen Union mehr und mehr zu einem Einwanderungsland.

Damit beginnt sich die religiöse Szene in vielen europäischen Ländern noch einmal deutlich zu verändern. Denn viele Migranten erweisen sich als außerordentlich religiös, genauer: Viele, die in ihren Heimatländern nur einen eher losen Bezug zu Kirche und Religion hatten, schlossen sich im europäischen Exil, das heißt in den betont säkularen europäischen Gesellschaften des ausgehenden 20. Jahrhunderts, religiösen Vereinigungen und Gruppierungen an. Dort wird ihre Sprache gesprochen, dort können sie ein Stück ihrer kulturellen Identität bewahren und auch die Illusion, sie könnten eines Tages wieder in ihre Heimatländer zurückkehren.

Man muss kein Prophet sein, um vorherzusagen, dass in dem Maß, in dem sich Europa in den kommenden Jahrzehnten zu einem Einwanderungskontinent entwickelt, dem Religiösen in seinen unterschiedlichen Spielarten eine deutlich größere Rolle zukommen wird als in der zweiten Hälfte des 19. und auch in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts. Entscheidend ist jedoch ein Weiteres: Bei diesen neuen Religionen handelt es sich nicht um eine Reaktivierung traditioneller europäischer Religionen, sondern um Religionsgemeinschaften, die in Europa neu und fremd sind – mehr noch, um Religi-

ongemeinschaften wie den Islam, gegen die in allen europäischen Ländern seit dem frühen Mittelalter die größten Vorurteile und Ressentiments bestanden hatten.

Selbst jene neuen religiösen Gruppen, die sich auf das Christentum berufen, wie beispielsweise die Gemeinden der Pfingstbewegungen, die im heutigen Europa am raschesten wachsen, sehen sich nicht in der Tradition der herkömmlichen Kirchen, sondern als charismatische Bewegungen und betonen gegenüber den älteren christlichen Kirchen ausdrücklich ihre Unabhängigkeit.

IMMIGRANTEN IMPORTIEREN IHRE RELIGION

Neben Differenzen, die mehrere Jahrhunderte alt sind, gibt es also andere, die erst aus der jüngsten Zeit herrühren – wobei die Versuche, religiöse Differenzen zu überwinden (wie etwa in der ökumenischen Bewegung), sich bezeichnenderweise auf ältere Konflikte konzentrieren. Ehe diese Bemühungen nennenswerte Erfolge erzielen, werden sie mit neuen Spannungsfeldern konfrontiert.

Religion spielt im öffentlichen Leben außereuropäischer Länder offensichtlich eine wichtigere Rolle als in dem weithin säkularisierten Europa von heute. Will man also die besondere religiöse Konstellation in Europa besser verstehen und einordnen, sollte auch das Zusammenleben von Angehörigen verschiedener Religionen und Konfessionen in diesen Staaten – hier speziell in Indien, Indonesien und den USA – diskutiert werden. Eine Erweiterung des Beobachtungsrahmens ist jedoch auch noch aus anderen Gründen sinnvoll.

In dem Maß, in dem Europa verstärkt zum Einwandererland wird und die Immigranten ihre Religion importieren, dürften nämlich religiöse Konflikte, so wie sie heute beispielsweise in Indonesien und in Indien ausgetragen werden, auch für

die Europäer von besonderem Interesse werden. Aber auch der Frage nach einer rechtlichen Regelung religiöser Fragen, wie sie im Jahr 1789 vorbildlich im ersten Zusatz zur Verfassung der Vereinigten Staaten von Amerika vorgenommen wurde („Congress shall make no law respecting an establishment of religion, or prohibiting the free exercise thereof...“) und wie sie seither vom Supreme Court der USA in vielen einschlägigen Entscheidungen ausgelegt wird, gilt es stärker zu beachten.

Aus den Diskussionen der bisherigen Tagungen der Forschungsinitiative „Multireligiosität im vereinten Europa“ lassen sich, mit gebotener Vorsicht, drei Ergebnisse ableiten:

Erstens: Im Prozess der europäischen Einigung gilt es, religiösen Fragen und Problemen sehr viel mehr Aufmerksamkeit zu schenken als bisher. Zwar dürfte allen europäischen Politikern bewusst sein, in welchem Maße der nunmehr über viele Jahrzehnte andauernde Konflikt in Nordirland sowie auch der große Balkankrieg der 1990er-Jahre von religiösen Emotionen und Vorurteilen, aber auch von religiös aufgeladenen Hassgefühlen bestimmt wurden. Im Gegensatz zur Agrarpolitik, zu Fragen der Industrie- und Arbeitsmarktpolitik, aber auch im Gegensatz zu Fragen einer gemeinsamen europäischen Außenpolitik gehören die Voraussetzungen und Modalitäten des Zusammenlebens der Angehörigen verschiedener Religionen in einem vereinten Europa nicht zu den Themen, die auf der Agenda der europäischen Politiker einen wichtigen Platz einnehmen.

Bisher wurden noch keine Forschungen zur Religiosität in Europa aus Brüssel finanziert. Es hat den Anschein, als implizierten Kirche, Frömmigkeit und Religion aus Brüsseler Sicht keine Probleme, die im Zuge der europäischen Einigung besondere Beachtung verdienen. Blickt man je-



doch auf die äußerst aktive Rolle muslimischer Minderheiten (nordafrikanischer Provenienz in Frankreich und türkischer Provenienz in Deutschland), dann erscheint diese Einstellung nicht nur als kurzfristig, sondern als politisch gefährlich.

Zweitens: Es reicht nicht aus, die rechtliche Regelung der religiösen Fragen im Konfliktfall den Gerichten der jeweiligen Mitgliedsstaaten zu überlassen. Zwar werden die einzelnen Länder Europas auf absehbare Zeit auch in religiöser Hinsicht ihr individuelles Gesicht behalten. Das gilt sowohl für traditionell katholische Länder wie Polen, Spanien und Irland, für traditionell protestantisch geprägte Staaten wie Schweden und Finnland, als auch für die Länder, in denen seit langem die Koexistenz verschiedener Konfessionen praktiziert wird, so vor allem in Deutschland; ähnliches dürfte auch auf das im öffentlichen Bereich strikt laizistische Frankreich zutreffen. Zugleich ist jedoch nicht zu übersehen, dass alle europäischen Länder seit einer Generation sehr stark vom fortschreitenden Prozess der Säkularisierung erfasst sind.

EUROPA WIRD ZUM MISSIONSFELD

Dies führte jedoch nicht nur dazu, dass sich in diesen säkular ausgerichteten Gesellschaften viele Freikirchen und Sekten mit unübersehbarem Erfolg als missionarische Unternehmen betätigen, sondern dass sich auch vor allem viele der Immigranten zu religiösen Gruppierungen hingezogen fühlen, da sie nur dort das Maß an kultureller Identität oder Anerkennung finden, das ihnen ansonsten weithin versagt bleibt. Inzwischen sind sogar Missionare aus außereuropäischen Ländern wie Brasilien und Nigeria in Europa tätig. Das säkularisierte Europa stellt für sie ein Missionsfeld dar. Verkürzt, aber nicht falsch, könnte man daher

formulieren: Die Revitalisierung von Religion ist die Kehrseite der Säkularisierung. Zutreffend gab Martin Riesebroft seiner neuesten Publikation den Titel *Die Rückkehr der Religionen* (München 2001), während Friedrich Wilhelm Graf für sein vor kurzem erschienen Buch zur selben Thematik den Titel *Die Wiederkehr der Götter* (München 2004) wählte. Detlef Pollack nannte sein jüngstes Werk dagegen *Säkularisierung – ein moderner Mythos?* (Tübingen 2003).

Entscheidend erscheint aber, dass nicht alle dieser neuen religiösen Gruppierungen, die sich von der Säkularisierung ab- und religiösen Gruppen zugewandt haben und die in Europa heute leben, zu religiöser Toleranz im Sinne der europäischen Tradition des Humanismus und der Aufklärung bereit sind. Rechtliche Regelungen tun also Not, und da im Zuge der europäischen Binnenmigration die religiösen Unterschiede zwischen den einzelnen Ländern sukzessive verschwinden dürften, müssen diese rechtlichen Regelungen deshalb konsequenterweise auf europäischer Ebene ausgehandelt und durchgesetzt werden. Hier stellen sich dem Europäischen Gerichtshof wichtige Aufgaben. Es bestehen jedoch auch bisher noch nicht ausreichend berücksichtigte Ansprüche an die Europäische Verfassung, wenn in einem vereinten Europa auf Dauer religiöser Friede – basierend auf der Koexistenz und Gleichberechtigung aller religiöser Gruppierungen – gesichert werden soll.

Drittens: Die jüngsten Diskussionen über das Tragen des Kopftuchs von Lehrerinnen in Schulen, über den Bau von Minaretten in deutschen

Innenstädten sowie den muslimischen Religionsunterricht in öffentlichen Schulen verdeutlichen, wie wenig wir im Grunde über religiöse Orientierungen und religiöse Praktiken in den verschiedenen europäischen Ländern wissen. Um auch für die rechtlichen Erwägungen eine bessere Basis zu schaffen, könnte und müsste daher ein groß angelegtes Projekt lanciert werden, um die sich rasch wandelnde religiöse Topografie Europas zu erforschen. Dabei wären langfristige Veränderungen ebenso zu erfassen wie kurzfristige Trends. Überdies sollten diese Recherchen nicht auf einem zu engen Religionsbegriff im Sinne von etablierter Kirche oder Konfession gründen.

Ausgehend von demografischen Daten und auf der Basis regional differenzierter sozialer Profile müsste im ersten Schritt der Versuch unternommen werden, Größenordnungen für die einzelnen religiösen Richtungen und Gruppen festzustellen, also eine Antwort auf die nur auf den ersten Blick einfache Frage zu finden: Wer fühlt sich in welchem europäischen Land zu welchem Zeitpunkt welcher religiösen Richtung zugehörig? Dabei wäre es für eine Beantwortung dieser Frage nicht ausreichend, sich an den statistischen Materialien aus dem Bereich der offiziellen, mit staatlicher Hilfe etablierten Kirchen zu orientieren. Vielmehr käme es darauf an, in einem ersten Schritt distinkte Typen von religiöser Orientierung und religiöser Praxis zu definieren und sich dann in einem zweiten Schritt um die entsprechenden Informationen zu bemühen. Solche Informationen dürften in den meisten Fällen nur in privater Hand liegen, das heißt im Besitz der Leiter der entsprechenden religiösen Gruppen.

Neben den kleineren, auf freiwilliger Zugehörigkeit aufgebauten religiösen Gruppen, die sich in der christlichen Tradition sehen, sollten vor allem auch die derzeit besonders

SPANNUNGSFELD EUROPA

Der christlich-europäische Kulturkreis ist im Laufe des 20. Jahrhunderts durch historisch einzigartige (freiwillige und erzwungene) Migrationen und die zunehmende Globalisierung binnen weniger Jahrzehnte mit religiösen Kulturen und Gemeinschaften konfrontiert worden, die nicht in gleicher Weise wie Europa säkularisiert sind. Der Europäische Gerichtshof für Menschenrechte war deshalb vielfach gezwungen, Probleme der Religionsfreiheit zu erörtern. Dabei konnten die Spannungen zwischen unterschiedlichen religiösen und kirchlichen Traditionen und den eng damit verbundenen politischen, kulturellen und sozialen Interessen in allen europäischen Ländern bisher nicht auf befriedigende Weise gelöst werden.

Insbesondere das Spannungsfeld von staatlicher Regulierung, gesellschaftlichem Wandel und individueller Werteorientierung in seiner europäischen Dimension zu beleuchten, hatten daher Max-Planck-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler an der Schwelle zum neuen Jahrtausend als vordringliche Aufgabe im Katalog der Forschungsperspektiven „MPG 2000+“ ausgemacht. Es ging ihnen darum, eine Verbindung zwischen den kulturellen und sozialen Hintergründen von Multireligiosität auf der einen Seite und den offensichtlichen politischen und möglicherweise juristischen Folgen auf der anderen Seite herzustellen.

Es gibt zwar kein Max-Planck-Institut für vergleichende Religionsforschung, doch bestehen in den Instituten der Geistes-, Sozial- und Humanwissenschaftlichen Sektion vereinzelt durchaus besondere Kompetenzen, die eine Untersuchung des Themas „Multireligiosität im vereinten Europa“ nahe legen – in einer „institutsübergreifenden Forschungsinitiative“ schlossen sich deshalb sechs Institute zusammen. Unter der Federführung des Max-Planck-Instituts für Geschichte in Göttingen sind das die Institute für europäische Rechtsgeschichte (Frankfurt), für ethnologische Forschung (Halle), für Bildungsforschung (Berlin), für ausländisches und internationales Strafrecht (Freiburg) sowie für ausländisches öffentliches Recht und Völkerrecht (Heidelberg).

Bei bislang drei Tagungen wurden mit ausgewiesenen Spezialisten anderer Forschungseinrichtungen (als Gästen) interdisziplinär Entwicklungen dargestellt und diskutiert, die auch in gedruckter Form vorliegen: Der Band *Multireligiosität im vereinten Europa. Historische und juristische Aspekte* (Hrsg. Hartmut Lehmann, Göttingen 2003) stellt vor allem Forschungen am Beginn des 21. Jahrhunderts vor, während besondere Konfliktkonstellationen zwischen christlichen und muslimischen Gruppierungen Schwerpunkt des zweiten Bandes *Koexistenz und Konflikt von Religionen im vereinten Europa* (Hrsg. Hartmut Lehmann, Göttingen 2004) sind. Die Ergebnisse der dritten Tagung, welche die Rolle von Freikirchen und Sekten in den verschiedenen Ländern Europas beleuchtete, werden derzeit für den Druck vorbereitet. Im November 2004 findet eine abschließende Tagung zum Thema „Migration und Religion im Europa von heute“ statt; auch hier ist eine Veröffentlichung der Beiträge geplant. Die genannten Bände sind erschienen im Wallstein Verlag, Göttingen, und im Buchhandel erhältlich.

vitalen nichtchristlichen religiösen Gruppierungen erfasst werden. Hier käme es darauf an, auch bei muslimischen Gläubigen keine summarischen Kategorien zu schaffen, sondern deren Binnendifferenzierung angemessen zu berücksichtigen. Besonders aufschlussreich wären solche Daten, wenn auch die verschiedenen Varianten des Freidenkertums berücksichtigt würden sowie der gesamte Bereich, der in der neueren Literatur zum Teil mit dem Begriff der „Politischen Religion“ beschrieben wird; jene Formen von Gläubigkeit und gläubiger Hingabe also, die sich auf sozialistische und marxistische Ideen sowie auf rassistische, faschistische und nationalsozialistische Vorstellungen beziehen. Ferner wäre es dringend geboten, auch die Wertvorstellungen jener Personen zu do-

kumentieren, die sich von den Kirchen abgewandt haben und für die Religion im traditionellen Sinn keinerlei Bedeutung mehr besitzt.

Schließlich käme es darauf an, sowohl bei einzelnen Personen als auch bei bestimmten Gruppen das Nebeneinander verschiedener Wertbezüge und unterschiedlicher Glaubensvorstellungen zu dokumentieren – das, was sich vielleicht am besten mit dem Begriff „Glaubenskonglomerate“ beschreiben lässt. Wie bereits ein erster Zugriff auf entsprechende Informationen zeigt, orientieren sich fast alle Europäer je nach der gegebenen Entscheidungssituation an verschiedenen Wertsystemen und Verhaltensnormen. Dass schon mit stichprobenartigen Zugriffen auf Daten zu religiöser Orientierung und religiöser Praxis in ausgewählten

Regionen in bestimmten europäischen Ländern viel gewonnen wäre, versteht sich von selbst.

Ebenso klar ist, dass umfassendere Untersuchungen gerade für die politische Bewertung der Koexistenz und der Konflikte zwischen verschiedenen religiösen Gruppierungen im Europa von heute sehr viel wichtiger wären. Denn je differenzierter die Erfassung der entsprechenden Daten ausfällt, desto präziser und sensibler können auch die juristischen Regelungen formuliert werden, die Toleranz und Koexistenz im vereinten Europa sichern sollen.

VIelfalt Sichern – Toleranz Bewahren

Im Rahmen der Forschungsinitiative war es nicht möglich, diese umfassenden Erhebungen vorzunehmen. Wohl aber ist es gelungen, besonders wichtige Aspekte des Themas „Multireligiosität im vereinten Europa“ zu erörtern sowie auf besonders komplizierte Hintergründe dieser Thematik aufmerksam zu machen – gleichsam eine Basis für die oben skizzierten weiteren Forschungen zu schaffen. Auf den Tagungen wurde von allen Wissenschaftlern sehr intensiv diskutiert in der Überzeugung, dass auch und gerade in der Epoche, in der Europa weithin von der Säkularisierung geprägt ist, religiöse sowie religiös-politische Kräfte nicht unterschätzt werden sollten.

Politiker, Juristen, Wissenschaftler und alle in einem vereinten Europa verantwortlichen Kräfte sollten zusammenwirken, damit in Zukunft in Europa ein Höchstmaß an religiöser Toleranz gewährleistet bleibt. Nachhaltigkeit bei der Sicherung religiöser Vielfalt und bei der Bewahrung religiöser Toleranz ist zugleich ein besonders wichtiger Beitrag für eine gute politische, kulturelle und wirtschaftliche Zukunft aller Menschen in einem vereinten Europa.

HARTMUT LEHMANN



Austausch: In der Merkez-Moschee in Hannovers Innenstadt sprechen die Viertklässler einer Grundschule mit dem Besucherführer Soner Durmaz. Im Rahmen des Unterrichts über Weltreligionen wurde den Kindern der Islam erklärt. Der Blick auf andere Kulturen steht auch im Fach „LER“ in Brandenburg auf dem Lehrplan.

Anstoß zur moralischen Entwicklung

In Brandenburg läuft ein bundesweit einzigartiges Experiment: Im Fach „Lebensgestaltung, Ethik, Religionskunde“ ergründen mehr als 65 000 Kinder und Jugendliche ihre Werte und lernen, sie zu begreifen.

WOLFGANG EDELSTEIN, bis zu seiner Emeritierung Direktor am Berliner **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR BILDUNGSFORSCHUNG**, begleitete die Einführung des neuen und mittlerweile verbindlichen Schulfachs.

Eine Gesamtschule irgendwo in Brandenburg, die Jugendlichen frustriert und teilweise schwierig. Sehnsucht nach Autorität und einfachen Lösungen kennzeichnet das Klima. Genau dies bietet das Unterrichtsfach „Lebensgestaltung, Ethik und Religionskunde“ (LER) nicht – und dennoch ist vielleicht nirgendwo anders das „Lagerfach“ so nötig, das Lebensprobleme zum Anlass für grundsätzliche ethische und religiöse Überlegungen nimmt. So löste die Schwangerschaft einer Schülerin eine Debatte über den Schwangerschaftsabbruch aus, die die LER-Lehrerin Anja Dressler in ihrem Unterricht aufgriff.

Das waren sehr erfolgreiche Stunden, an denen sich die Schüler immer engagierter beteiligten, erinnert sich die Pädagogin: „Da in meiner Klasse auch eine religiöse Schülerin war, gab es mehrere Ebenen der Diskussion.“ Dass Schüler wagen, ihre Überzeugungen zu äußern und über sich selbst zu reden, aber auch andere in ihren Überzeugungen zu respektieren, ist eines der ersten Lernziele von „Lebensgestaltung, Ethik und Religionskunde“. Und in einer schwierigen Schülerschaft ist dies schon ein großer Fortschritt. Aber die Ziele von LER sind noch anspruchsvoller: Letztendlich sollen Schüler in Diskussionen mit anderen erkennen, auf welchen Werten ihre Entscheidungen beruhen.

Dass das Fach LER ausgerechnet in Brandenburg konzipiert wurde, ist kein Zufall: Nirgendwo ist die Säkularisierung so weit fortgeschritten wie in diesem Bundesland. Christlich ist nur eine Minderheit, die meisten haben jeden Bezug zu traditionellen Religionen verloren. Mit dem Zusammenbruch des Sozialismus gerieten allerdings auch Werte wie Gemeinschaftsgefühl und Zusammenhalt in Misskredit, und es entstand eine Art Orientierungskrise. Wolfgang Edelstein, der bis zu seiner Emeritierung

Direktor am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in Berlin war, übernahm im Jahr 1996 den Vorsitz im wissenschaftlichen Beirat und begleitete – mit anderen Experten – die Einführung des neuen und verbindlichen Unterrichtsfachs „Lebensgestaltung, Ethik und Religionskunde“.

Die Pilotphase unter Mitarbeit der evangelischen Kirche war zu diesem Zeitpunkt schon abgeschlossen, erste Erfahrungen unter der Federführung des Erziehungswissenschaftlers Achim Leschinsky von der Humboldt-Universität Berlin schon ausgewertet. Ursprünglich sollten sich beide Kirchen an dem LER-Projekt beteiligen und im Rahmen von LER alle Kinder authentisch über Religion unterrichten. Doch die katholische Kirche lehnte dies schon in der Anfangsphase ab, und die evangelische Kirche stieg am Ende der Pilotphase aus und bestand auf einem eigenen, bekenntnisorientierten Unterricht.

REFLEXION FÖRDERT MORALISCHE REIFE

Dabei stützte sich das Konzept von LER auf die Erfahrungen, die Katecheten der evangelischen Kirche in Brandenburg während der DDR-Zeit mit der Christenlehre gemacht hatten. Dieser Unterricht bestand nicht nur aus biblischen Geschichten, sondern lehrte Kinder und Jugendliche auch, ihre eigenen Überzeugungen zu finden, sie zu begründen und auch gegen Widerstände zu ihnen zu stehen. Marianne Birthler, erste Kultusministerin nach der Wende und selbst aus der evangelischen Opposition der DDR, sah hier einen Keim, den man auch in ein säkulares Umfeld verpflanzen konnte. Aus den zwei Themen der Christenlehre „Lebensgestaltung und Religion“ wurden die drei Themenkreise des LER-Konzepts: „Lebensgestaltung, Ethik und Religionskunde“.

Zu jedem dieser Themenkreise entwickelten die Experten des Wissen-

schaftlichen Beirats eine so genannte Basisstruktur, an der sich der Unterricht orientieren kann und die den Stand der einschlägigen Forschung reflektiert. Im Zentrum der Basisstruktur Ethik steht zum Beispiel „Moralität als inneres oder äußeres Regelsystem“, umgeben von Begriffen wie Sozialisation, Autonomie, Gerechtigkeit, Fürsorge, Legitimation und Wertewandel. Im Unterricht haben die Lehrer weitgehend inhaltliche Freiheit. „Ich greife durchaus auch einmal die Stimmung oder die aktuellen Probleme auf“, sagt Anja Dressler. Das sind manchmal konkrete Konflikte zwischen Lehrern und Schülern, aber auch Themen wie die Menschenrechtsverletzungen durch amerikanische Soldaten im Irak oder die Kopftuchfrage interessieren die Jugendlichen und lösen heftige Diskussionen aus.

Das Wort „Ethik“ in LER ist für Wolfgang Edelstein allerdings eher eine Fehlbenennung, die er lieber durch einen Begriff wie „Moralische Entwicklung“ ersetzt hätte. „LER ist kein philosophisches Fach, sondern es geht darin um handlungspraktische Fragen und um das Reflexionsvermögen“, sagt er. Dieses Reflexionsvermögen entwickelt sich bei Kindern und Jugendlichen über mehrere Stufen – im Idealfall bis zu einer reifen Sicht, die im entwicklungspsychologischen System von Lawrence Kohlberg der fünften Stufe der moralischen Entwicklung entspricht. Auf der ersten, präkonventionellen Stufe befinden sich Kinder, die ihre moralischen Entscheidungen durch Gehorsam gegenüber Autoritätspersonen, Furcht vor Strafe oder Hoffnung auf Belohnung begründen. Etwas ältere Kinder sehen moralisches Verhalten als eine Art Austausch, der sich auch für sie selbst lohnt (Stufe 2). Jugendliche erreichen dann die konventionelle Stufe und versuchen, sich so zu verhalten, wie es subjektiv für sie be-

FOTOS: DPA

deutsche Personen von ihnen erwarten und wie es den Regeln entspricht. Sie sind aber auch bereits in der Lage, die Emotionen und Motive anderer zu verstehen und mitzufühlen (Stufe 3).

Auf der nächsten Stufe, die ebenfalls noch konventionell genannt wird, erlangen die Regeln des sozialen Systems entscheidende Bedeutung: Das, was jeder tut und von allen legitim erwartet wird, weil es Gesetz und Ordnung entspricht, ist richtig. Erst auf der fünften, der „postkonventionellen“ Stufe, entstehen ein tieferes Verständnis gesellschaftlicher Regeln, eine Auffassung von Verantwortung und Mitgefühl, die über die unmittelbaren Mitglieder des engeren Kreises hinaus geht, sowie universalistische Ideen von Gerechtigkeit und Moral.

Ein konkretes Beispiel für die moralische Entwicklung von Kindern sind deren Entscheidungen und Begründungen im so genannten Freundschaftsdilemma, das Monika Keller am Berliner Max-Planck-Institut für Bildungsforschung in verschiedenen Kulturen untersucht. Im „Freundschaftsdilemma“ hat ein Kind mit seinem besten Freund/seiner besten Freundin eine Verabredung getroffen, weil die Freundin etwas besprechen möchte, was für sie wichtig ist. Doch dann erhält der Protagonist der Geschichte von einem anderen Kind eine Einladung, die es sehr verlockend findet: zum Beispiel zu einem Kinobesuch. Wie soll er sich verhalten? Was fühlt er, wenn er sich für den Kinobesuch entscheidet? Und wie begründet er seine Entscheidung?

Während Kinder sich noch stark von ihren momentanen Bedürfnissen leiten lassen, können Jugendliche in allen Kulturen sehr gut die Enttäuschung des versetzten Freundes nachvollziehen und verzichten in der Regel lieber auf den Kinobesuch; andere argumentieren sogar schon mit Prinzipien wie: „Ich halte mein Versprechen, denn wenn alle ihre Versprechen nicht halten würden, dann könnten wir nicht miteinander leben.“

„Wir haben die Kohlberg’schen

DER LANGE WEG ZU EINEM NEUEN FACH

- 19. NOVEMBER 1990 → Koalitionsvereinbarung von SPD, FDP und Bündnis 90, „an den Schulen einen breit angelegten Unterricht in Religions- und Lebenskunde durchzuführen, die konfessionelle Unterweisung aber in Verantwortung der Kirchen zu belassen.“
- 28. MAI 1991 → Erstes Schulreformgesetz für das Land Brandenburg (Vorschaltgesetz zum Landesschulgesetz) vom Landtag beschlossen: „Regelungen zum Religionsunterricht bleiben dem Landesschulgesetz vorbehalten“ (§ 26).
- 9. JULI 1992 → Gemeinsames Protokoll mit der evangelischen Kirche regelt Beteiligung der evangelischen Kirche am Modellversuch LER und die Möglichkeit für die Kirchen, Religionsunterricht in eigener Verantwortung anzubieten.
- JULI 1992 → Zur Begleitung des Modellversuchs LER wird eine Projektgruppe am Pädagogischen Landesinstitut Brandenburg (PLIB) eingerichtet; sie soll insbesondere konzeptionell tätig sein, Fort- und Weiterbildung der Lehrkräfte gestalten und realisieren sowie Handreichungen für den Unterricht im Modellversuch LER erarbeiten.
- 1. AUGUST 1992 → Start des „Modellversuchs Lernbereich Lebensgestaltung-Ethik-Religion“ an 44 Schulen der Sekundarstufe I.
- SEPTEMBER 1992 → Auftrag zur Wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs an Achim Leschinsky, damals Max-Planck-Institut für Bildungsforschung, Berlin.
- APRIL 1993 → Gesellschaftlicher Beirat zum Modellversuch LER berufen, Vorsitz: Gert Otto, Universität Mainz.
- AUGUST 1993 → Katholische Kirche sagt Beteiligung am Modellversuch LER ab.
- 23. OKTOBER 1993 → Landesschulbeirat beschließt Forderung nach Einführung eines Pflichtfachs „Lebensgestaltung-Ethik-Religionen“ für alle Schülerinnen und Schüler nach dem Ende des Modellversuchs.
- 1. AUGUST 1994 → „Hinweise zum Unterricht im Lernbereich LER“ vorgelegt.
- APRIL 1995 → „Ausbildungsordnung für die Fort- und Weiterbildung der Lehrkräfte im Modellversuch zum Lernbereich LER“ erlassen; Lehrkräfte erhalten nach Fortbildung und abschließender Prüfung ein Zertifikat; Leistungen werden auf eine Erweiterungsprüfung angerechnet.
- 24. APRIL 1995 → Gesellschaftlicher Beirat befürwortet Einführung von LER als für alle Schülerinnen und Schüler verpflichtenden Lernbereich.
- 9. MAI 1995 → Evangelische Kirche erklärt Nicht-Beteiligung am Schulversuch LER im Schuljahr 1995/96.
- 8. JUNI 1995 → Bericht der wissenschaftlichen Begleitung über den Modellversuch LER öffentlich vorgestellt.
- 9. JUNI 1995 → Kirchenleitung der evangelischen Kirche von Berlin-Brandenburg verabschiedet Abschlussbericht zum Modellversuch LER.
- 19. JUNI 1995 → Abschlussbericht der Projektgruppe am Pädagogischen Landesinstitut Brandenburg zum Modellversuch LER vorgelegt.
- 1. AUGUST 1995 → Fortführung von LER als Schulversuch im Schuljahr 1995/96 an 49 Schulen.
- 26. AUGUST 1995 → Landesschulbeirat erneuert Forderung nach Einführung von LER als Pflichtfach für alle Schülerinnen und Schüler.
- 24. OKTOBER 1995 → Gesetzentwurf der Landesregierung zu einem künftigen Brandenburgischen Schulgesetz im Kabinett beschlossen.
- 1. AUGUST 1996 → Das Brandenburgische Schulgesetz tritt in Kraft; LER ist reguläres Schulfach.
- AUGUST 1996 → Mit Beginn des Schuljahres 1996/97 nehmen an 69 Schulen (der Sekundarstufe I) in mehr als 500 Klassen rund 12 800 Schülerinnen und Schüler den LER-Unterricht auf; 170 ausgebildete Lehrkräfte stehen zur Verfügung.
- DEZEMBER 1996 → Wissenschaftlicher Beirat berufen; das fünfköpfige Gremium soll schrittweise die Einführung von LER begleiten.
- APRIL 1997 → Rahmenplan-Kommission eingesetzt; sie soll bis 2001 einen Rahmenplan für LER entwickeln, der die derzeit verwendeten Unterrichtsvorgaben ablösen wird.
- 4. AUGUST 1997 → Die Zahl der weiterführenden Schulen, an denen LER unterrichtet wird, steigt auf 171, die der Klassen von mehr als 500 auf fast 950. Gleichzeitig verdoppelt sich mit nahezu 24.500 die Zahl der Schülerinnen und Schüler mit LER, die jetzt von 309 Lehrkräften unterrichtet werden.
- SCHULJAHR 1998/99 → Beginn der zweijährigen Erprobung von LER an fünf Grundschulen und zwei Allgemeinen Förderschulen mit mehr als 600 Schülerinnen und Schülern. LER wird jetzt an 276 Schulen in 1665 Klassen der Sekundarstufe I unterrichtet; 42 700 Schülerinnen und Schüler nehmen am Unterricht teil, 521 Lehrkräften gibt es dafür.
- SCHULJAHR 2000/2001 → An 350 Schulen erhalten 65 401 Schülerinnen und Schüler LER-Unterricht, 2368 Schülerinnen und Schüler ließen sich vom Unterricht befreien, 713 Lehrkräfte haben sich dafür weiterqualifiziert.

QUELLE: MINISTERIUM FÜR BILDUNG, JUGEND UND SPORT DES LANDES BRANDENBURG

Stufen in allen Kulturen gefunden, im kommunistischen China ebenso wie im kapitalistischen Island“, sagt Edelstein. Dabei variierten zwar die Begründungen für die jeweiligen Entscheidungen und auch das Alter, in welchem die Kinder bestimmte Stufen erreichen, dennoch sind die Stufen sowohl in östlichen „kollektivistischen“ Gesellschaften als auch in westlichen „individualistischen“ Gesellschaften zu beobachten. Und selbst wenn die Stufen des Urteils das moralische Handeln nicht determinieren, wie eine häufige Kritik moniert, ist die Urteilsstufe, auf der sich die Akteure befinden, keineswegs gleichgültig.

ABSTRAKTE ARGUMENTE BRINGEN NICHTS

Dies zeigte auch das berühmt gewordene Experiment zur Autoritätshörigkeit von Stanley Milgram aus den 1960er-Jahren. Dabei ernannte ein als „wissenschaftliche Autorität“ auftretender Übungsleiter im weißem Kittel freiwillige Versuchspersonen zu „Lehrern“ und erklärte ihnen, dass er mit ihnen ein Experiment zum Thema Lernen durchführen wolle. Hinter einer Wand saßen „Schüler“, die eine Wortliste auswendig lernten, wobei sie der „Lehrer“ für Fehler durch Stromschläge bestrafen sollte. Fast zwei Drittel der Versuchspersonen verabreichten immer stärkere Stromschläge bis hin zu tödlichen 450 Volt, obwohl die „Schüler“ (Mitspieler im Experiment) mit immer stärkeren Klagen und schließlich lautem Schreien reagierten. Zwar fragten die Versuchspersonen den Leiter immer wieder, ob es wirklich nötig sei, die Spannung zu erhöhen, führten aber die Anweisungen trotzdem aus. Und dies, obwohl der Versuchsleiter eigentlich keine Macht über sie besaß. Nur die Versuchspersonen, die sich auf der fünften Stufe der Kohlberg’schen Skala befanden, stiegen aus dem Experiment aus!

LER-Lehrer brauchen fundierte psychologische Kenntnisse, damit sie auf die jeweiligen Entwicklungsstufen der Schüler eingehen können, argumentiert Edelstein. Stufen lassen

sich nicht einfach überspringen; ein Lehrer, der von einem abstrakten philosophischen Verständnis der Ethik her argumentiert, redet häufig an den Schülern vorbei. Und dann verliert der Unterricht seinen eigentlichen Sinn und erreicht die Schülerinnen und Schüler nicht mehr. Dabei berühren Fragen der Lebensgestaltung, der moralischen und – heute deutlich weniger als früher – auch der religiösen Überzeugungen junge Menschen oft zutiefst, und ein anregender Unterricht kann durchaus „Hebammendienste“ bei der Weiterentwicklung ihrer Persönlichkeit leisten. Schüler führen beispielsweise über das oben erläuterte Freundschaftsdilemma sehr intensive Debatten, die aber vom Lehrer verständlich strukturiert werden müssen, damit es einen Effekt des Lernens gibt. Sonst prallen einfach nur die verschiedenen Haltungen – die teilweise durch unterschiedliche Entwicklungsstufen der Kinder zu erklären sind – aufeinander. Aus eigener Erfahrung weiß Anja Dressler, dass durchaus auch einmal eine Stunde „verloren gehen“ kann, indem eine Diskussion ausufert. Aber sie nimmt das Gesagte als Informationssammlung und greift die Themen in der nächsten Stunde wieder auf.

Vor allem in den ersten Jahren sind LER-Stunden manchmal zu einer Art Kummerstunde geraten, kritisiert Wolfgang Edelstein. Der LER-Unterricht soll zwar Themen aus dem Alltag von Jugendlichen aufgreifen, wie Freundschaft oder Beziehungen, aber damit ist nicht gemeint, dass sich der Unterricht im „therapeutischen Gerede“ erschöpft. Unterricht muss den Schülerinnen und Schülern Werkzeuge an die Hand geben, mit denen sie Problemen besser auf den Grund gehen können, fordert der Psychologe.

Leider ist die Psychologische Fakultät an dem neu eingerichteten Studiengang für LER-Lehrkräfte der Universität Potsdam nur wenig beteiligt. Stattdessen werden die LER-Lehrerinnen und –Lehrer an der Philosophischen Fakultät ausgebildet. Damit wird das Fach – entgegen sei-



BESONDERHEITEN VON LER

Alle Schülerinnen und Schüler befassen sich gemeinsam in einem Unterrichtsfach mit Fragen der Lebensgestaltung, mit ethischen Kategorien, Normen und Vorstellungen und erhalten Einblick in religionskundliche Inhalte. Der Unterricht in Lebensgestaltung-Ethik-Religionskunde ist weltanschaulich neutral. LER vermittelt nicht ein religiöses Bekenntnis, sondern Kenntnisse verschiedener Lebensanschauungen, Werthaltungen und Religionen. LER ist insofern zwar bekenntnisneutral, aber nicht wertneutral.

LER ist ein Fach mit einem eigenen, unverwechselbaren Profil und kein Ersatz für Religionsunterricht. Die evangelische Kirche bietet – mit staatlicher Unterstützung – eigenverantwortlich in den Räumen der Schule, die katholische Kirche in ihren eigenen Räumen Religionsunterricht an. Die Teilnahme am Religionsunterricht ist freiwillig. Alle Schülerinnen und Schüler, die im LER-Unterricht sind, können auch am Religionsunterricht teilnehmen. Die Schulen sorgen dafür, dass dies möglich ist und sich niemand zwischen den beiden entscheiden muss. Schülerinnen und Schüler, die nur den bekenntnisorientierten Religionsunterricht wünschen, können sich auf Antrag von LER befreien lassen.

QUELLE: MINISTERIUM FÜR BILDUNG, JUGEND UND SPORT DES LANDES BRANDENBURG
LITERATUR: WOLFGANG EDELSTEIN ET AL., „LEBENSGESTALTUNG – ETHIK – RELIGIONSKUNDE. ZUR GRUNDLEGUNG EINES NEUEN SCHULFACHS“, BELTZ VERLAG, WEINHEIM, 2001

ner Absicht und seiner Struktur – doch wieder zu einem Ersatzfach für den Religionsunterricht gemacht, bedauert der emeritierte Max-Planck-Direktor. Außerdem haben die Kirchen vor Gericht erstritten, dass Kinder sich auf Antrag auch von LER befreien lassen können, sodass christliche Kinder nicht mit den nichtchristlichen gemeinsam über ihre Werte diskutieren müssen. Dabei ist LER eine Art Bündnisangebot, findet Wolfgang Edelstein: „Es bringt einen Rest von Spiritualität an die Schule und vermittelt Schülern wenigstens eine Ahnung davon, dass es ein Leben im Geist gibt, ein Weltbild, das nicht nur materialistisch ist.“

ANTONIA RÖTGER



„Die Balance zwischen Freiheit und Sicherheit wahren“

„Die Freiheit des Glaubens, des Gewissens und die Freiheit des religiösen und weltanschaulichen Bekenntnisses sind unverletzlich. Die ungestörte Religionsausübung wird gewährleistet.“ Was so selbstverständlich in Artikel 4 des Grundgesetzes festgeschrieben ist, verursacht in der Realität zahlreiche Konflikte. Doch **CHRISTIAN WALTER** vom Heidelberger **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR AUSLÄNDISCHES ÖFFENTLICHES RECHT UND VÖLKERRECHT** meint, dass die bestehenden Gesetze ausreichen, mit den Meinungen von Anhängern religiöser Minderheiten umzugehen.

MAXPLANCKFORSCHUNG: Warum ist die Frage der Religionsfreiheit momentan so aktuell?

CHRISTIAN WALTER: Das liegt hauptsächlich an den Problemen, die eine Zuwanderungsgesellschaft mit sich bringt. Durch den Zuzug von muslimischen Mitbürgern entsteht eine starke religiöse Minderheit, die auch Rechte einfordert. Ein anderer Grund ist aber wichtiger: Man unterscheidet verschiedene Formen der Zuordnung von Staat und Religion – oder traditionellerweise Staat und Kirche. In Frankreich und den USA sind beide getrennt, während wir in Deutschland immer von einem Modell der Kooperation und des freundlichen Miteinanders gesprochen haben. Das deutsche Modell hat viele Vorteile, bringt aber auch einige Probleme mit sich: Wir müssen – stärker als das laizistische Frankreich – je nach Einzelfall immer wieder definieren, wo die Religionsfreiheit beginnt und wo sie ihre Grenzen hat.

MPF: Wo liegen die Unterschiede zwischen den drei genannten Ländern?

WALTER: Die auf den ersten Blick ähnlich anmutenden Systeme der Trennung von Staat und Kirche in Frankreich und den USA beruhen auf zwei ganz unterschiedlichen historischen

dagegen nie zu einer Trennung von Staat und Kirche im amerikanischen oder französischen Sinne gekommen.

MPF: Warum hat sich in Frankreich die streng neutrale Haltung des Staates durchgesetzt, die religiöse Symbole in die private Sphäre verbannen will?

WALTER: Die strenge Haltung passt zu der laizistischen französischen Tradition. Es ist aber immer wichtig zu sehen, wer solche Vorgaben formuliert. 1989 war es ein Gericht, der französische Staatsrat, das eine eher liberale Linie anhand der Religionsfreiheit vorgab; nun geht der strenge Kopftuch-Beschluss von der Politik aus, die den Versuch unternimmt, die „wahre Laizität“ durchzusetzen. Man muss nun abwarten, wie die Gerichte auf das neue Gesetz reagieren. Zu einer Überprüfung durch den französischen Verfassungsrat ist es bedauerlicherweise nicht gekommen.

MPF: Unter welchen Voraussetzungen hat sich die Religionsfreiheit in Deutschland entwickelt?

WALTER: Ganz wesentlich für den historischen Prozess waren die Glaubenskriege im 16. Jahrhundert und deren „föderalistische“ Bewältigung. Im Augsburger Religionsfrieden von

bezogen – eine relativ liberale Haltung, insbesondere in Preußen und Österreich. Andere religiöse Gemeinschaften sollten ihren Platz erhalten, und das hatte zum Teil ganz pragmatische Gründe: Man wollte gute Staatsbürger bekommen, egal welchen Glaubens. Das konnten auch französische Hugenotten sein.

MPF: Im Unterschied zu Frankreich, wo der Katholizismus erst Staatsreligion war und dann radikal durch den Laizismus ersetzt wurde...

WALTER: In Frankreich gab es dagegen immer einen sehr zentralistischen Staat, der sich an einer Religion, dem Katholizismus, orientierte und – seit der Aufhebung des Toleranzedikts von Nantes – sehr intolerant agierte. Dem französischen System fehlte ein der deutschen Entwicklung vergleichbares „föderalistisches Ventil“. In der Französischen Revolution kam es dann zur Explosion und – unter Einfluss der Aufklärung – zu einer sehr viel stärkeren Individualisierung als sie der deutschen Entwicklung zugrunde lag, die sich an den Konfessionen und nicht an der individuellen religiösen Überzeugung orientiert hatte. Daneben gab es seit der Revolution einzelne deutlich anti-religiöse Strömungen, die sich in der französischen Entwicklung immer wieder bemerkbar gemacht haben.

MPF: Wie unterschiedlich Frankreich und Deutschland mit dem Prinzip der Religionsfreiheit umgehen, zeigt ja gerade der aktuelle Disput: Während es bei uns um die Frage geht, ob eine verbeamtete Lehrerin mit Kopftuch unterrichten darf, sind die Franzosen viel rigoroser: Sie weiten das Kopftuchverbot auf die Schülerinnen aus.

WALTER: Für die Franzosen ist es selbstverständlich, dass Lehrerinnen an öffentlichen Schulen kein Kopftuch tragen dürfen. Das ist Teil der

Voraussetzungen: Während die Franzosen den Versuch unternahmen, den Staat von der Kirche zu befreien – der Akzent also auf dem Staat liegt –, haben die Amerikaner aufgrund der spezifischen Situation der religiös verfolgten Einwanderer die Perspektive gehabt, die Kirche vom Staat zu befreien, den Akzent also auf die Religion gesetzt. In Deutschland ist es

1555 findet diese Lösung ihren Ausdruck: *Cuius regio, eius religio*. Die Territorialherren sollten entscheiden können, welche Religion ihre Untertanen annehmen. Als Konsequenz musste das Reich in religiösen Fragen neutral bleiben. In Deutschland entwickelte sich im Anschluss in einzelnen Territorialstaaten dann – auf die unterschiedlichen Konfessionen

FOTOS: GABY GERSTER

„Ich meine, man sollte lieber das



Kopftuch erlauben – allerdings sicherstellen,

dass es nicht in einer missionierenden Absicht getragen wird.“

laizistischen Schule, in der auf einer symbolischen Ebene Neutralität gewahrt werden muss. Frankreich ist hier besonders restriktiv, wie der europäische Ländervergleich zeigt: Großbritannien, Belgien, die Niederlande oder Dänemark sind in der Kopftuchfrage eher auf der Linie der Bundesrepublik. Man kann das wohl nur historisch erklären. Auf die katholische Prägung im Ancien Régime folgte in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein anderes ideologisches Ideal: die republikanische Egalité, die bis heute nachwirkt.

MPF: Wie stehen denn die Amerikaner zur Religionsfreiheit?

WALTER: Amerika hat eine liberale Staatstradition, der Staat gilt weniger – er regelt weniger, wird aber auch weniger als schützender Faktor für schwache Individuen tätig. Das trifft auch mit Blick auf die Gefahren von Religion zu. Die Franzosen haben als einziges Land ein Anti-Sekten-Gesetz verabschiedet, in dem sie bewusst gesetzliche Regelungen im Umgang mit Sekten schaffen – gerade, um schwache Individuen zu schützen, die anfällig sein könnten für Sekten. Das wäre in den USA undenkbar.

MPF: Der Rechtsphilosoph Uwe Volkmann von der Universität Mainz plädiert dafür, auch in Deutschland die Grenzen der Religionsfreiheit enger zu ziehen. Es sei an der Zeit, schreibt Volkmann, „die weite Auslegung der Glaubensfreiheit wieder auf sozialverträgliches Niveau zurückzuführen“. Was denken Sie?

WALTER: Ich bin da eher skeptisch, auch wenn man feststellen muss, dass diese Diskussion in der Rechtswissenschaft im Moment intensiv geführt wird. Dabei wird der Vorwurf immer lauter, man habe von 1945 an die Religionsfreiheit übersteigert. Es ist zwar richtig, dass der Schutzbereich weit ausgelegt wurde, das ist

aber bei diesem Grundrecht ganz unvermeidlich. Es erscheint mir auch rechtspolitisch nicht unproblematisch, dass wir jetzt im Umgang mit dem Islam die Grenzen der Religionsfreiheit neu entdecken. Die Debatten um den Kopftuch-Streit zeigen auch: Was an christlich-abendländischer Symbolen vorhanden ist, wird nun als kulturelle Tradition vermittelt, und nicht als Teil der Religion. Beim Islam setzt man dagegen andere Maßstäbe. Ich plädiere dafür, allgemein anwendbare Kriterien für die Religionsfreiheit zu finden. Das Bundesverfassungsgericht hat ja immer wieder betont, dass das Selbstverständnis der Religion von erheblicher Bedeutung für die Bestimmung des Schutzbereichs ist. Dies heißt freilich nicht, dass es keine Grenzen gibt: Das Selbstverständnis muss plausibel gemacht werden und die Schranken der Religionsfreiheit müssen beachtet werden. Beides ist aber schon nach bisherigem Verständnis erforderlich.

MPF: Müssen diejenigen Lehrerinnen, die ein Kopftuch in der Schule tragen wollen, dann auch erklären, warum dies ein Teil ihrer Religion ist – und kein politisches Statement?

WALTER: Wenn man ein Kopftuch tragen will, muss man das begründen, aber man braucht keine definitiven Aussagen über den Inhalt der Religion zu machen. Das wird in Deutschland zum Teil verlangt, ist aber ein Irrweg – stellen Sie sich einmal vor, was passiert, wenn staatliche Gerichte etwa den Koran auslegen wollen. Einige Juristen argumentieren aber

in diese Richtung: Weil es im Islam keine einheitliche, allgemeingültige Lehrmeinung mit Blick auf das Kopftuch gebe, könne man kein entsprechendes religiöses Gebot feststellen. Ich halte das für eine hochproblematische Rechtsauffassung, denn wenn man das konsequent weiterdenkt, gibt es nur im Katholizismus eine einheitliche Lehrmeinung. In den anderen Religionen fehlt es an einer Instanz, die das Gebot verbindlich feststellen kann. Es muss deshalb ausreichen, wenn das behauptete religiöse Gebot von einer hinreichend großen Strömung innerhalb einer Religion als verbindlich angesehen wird. Das muss plausibel gemacht werden, mehr aber nicht.

MPF: Wäre es dann nicht logisch, wenn man Nonnen ebenfalls das Kopftuch im Unterricht verbieten würde?

WALTER: Wenn man das religiöse Symbol in der Schule an sich verbieten will, dann gehört die Ordens-tracht der Nonne ebenfalls dazu. Die Nonnen drücken durch die Wahl ihrer Kleidung aus, dass ihr Leben Gott geweiht ist. Dies auf ein bloßes Traditionssymbol christlich-abendländischer Kultur zurückzustutzen, halte ich für die Bedeutung des Aktes sehr verkürzend. Wenn man religiöse Symbole verbietet, hat das nun einmal auch Konsequenzen für christliche Symbole. Ich meine, man sollte lieber das Kopftuch erlauben – allerdings sicherstellen, dass es nicht in einer missionierenden Absicht getragen wird.

MPF: In Deutschland gibt es keine einheitliche Rechtsauffassung, ob das Kopftuch zulässig ist. Welche Konsequenzen ergeben sich aus dem jüngsten Urteil des Bundesverfassungsgerichts?

WALTER: Das Bundesverfassungsgericht hat den Ländern die Aufgabe zugewiesen, in den jeweiligen Lan-

desgesetzen Kriterien zu entwickeln, unter welchen Voraussetzungen religiöse Symbole wie das Kopftuch erlaubt oder verboten sein sollen. Es wird also keine bundesweit einheitliche Lösung geben. Darüber kann man streiten – ich glaube, es wäre besser, keine neuen Gesetze zu erlassen, sondern die vorhandenen Kriterien im Einzelfall anzuwenden.

MPF: Wie sieht die Rechtslage beim Schächten aus?

WALTER: Es gibt einige neue Urteile dazu, und es gibt die Änderung des Grundgesetzes, nach der der Tierschutz nun ein nach Artikel 20a verfassungsmäßig geschütztes Rechtsgut ist. Die Religionsfreiheit hat deshalb nicht mehr automatisch Vorrang. Allerdings ist das Schächten sowohl nach der europäischen Menschenrechtskonvention als auch nach dem Grundgesetz zulässig, und alle Gerichte gehen davon aus, dass es grundsätzlich unter die Religionsfreiheit fällt. Die entscheidenden Fragen gehen ins Detail: Welche Anforderungen müssen die Metzger erfüllen? Darf man einfach so im Hinterhof schächten? Das Bundesverfassungsgericht hat es den Behörden überlassen, diese Fragen in der Praxis einzuschätzen. Im Übrigen ist noch nicht geklärt, ob das Schächten wirklich schlimmer für das Tier ist als die Betäubung mit einem Bolzenschussautomaten, die in der Praxis offenbar nicht immer ganz einwandfrei funktioniert.

MPF: Anders als im Kopftuchstreit war die Debatte um das Schächten sehr viel sachlicher.

WALTER: Ja, denn es gibt einen entscheidenden Unterschied: Das Schächten ist in der Öffentlichkeit nicht sichtbar, es findet weitgehend im Verborgenen statt – und deshalb ist die Aufregung viel geringer als bei einer Lehrerin, die in der Öffentlichkeit ein Kopftuch tragen möchte.

Beim Kopftuch geht es um die symbolische Wirkung, weniger um ein konkretes Problem. Sonst hätten in Nordrhein-Westfalen muslimische Lehrerinnen nicht über viele Jahre Kopftuch tragen können, ohne dass jemand etwas dagegen gehabt hätte.

MPF: Können wir von unseren europäischen Nachbarn etwas mehr Gelassenheit lernen?

WALTER: Mich hat ein Erlebnis in London sehr beeindruckt: Bei der Ankunft am Flughafen wurde mein Pass von einem Sikh mit Turban kontrolliert. Offensichtlich ist es in Großbritannien kein Problem, dass der erste Repräsentant der britischen Staatsgewalt, dem der Fremde bei der Ankunft begegnet, ein Turbanträger ist. Das spricht für sehr viel Gelassenheit. Angesichts der momentanen deutschen Diskussion kann man sich so etwas hier kaum vorstellen. Wahrscheinlich wird es noch lange keine einheitlichen europäischen Standards bei der Feststellung geben, wie weit die Schranken der Religionsfreiheit zu fassen sind. Es gibt den Mindeststandard der Europäischen Menschenrechtskonvention, der von allen Mitgliedstaaten zu beachten ist. Davon abgesehen werden wir aber weiterhin sehr unterschiedliche Ausgestaltungen haben.

MPF: Noch wird über die Europäische Verfassung gestritten, auch über die Präambel, in der einige Grundwerte zusammengefasst werden sollen. Sollte man in der Präambel das religiöse Kulturerbe Europas festschreiben – oder wäre das eine bloße Worthülse?

WALTER: Präambeln enthalten keine verbindlichen Rechtsregeln. Sie sind aber wichtig als Ausdruck eines bestimmten Zeitgefühls, das für das Verständnis des Textes eine Rolle spielt. Der europäische Verfassungsgeber muss sich entscheiden, ob er den religiösen Bezug will – ich wür-

de es begrüßen. Es kann ja keiner bestreiten, dass es eine religiöse Tradition in Europa gibt. Genauso wenig kann man in Abrede stellen, dass es eine humanistisch-aufklärerische Tradition gibt – und deshalb steht auch diese zu Recht explizit im Entwurf. Ob sich letztlich der religiöse Zusatz gegen das laizistische Frankreich politisch durchsetzen lässt, bleibt abzuwarten.

MPF: Unter dem Deckmantel der Religionsfreiheit versammeln sich in Deutschland auch Islamisten, die das Schutzgebot missbrauchen. Brauchen wir noch strengere Gesetze oder eine Einschränkung der Religionsfreiheit, wie sie etwa der bayerische Innenminister vorschlägt?

WALTER: Nein. Das Problem hat nichts mit unserer Verfassung zu tun, sondern mit einfachen Gesetzen. Es gab im Vereinsgesetz, das die Vereinigungsfreiheit nach Artikel 9 ausgestaltet, bis 2001 das so genannte Religionsprivileg. Damit war die Anwendbarkeit des Vereinsgesetzes auf religiöse Gemeinschaften ausgeschlossen. Auch unter dem Eindruck der Terroranschläge des 11. September 2001 wurde diese Klausel aufgehoben. Wir haben jetzt die Möglichkeit, religiöse Gemeinschaften zu verbieten. Der Bundesinnenminister hat ja bereits bewiesen, dass ein Verbot möglich ist, als er gegen den Kalifatstaat vorgegangen ist. Ich glaube, dass der Gesetzgeber auf die Gefahren des Terrorismus angemessen reagiert hat. Es ist jetzt eher eine Frage der Anwendung der Gesetze. Es ist unübersehbar, dass die Bedrohung durch den internationalen Terrorismus einen „Sicherheitsaktivismus“ begünstigt, der zu erheblichen Beschränkungen der Grundrechte der Bürger führen kann. Es gilt, auch unter den gegenwärtigen Schwierigkeiten die richtige Balance zwischen Freiheit und Sicherheit zu wahren.

INTERVIEW: CHRISTIAN MAYER

Der **Wunderheiler** aus Mexiko

Ein abgerissenes Bein wächst nach, eine zerstörte Leber regeneriert sich wieder: Was wie Zauberei anmutet, ist eine im Tierreich durchaus verbreitete Fähigkeit. Warum können das Menschen nicht? Oder anders gefragt: Werden das Menschen eines Tages können? Antworten darauf suchen Forscher um **ELLY TANAKA** am **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR MOLEKULARE ZELLBIOLOGIE UND GENETIK** in Dresden. Ihr Untersuchungsobjekt trägt den Namen Axolotl und sieht aus wie ein Relikt aus längst vergangener Zeit.

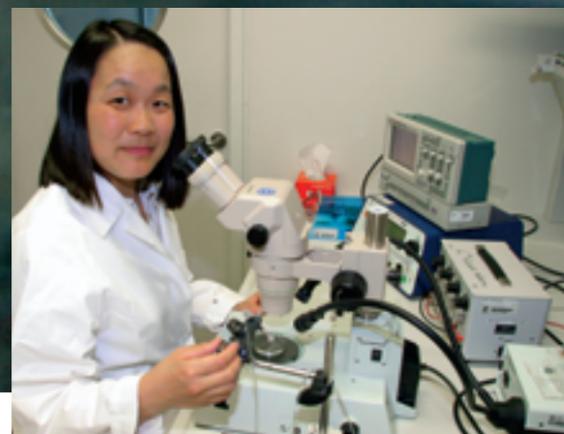
FOTOS: MPI FÜR MOLEKULARE ZELLBIOLOGIE UND GENETIK



Die Tiere gleichen ihrem eigenen Wachsabguss. Gelblich gefärbt, mit rosa, in Büscheln vom Kopf abstehenden Kiemen wirkt der *Axolotl* eigenartig unfertig – so, als hätte eine riesige Kaulquappe vergessen, sich zum Frosch zu entwickeln. Kaum zu glauben, dass die aus Mexiko stammende Salamanderart bereits seit fast 200 Jahren ein attraktives Objekt biologischer Forschung ist. Doch die Verwandten von Molchen und Fröschen haben Fähigkeiten, für die sich Biologen interessieren, seitdem Alexander von Humboldt im 19. Jahrhundert die ersten Exemplare nach Europa mitbrachte (siehe Kasten auf Seite 44).

„Salamander sind in Sachen Regeneration die Champions unter den Wirbeltieren“, sagt Elly Tanaka vom Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik in Dresden. Selbst ein ausgewachsener, fußlanger Axolotl ist noch in der Lage, ein abgeschnittenes Bein, den kompletten Schwanz, ein Stück Kiefer, ein verlorenes Auge oder sogar Teile des Herzens innerhalb weniger Wochen nachwachsen zu lassen.

Das Interesse an dieser verblüffenden Regenerationsfähigkeit der Amphibien wird durch aktuelle Entwicklungen noch verstärkt. Denn auch Menschen besitzen nach neueren Forschungsergebnissen in vielen Organen von der Leber bis zum Gehirn au-



Niedliches Monster: Der Axolotl gehört in Sachen Regeneration zu den Champions – und wird ob dieser Eigenschaft von Forschern wie Elly Tanaka sehr geschätzt.



Bergewöhnliche Zellen, die möglicherweise zur Regeneration fähig sind. Welches Potenzial diese so genannten Stammzellen wirklich haben, muss sich freilich erst noch zeigen (siehe Kasten auf Seite 44). Ein Blick in die Unfallstationen der Kliniken zeigt, dass die menschlichen Reparaturfähigkeiten im Vergleich zum Axolotl normalerweise ausgesprochen begrenzt sind. Die Frage ist deshalb nach Elly Tanaka: „Wenn die Tiere das können, warum können Menschen das nicht?“

Deshalb verfolgen auch eine Reihe von Forschern in den Kliniken, die sich für menschliche Stammzellen interessieren, aufmerksam die Antwort, die Tanakas Dresdner Gruppe zusammen mit einer kleinen Gemeinde aus weltweit einem Dutzend Labors an den Salamander-Verwandten zu geben versucht. Denn auch wenn der Axolotl sich offenbar seit 350 Millionen Jahren nicht groß verändert hat, spricht einiges dafür, dass gewisse Grundprinzipien der Reparatur so alte Erfindungen der Natur sind, dass sie auch im Körper eines Menschen immer noch ganz ähnlich ablaufen – oder besser: ablaufen könnten, wenn nicht Menschen und andere Säugetiere offenbar irgendwann die Fähigkeit zur Regeneration weitgehend aufgegeben hätten. Derzeit wollen Stammzellforscher herausfinden, ob Säugetiere dieses Potenzial endgültig verloren haben, oder ob es lediglich unterdrückt ist –

und vielleicht wieder geweckt werden könnte.

Doch bevor die Forscher Unterschiede und Gemeinsamkeiten zwischen Mensch und Schwanzlurch genauer verstehen, wollen Tanaka und ihre Kollegen erst einmal begreifen, was im Körper eines Axolotl passiert, wenn er beispielsweise nach der Attacke eines Fressfeindes die Hälfte seines Schwanzes verliert. Axolotl können übrigens nicht wie Eidechsen ihr zappelndes Schwanzende selbst abwerfen, etwa um einen Vogel abzulenken, der es auf sie abgesehen hat. Was bei einer Eidechse dann nachwächst, ist nur ein aus Bindegewebe bestehender Pseudoschwanz, dem Knochengerüst und Rückenmark fehlen. Beim Axolotl ist das anders: Wenn das Tier seinen Schwanz verliert, wächst ein komplettes, neues Schwanzende nach – mitsamt Rückgrat, Nerven, Muskulatur und Blutversorgung.

EIN „ZELLKLOSS“ GEWINNT STRUKTUR

An jungen, nur wenigen Zentimeter langen Exemplaren haben Wissenschaftler in den vergangenen Jahrzehnten unter dem Mikroskop mitverfolgt, was bei einer Verletzung im Bereich der Wunde passiert. Der Start ist nicht ungewöhnlich: Dort, wo die Wunde entsteht, verschließen Blutgerinnsel schnell die beschädigten Blutgefäße. Bereits innerhalb von sechs Stunden kriechen Hautzellen

vom Rand der Wunde über die verletzte Stelle und wachsen zu einem dünnen Häutchen zusammen. Unterhalb dieses Häutchens geht es dann auf den ersten Blick ziemlich chaotisch zu: Scheinbar ohne jede Ordnung wandern aus dem am Stumpfende liegenden Gewebe einige 100 bis 1000 Zellen an die Kante des Stumpfes und bilden dort einen un-

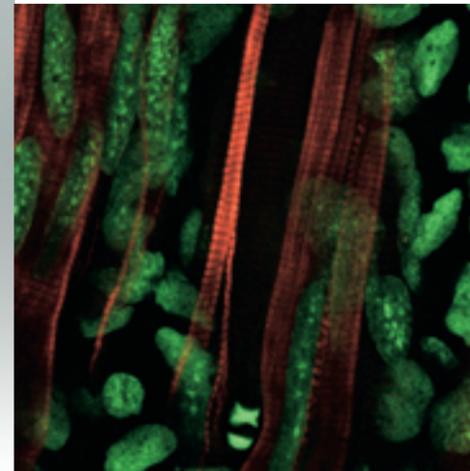


förmigen Zellpfropf, Blastem genannt. Zuerst vermehren sich die Zellen einige Tage, bis es mehr als 100 000 sind. Dann formt sich aus dem ungeordneten Zellkloß innerhalb von zwei Wochen die innere Struktur eines neuen Schwanzes: Rückgrat, Rückenmark und Muskulatur finden ihren Platz. Zwar erreicht er die volle Größe je nach Alter des Tieres erst Monate später, doch der Schwanz ist bereits nach zwei Wochen mit allen Details ausgestattet.

Elly Tanaka kennt diese Phasen genau, Schwarz-Weiß-Aufnahmen

der Mikroskopbilder schmücken auch ihr Büro im Dresdener Labor. Doch was die Gruppe der jungen Amerikanerin jetzt interessiert, lässt sich auch durch das stärkste Mikroskop nicht fotografieren. „Wir wollen wissen, woher die Zellen die Informationen erhalten, was sie zu tun haben“, sagt sie.

Das Endergebnis der Regeneration ist der Beweis, dass es ein perfekt funktionierendes Timing gibt: Er-



▲ Konfokale Rekonstruktion des Schwanzmuskels des Axolotl. Die Muskelzellen sind mit einem muskelspezifischen Myosin-Antikörper rot und die Zellkerne mit einem anderen Farbstoff grün gefärbt. ◀ Durchsichtig wie Glas erscheint der Schwanz eines jungen Axolotl beim Blick durch ein Mikroskop. Hier ist die Unterteilung des knorpelartigen Rückgrats in mehrere Segmente sichtbar; bei noch stärkerer Vergrößerung lässt sich in der umgebenden Muskulatur sogar das Verhalten einzelner Zellen verfolgen.

satzzellen werden zum richtigen Zeitpunkt zur Wunde gerufen, vermehren und entwickeln sich zum passenden Ersatz und hören schließlich auf zu wachsen, wenn das Organ ersetzt ist. Doch woher „weiß“ eine mitten in einem Zellkloß steckende Zelle, wie sie sich zu verhalten hat? Woher weiß sie, dass sie zum Teil eines Schwanzendes und nicht zu einer Kieme heranwachsen soll? Gibt es „jemanden“, der die Planung koordiniert?

Was immer auch die Antworten im Detail sein werden, klar ist schon jetzt: Die Kommunikation spielt eine zentrale Rolle. Regeneration setzt voraus, dass Zellen untereinander eine Vielzahl von Signalen und Informationen austauschen. Und die Vermutung liegt nahe, dass auch die Zellen im Schwanz eines Axolotl die bisher entdeckten, üblichen Kommunikationsmethoden der Natur verwenden. Botschaften werden entweder direkt über Kontakte von Zelle zu Zelle ausgetauscht oder von einem Absender als Moleküle wie Hormone und Botenstoffe auf den Weg gebracht. In diesem Fall besitzen die Empfänger spezielle Antennen (Rezeptoren), die diese Moleküle abfangen können. Das Signal dieser Anlagerung wird dann in das Innere der Empfänger-Zellen eingespeist und

führt dort oft über eine Kaskade von Zwischenschritten und Verzweigungen zu Änderungen des Stoffwechsels und der Genaktivität. Kurz: Die Zelle verändert als Antwort auf das Signal ihr Verhalten und ihre Eigenschaften.

Doch mit dieser allgemeinen Beschreibung ist die Dresdener Max-Planck-Forscherin nicht zufrieden. Sie will wissen, welche Botenstoffe und Rezeptoren Axolotl verwendet und wie die Entwicklungsprozesse miteinander verknüpft sind. „Erst wenn wir die Identität der Botenstoffmoleküle genau kennen, lässt sich vergleichen, ob menschliche Zellen noch dieselben Stoffe benutzen“, sagt Elly Tanaka.

BLUTGERINNUNG LIEFERT STARTSIGNAL

Erste Kandidaten sind bereits identifiziert. Den Stand des Wissens hat Tanaka vergangenes Jahr selbst in einem Artikel für die Fachzeitschrift CELL beschrieben. „Wir wissen, dass die Blutgerinnung den Startschuss für die Regeneration gibt“, erklärt sie. Wenn Blut mit verletztem Gewebe in Kontakt kommt, werden Enzyme aktiviert, die im Serum gelöste Proteine spalten, sodass diese klebrig werden und zu einem Pfropf gerinnen. Diese Gerinnsel setzen offenbar gleichzeitig ein Hormon frei, das den im gesunden Gewebe sitzenden Zellen signalisiert, dass es in der Nachbarschaft etwas zu reparieren gibt, und das diese Zellen gleichzeitig an



ALS JUGENDLICHER ALT WERDEN

Axolotl gibt es in vielen Farben von gelblichem Weiß bis fast Schwarz. Doch alle Farbvarianten stammen ursprünglich von einer einzigen Art ab, die in einem Seen- und Kanalgebiet am heutigen Stadtrand Mexico Citys lebt. In freier Natur gehören Axolotl zu den gefährdeten Tierarten, allerdings nutzen Forscher und Aquarienfremde ausschließlich Nachzuchten.

Was Wissenschaftler an den Tieren fasziniert, ist nicht nur die Fähigkeit zur Regeneration. Hinzu kommt eine biologische Besonderheit, die so genannte Neotenie.

Normalerweise entwickeln sich Amphibien wie Frösche, Lurche und Molche in zwei Stufen: Aus den Eiern schlüpfen Larven, die sich nach einiger Zeit zu erwachsenen Tieren umwandeln – aus Kaulquappen werden Frösche. Doch Axolotl verbringen ihr gesamtes Leben als Larve: Die Tiere behalten die Kiemen und den Flossensaum am Schwanz und leben dauerhaft im Wasser, während andere Salamanderarten irgendwann Lungen entwickeln und als erwachsene Tiere an Land gehen. Axolotl werden sogar als Larven geschlechtsreif und sind ausgesprochen langlebig, 25 Jahre sind in Gefangenschaft durchaus möglich.

Die Ursache der Reifungshemmung ist ein genetisch bedingter Mangel an Reifungshormonen, die normalerweise von der Schilddrüse hergestellt werden. Füttert man Axolotl mit solchen Hormonen, reifen sie zu erwachsenen Tieren heran und gehen wie die nahe verwandten Tigersalamander an Land.

Muskelfasern einen knallroten Farbstoff zu injizieren, der ihr Verhalten nicht beeinflusst. Dann haben die Forscher junge, zwei bis drei Zentimeter lange Tiere betäubt und ihnen dann schmerzfrei ein Stück des Schwanzes abgeschnitten.

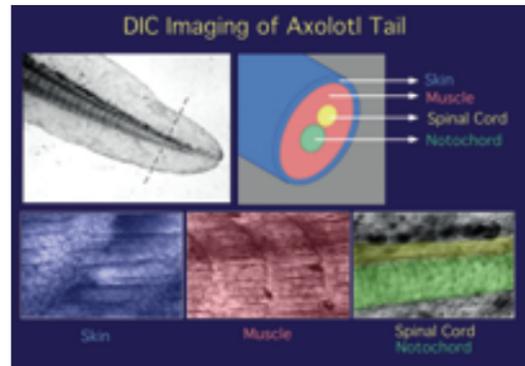
Im intakten Muskel sind normalerweise mehrere Einzelzellen zu einer Riesenzelle, einer Muskelfaser, miteinander verschmolzen. Dank der Färbung konnte die Gruppe beobachten, dass sich eine einzelne verletzte Muskelfaser zuerst zusammenschiebt. Wenn die Faser überlebt, löst sich der Verbund innerhalb von fünf Tagen auf – und die Riesenzelle zer-



den Ort der Verletzung lockt. Noch rätseln die Forscher über die Natur des Stoffs. Aber Tanaka weiß, dass es eine zumindest sehr ähnliche Substanz auch im Blut von anderen Tierarten gibt, etwa bei jungen Horn-tieren wie Kälbern.

„Wir haben dieses Molekül eingegrenzt und hoffen, es in den nächsten Monaten identifizieren zu können“, sagt Tanaka. Spannend wird sein, ob beim Menschen ein ähnliches Hormon existiert und welche Wirkung es gegebenenfalls hat.

Die Forscher wissen bereits, dass Muskel- und bestimmte Nervenzellen Rezeptoren für das Wundsignal besitzen müssen. Bereits vor einigen Jahren konnte Elly Tanaka zusammen mit ihren Mitarbeitern Karen Echeverri und Jonathan Clarke mitverfolgen, wie sich Muskelzellen nach einer Verletzung verhalten. Der Trick: Die Gruppe hatte einen Weg gefunden, einzelnen, noch intakten



Larven von Albinvarianten des Axolotl (oben im Bild ein erwachsenes Tier) eignen sich besonders gut für mikroskopische Untersuchungen, weil kaum Farbstoffe in der Haut den Blick ins Innere blockieren. Speziell ausgerüstete Mikroskope (DIC, „Differential Interference Contrast“) erlauben es, durchsichtige Gewebe wie Haut, Muskulatur oder Rückenmark ohne Farbstoffe voneinander zu unterscheiden.

fällt wieder in etwa ein Dutzend Einzelzellen; die Muskelzellen gehen gleichsam ein Stück ihres Entwicklungsweges zurück. „Dedifferenzierung“ nennen Wissenschaftler diesen Prozess. Und die verjüngten Muskelzellen beginnen anschließend in einer Karawane zur Schnittkante zu

wandern, wo sie zusammen mit anderen Zellen das Blastem im Spalt zwischen verletztem Muskel und Deckhäutchen anwachsen lassen. Dort treffen sie auch auf Vorläufer von Nervenzellen. Diese Zellen entstehen anders als Muskelzellen nicht durch Rückentwicklung von reifen Nervenzellen, sondern rekrutieren sich aus unreifen „Vorläufer“-Zellen, die eingestreut im Rückenmark der Tiere sozusagen ständig in Bereitschaft liegen.

Wenn die Zellen in das Blastem eingewandert sind, müssen sie sich orientieren und untereinander die Aufgaben verteilen. Wo soll Muskel hin, wo soll Nervengewebe entstehen? „Offenbar fällt diese Entscheidung in mehreren Schritten“, vermutet Tanaka. Der erste Schritt scheint zu sein, dass die Muskelabkömmlinge durch kleine Tentakel wieder Kontakt zu ihren Nachbarn aufneh-

STAMMZELLEN

Um die Regenerationsfähigkeit des Menschen gibt es derzeit eine heftige Kontroverse. Seit etwa 1998 berichten eine Reihe von Forschergruppen, dass „adulte Stammzellen“ im Körper von Erwachsenen erstaunliche Fähigkeiten haben. Danach sitzen solche Zellen etwa in Knochenmark, Gehirn, Darm, Muskel, Haut und Leber. Nach einigen bisherigen Schilderungen scheinen insbesondere Stammzellen aus Gehirn und Knochenmark sehr wandlungsfähig zu sein. Im Sommer 2000 berichteten beispielsweise schwedische Forscher, dass sich die Abkömmlinge tierischer Hirn-Stammzellen nahtlos in Herz, Leber, Muskel oder Darm einfügen können. Und im Februar 2001 schilderten US-Wissenschaftler, dass es ihnen gelungen war, aus Blutstammzellen aus dem Knochenmark neue Herzmuskelzellen zu züchten. Mancher Experte hoffte bereits, dass die Fähigkeiten der adulten Stammzellen die Forschung an embryonalen Stammzellen, die aus Embryonen gewonnen werden müssen, überflüssig machen könnte.

Doch mittlerweile gibt es Widerspruch. Mehrere Forschergruppen sind mittlerweile daran gescheitert, aus Blutstammzellen etwas anderes als neue Blutzellen entstehen zu lassen. Noch ist nicht klar, was diese Widersprüche erklärt. Waren da einige Teams anfangs schlicht zu leichtgläubig? Oder gibt es Unterschiede in den Versuchen, die die scheinbar schwankende Wandlungsfähigkeit der Zellen erklären könnte? Diese Fragen gilt es in den nächsten Jahren zu beantworten.

men. Eine Zeitlang haben die Zellen sogar die Fähigkeit, sich auch in ganz andere Zelltypen umzuwandeln. Vor zwei Jahren fanden Tanaka und Echeverri beispielsweise heraus, dass auch die Zellen aus dem Nervensystem sich zu Muskeln und Knorpel umwandeln konnten. Allerdings scheinen solche Rollenwechsel während der Regeneration nur selten vorzukommen: „Offenbar behalten die meisten Zellen eine Erinnerung an ihre Abstammung und nur einige nutzen ihre Plastizität“, sagt Elly Tanaka.

ENTWICKLUNG SCHON FRÜH FESTGELEGT

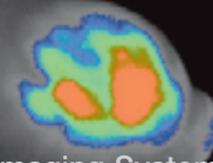
Welchen Entwicklungsweg eine Zelle einschlägt, hängt auch von ihrer Nachbarschaft ab, glaubt die Wissenschaftlerin. Diese Orientierung passiert aber offenbar recht früh. Bereits vor Jahren haben Forscher Blasteme eines Beinstumpfes zu unterschiedlichen Zeitpunkten auf andere Körperregionen eines Axolotl transplantiert. Diese Experimente zeigten, dass schon ein aus nur etwa 10 000 Zellen bestehendes Blastem, das also längst noch nicht ausgewachsen ist, „weiß“, dass es einmal ein Bein werden soll.

Die Kenntnis der Abfolge hilft den Forschern auch dabei, präziser nachzuhaken, warum die Regenerationsfähigkeit von Säugern wesentlich begrenzter ist. Andere Wissenschaftlergruppen haben bereits herausgefunden, dass Zellen im Nervensystem von Säugetieren bestimmte Signalstoffe produzieren, die etwa nach Verletzungen des Rückenmarks gezielt die Regeneration behindern. Werden diese Hormone bei Ratten beispielsweise durch Antikörper gezielt blockiert, können Nervenzellen Rückenmarksverletzungen erheblich besser reparieren. Erste Versuche deuten laut Tanaka darauf hin, dass auch der Axolotl ganz ähnliche Moleküle verwendet, die aber offenbar eine andere Funktion haben. Das ist nur einer der Hinweise, dass tatsächlich ein Rest der Fähigkeiten des Axolotl auch im menschlichen Körper stecken könnten. KLAUS KOCH

HAMAMATSU

solutions for:

- Video Enhanced Contrast Microscopy
- Near Infrared Imaging
- Fluorescence Detection
- Luminescence Detection
- High Resolution Imaging
- **Macroscopic Imaging**
- Imaging Systems
- Automated Microscopic Imaging Systems
- Time Resolved Spectroscopy



Next Generation

AEQUORIA

New darkbox system for timelapse recording.



- Motorized Focus Drive
- 5 pos Emission Filter Wheel
- Ventilation & Guide Through
- Heated Image Plane
- Indirect adjustable Illumination
- All Features Computer Controlled Through RS-23

- In-vivo Luminescence
- Plant/Bacteria Luminescence Observation
- Aequorin Ca²⁺ Measurement
- Non-invasive Cancer Treatment and Observation
- Chemiluminescence and Fluorescence for Blottings/Gels
- In-vivo & In-vitro Fluorescence
- MTP-Reader Applications

Photon is our business

Hamamatsu Photonics Deutschland GmbH

Arzbergerstraße 10, D-82211 Herrsching
Tel.: +49 (0) 8152 375 200, Fax: +49 (0) 8152 375 222
e-mail: info@hamamatsu.de, www.hamamatsu.de

Wie der Stickstoff zum **Leben** kam

Wie kam das Lebenselixier Stickstoff in die „Ursuppe“ – und zwar so, dass es für den Aufbau komplexer Biomoleküle verfügbar wurde? Eine neue Antwort auf diese Frage haben

MARK DÖRR, GÜNTER KREISEL und WOLFGANG WEIGAND von der **FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITÄT JENA** sowie **WILLI BRAND** vom Jenaer **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR BIOGEOCHEMIE** in einem ausgeklügelten Experiment erarbeitet. Für diese Leistung wurde die Gruppe mit dem „Thüringer Forschungspreis 2003“ in der Sparte Grundlagenforschung ausgezeichnet. Im folgenden Beitrag schildern die Wissenschaftler ihr „Kochrezept“.

Geburtswehen: Vor etwa vier Milliarden Jahren braute sich auf der brodelnden Erde die Ursuppe zusammen – der Quell des irdischen Lebens.

Wer hat eigentlich Pflanzen, Tiere und Menschen gemacht? Diese Frage bekommen fast alle Eltern irgendwann zu hören – und blicken dann oft ratlos in die neugierigen Augen ihrer Sprösslinge. Vielleicht, dass sie Zuflucht zu einer der mythischen Erzählungen oder Schöpfungsgeschichten nehmen, die sich die Menschen schon in früherer Zeit angesichts dieser „Urfrage“ eronnen haben. Doch vielleicht auch, dass die Eltern ihren Nachwuchs an einen naturwissenschaftlich beschlagenen Verwandten oder Bekannten verweisen: Der kann zwar diese Frage auch nicht endgültig beantworten, doch immerhin die Szenarien schildern, die heute aus wissenschaftlicher Sicht den Ursprung des Lebens erhellen.

Dabei liegen im Fall der Biologie die Dinge grundsätzlich anders als etwa bei den Astronomen. Deren Forschungsgegenstand – das Universum – ist einst in einem „Urknall“ entstanden: in einem singulären Ereignis, das den Beginn von Raum,

Zeit und Materie markiert und nach heutigem Verständnis keine wissenschaftlich ergründbare Vorgeschichte hat. Hingegen ging dem irdischen Leben eine historische Entwicklung voran – eine zunächst rein chemische und dann „präbiotische“ Evolution, die aus anorganischen Zutaten immer komplexere organische Verbindungen und damit das molekulare Rüstzeug für die ersten einfachen Lebensformen schuf.

DIE URSUPPE AUS DER HEXENKÜCHE

Diese Evolution zum Leben lief vor gut vier Milliarden Jahren auf der noch jungen Erde ab: auf ersten Urkontinenten oder in einem Urozean – und unter einer Uratmosphäre, die eine Hexenküche aus Vulkanismus, heftigen Gewittern, einem Hagel von Meteoriten und Schauern harter ultravioletter Sonnenstrahlung darstellte. In diesem Chaos wurde zusammengebraut, was seit den 20er-Jahren des vergangenen Jahrhunderts als „Ursuppe“ bekannt ist. Die-

sen bildhaften Begriff prägten damals unabhängig voneinander der sowjetische Biochemiker Aleksandr Oparin und der englische Genetiker John Haldane: Sie verlegten, angeleitet durch Darwins Idee vom „warmen, kleinen Teich“, den Ursprung des irdischen Lebens in Pfützen und Tümpel auf der frühen Erde, in deren Wasser sich die Grundstoffe für Biomoleküle anreicherten und unter einer damals noch Sauerstoff-freien Atmosphäre – somit geschützt vor oxidativem Abbau – zu den ersten Bausteinen des Lebens fügten.

„In aller Munde“ kam diese Ursuppe vor 50 Jahren durch den Amerikaner Stanley Miller, Doktorand bei Harold Urey in Chicago. Er veröffentlichte 1953 die Ergebnisse von Experimenten mit einer simulierten urzeitlichen Atmosphäre aus Methan, Wasserdampf, Wasserstoff und Ammoniak, auf die er künstliche Blitze einwirken ließ: Nach einigen Wochen hatten sich im wässrigen Bodensatz der Retorte tatsächlich Aminosäuren und eine Reihe weite-

rer organischer Moleküle gesammelt – potenzielles Ausgangsmaterial für Proteine und andere Funktionsträger des Lebens.

Ähnliche Versuche hatte schon 1913 der deutsche Chemiker Walther Löb durchgeführt und dabei – sowohl über Funkenentladungen als auch unter UV-Licht – aus einem im Wasser gelösten Abkömmling der

ungen auf der frühen Erde entsprach, ist zwar inzwischen fraglich; doch unbestritten bleibt seine Bedeutung als Schlüssel-Experiment. Denn Stanley Miller belegte erstmals, dass auf der frühen Erde aus einigen wenigen, anorganischen Zutaten ein Sortiment an organischen Molekülen und damit Stoff für eine präbiotische Evolution entstehen

aufgebaut auf nur vier molekularen Symbolen, in der sich die Informationen, die in den komplexen Strukturen von Proteinen stecken, festhalten und weitergeben lassen. Dass im Zug der Weitergabe (der Vererbung) dieser molekularen Schriftsätze auch hin und wieder Fehler auftreten, dieser scheinbare Mangel erlaubte das Spiel von Mutation und Selektion –



Foto: ZEFA
Ameisensäure die Aminosäure Glycin erhalten. Doch hatte Löb, der 1916 starb, seine Arbeiten damals nicht (oder noch nicht) ausdrücklich mit der Frage nach dem Ursprung des Lebens verknüpft. Das mag erklären, warum der Forscher in der Folge weithin vergessen wurde – ganz anders als Miller, dessen Ursuppe 40 Jahre später hohe Wellen schlug und reichlich publizistischen Lorbeer erntete.

Ob oder inwieweit Millers Versuch tatsächlich den stofflichen Bedin-

konnte – die dann ihrerseits das irdische Leben in Gang brachte.

Seit Millers grundlegendem Experiment wurde und wird daran gearbeitet, diese präbiotische Evolution in ihren wesentlichen Zügen zu rekonstruieren. Dabei kristallisierten sich zwei Kernprobleme heraus, die heute intensiv diskutiert werden. Das eine hat mit den „informationstheoretischen“ Grundlagen des Lebens zu tun – mit der Frage nach dem Ursprung des genetischen Codes: jener universellen Nukleinsäure-Schrift,

und war entscheidend für die Evolution des Lebens zu immer vielfältigeren und höheren Formen.

Das andere Kernproblem liegt in der Frage, ob sich das erste Leben allein aus den in der Ursuppe enthaltenen Molekülen speiste, sich also „heterotroph“ nährte – oder ob es seine Existenz selbst in die Hand nahm und seinen Energie- und Stoffhaushalt „chemoautotroph“ betrieb, das heißt über Reduktions- und Oxidations-Reaktionen. Und daran knüpft sich die weitere Frage, ob solche

„Redox-Prozesse“ frei im wässrigen Medium der Ursuppe liefern oder durch mineralische Oberflächen – als Katalysatoren – vermittelt wurden.

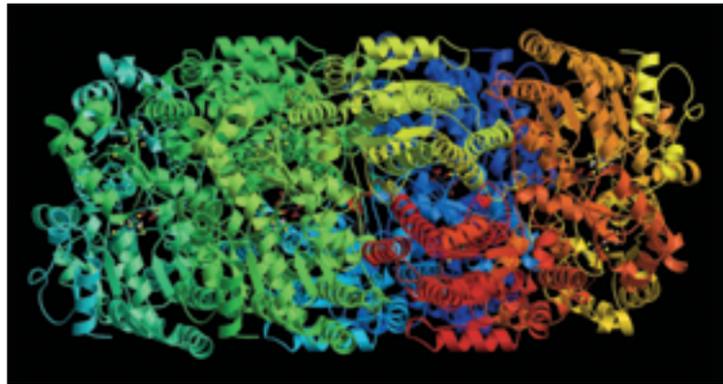
Eine der umfassendsten und originellsten Theorien zum chemoautotrophen Ursprung des Lebens entwarf Ende der 80er-Jahre der Biochemiker und Patentanwalt Günter Wächtershäuser. Ihr Grundgedanke lautet, dass erstes Leben auf oder an Eisensulfid-Oberflächen entstanden ist. Gestärkt wurde diese Theorie durch die Forschungen des Regensburger Biochemikers Karl O. Stetter: Er hatte in spektakulären Tauchfahrten heiße vulkanische Quellen am Grund der Ozeane untersucht und war im Umfeld dieser „black smokers“ auf so genannte Archaeobakterien gestoßen – auf Organismen, die im extremen, „schwefeligen“ Umfeld dieser Schlotte gedeihen und ihr Auskommen finden.

Tatsächlich zeichnet sich frisch gebildetes Eisensulfid (FeS) durch eine große Oberfläche, durch positive Oberflächenladung und ein Reduktionspotenzial aus, das viele Reaktionen gestattet. Besonders interessant ist dabei die Oxidation des Eisensulfids durch Schwefelwasserstoff (H₂S) zu Pyrit (FeS₂): Dabei fällt molekularer Wasserstoff an, der dann die Energie für den Aufbau von Substanzen liefern kann, die an biologischen Stoffwechsel-Prozessen mitwirken. Die Umwandlung von Eisensulfid in Pyrit könnte demnach als Ur-Quelle chemischer Energie für erstes Leben auf der Erde gedient haben.

Dieser Gedanke erscheint um so plausibler, als Eisensulfid auch heute – oder: noch heute – eine tragende Rolle für das Leben spielt. Denn dieses Mineral bildet jeweils in molekularen Portionen das Herzstück eines Enzyms, der so genannten Nitrogenase: Dieser biologische Katalysator befähigt bestimmte Bakterien, die frei im Boden oder dort in Symbiose mit Pflanzen an deren Wurzeln leben, den molekularen Stickstoff (N₂) der Luft in Ammoniak (NH₃) umzuwandeln – und damit eine der Grundlagen für alles höhere pflanzliche und tierische Leben zu schaffen.

Denn Leben hängt von Stickstoff ab, der sowohl für den Aufbau von Aminosäuren und damit Proteinen sowie von Nukleinsäuren unabdingbar ist. Doch den molekularen Stickstoff N₂, obschon er 78 Prozent der Luft ausmacht, können die Pflanzen nicht nutzen, da er ungemein stabil, deshalb sehr reaktionsträge und somit nicht brauchbar für den Aufbau von Biomolekülen ist. Erst über seine Einbindung in Ammoniak – katalysiert durch das Eisensulfid in den bakteriellen Nitrogenasen – wird der

Röntgenographische Aufnahme der Nitrogenase.



Stickstoff in eine reaktivere Form gebracht und kann schließlich von Pflanzen aufgenommen und verwertet werden. Und über diese so genannte Stickstoff-Fixierung in Pflanzen wird er auch für alles tierische Leben verfügbar.

WAS KANN EISENSULFID OHNE PROTEINMANTEL?

Inzwischen leistet der Mensch, um seinen hohen Bedarf an Nahrung zu decken, den Pflanzen Hilfestellung: Über den „Haber-Bosch-Prozess“ werden weltweit pro Jahr rund 100 Millionen Tonnen Stickstoff zu Ammoniak reduziert und als Düngemittel in der Agrarwirtschaft eingesetzt. In dieses technisch aufwändige Verfahren fließen rund ein Prozent des gesamten Welt-Energiebedarfs – ein Sachverhalt, über den sich unsere spezielle Frage nach den ersten Schritten des Lebens mit einem weiteren, höchst aktuellen Problem verquickt.

Die Frage nach den ersten präbiotischen Bausteinen reicht 3,7 bis 4 Milliarden Jahre zurück: War damals,

als es noch kein Leben gab, auch das „nackte“ Eisensulfid – ohne den Proteinmantel der Nitrogenase – in der Lage, Stickstoff zu Ammoniak zu reduzieren und damit dieses Schlüsselement für die Bildung von Biomolekülen greifbar zu machen? Und wenn ja, stellt sich die Frage für die Gegenwart: Lässt sich über Eisensulfid vielleicht ein Weg finden, das aufwändige Haber-Bosch-Verfahren zur technischen Synthese von Ammoniak durch eine weniger energiefordernde Variante abzulösen?

Wir gingen bei unseren Experimenten davon aus, dass die Elemente Eisen und Schwefel auf der frühen Erde reichlich verfügbar waren und dass die Erdatmosphäre damals allenfalls Spuren von Sauerstoff enthielt – der erst nach „Erfindung“ der Photosynthese zu einem wichtigen Bestandteil der Luft wurde. Dementsprechend fällten wir in einem geschlossenen Glasbehälter aus einem geeigneten, wasserlöslichen Eisensalz und Natriumsulfid unter Ausschluss von Sauerstoff frisches Eisensulfid und ließen durch diese dunkle, dickflüssige Ursuppe reinstes molekulares Stickstoffgas perlen, dem wir zuvor jegliche Verunreinigung durch Ammoniak oder andere Stickstoff-Verbindungen entzogen hatten.

Nach zwei bis vier Wochen, in denen rund 1000 Liter Stickstoff durch die Retorte geflossen waren, konnten wir in unserer Ursuppe tatsächlich Ammoniak nachweisen – allerdings in Mengen von nur zwei bis zehn Milligramm. Angesichts dieser geringen Ausbeute von deutlich weniger



Im Labor begeben sich Wissenschaftler auf Spurensuche nach den Zutaten der Ursuppe.

FOTO: MPI FÜR BIOGEOCHEMIE

als einem Millionstel des eingesetzten Stickstoffs ließ sich nicht sicher beurteilen, ob das Ammoniak tatsächlich aus dem eingesetzten Stickstoff entstanden oder aber als Verunreinigung – aus der Luft, den verwendeten Chemikalien oder Komponenten der Apparatur – eingeschleppt worden war.

Um das zweifelsfrei zu klären, musste der Versuch mit markiertem, das heißt mit isotopisch verändertem Stickstoff wiederholt werden. Dieses Verfahren beruht darauf, dass der natürliche Stickstoff der Luft aus zwei stabilen – also nicht radioaktiven – Isotopen dieses Elements besteht: Die Atomkerne des einen enthalten 14, die des anderen, etwas schwereren hingegen 15 Neutronen; in der chemischen Kurzschrift werden diese Varianten als ¹⁴N beziehungsweise als ¹⁵N bezeichnet.

Der Stickstoff der Atmosphäre enthält überwiegend – zu 99,26 Prozent – Moleküle aus zwei Atomen des leichteren Isotops, bezeichnet als ¹⁴N₂. Daneben finden sich zu 0,726 Prozent gemischt-isotopische Stickstoff-Moleküle, also ¹⁴N¹⁵N – und ein kleiner Rest von 0,0054 Prozent des Luftstickstoffs besteht aus Molekülen mit je zwei Atomen des schwereren Isotops, das heißt aus ¹⁵N₂. Das Verhältnis von ¹⁵N zu ¹⁴N ist auf der Erde nahezu konstant; es wird vom Luftstickstoff bestimmt, der 98 Prozent des gesamten Stickstoffs auf der Erde ausmacht.

Rückschlüsse auf die Prozesse erlaubt, denen das Material unterworfen war. Dabei zeigt sich, dass im Rahmen aller möglichen natürlichen Reaktionen die Abweichungen des ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnisses – bezogen auf einen „aus der Luft“ ermittelten, globalen Standardwert – stets innerhalb einer bestimmten, maximalen Schwankungsbreite nach oben oder unten liegen. Das wiederum bedeutet: Eine Substanz, die im Verhältnis der beiden Stickstoff-Isotope deutlich aus diesem natürlichen Rahmen fällt, stammt entweder nicht von dieser Welt – oder entstand in einem technischen Prozess, in dessen Verlauf eines der beiden Stickstoff-Isotope unnatürlich stark angereichert oder von vornherein in „unverhältnismäßiger“ Menge eingesetzt wurde.

Letzteres nutzten wir, um unseren Versuch zu einem eindeutigen Ergebnis zu führen. Das Prinzip bestand darin, natürlichen Stickstoff mit dem selteneren ¹⁵N zu impfen und den so erhaltenen isotopisch veränderten Stickstoff durch unsere eisensulfid-haltige Ursuppe zu leiten: Falls dabei tatsächlich Stickstoff zu Ammoniak umgesetzt wurde, musste die ¹⁵N-Markierung im Reaktionsprodukt Ammoniak wiedergefunden wer-

den – und von eventuell eingeschlepptem Ammoniak mit dem natürlichen ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis klar zu unterscheiden sein.

So einfach und einleuchtend dieses Prinzip erscheint, so schwierig war es praktisch umzusetzen. Zunächst mussten hochreine Ausgangssubstanzen verwendet, dann die Reaktionsbedingungen über mehrere Wochen hinweg konstant gehalten und schließlich ein Weg gefunden werden, das entstandene Ammoniak möglichst verlustfrei aufzufangen.

GERINGE VARIATIONEN – GROSSER AUFWAND

Dazu kam, dass wir nicht mit isotopisch reinem ¹⁵N₂-Stickstoff arbeiten konnten – was vom Prinzip her nahe gelegen hätte. Doch die Herstellung isotopisch veränderter Substanzen ist aufwändig und extrem teuer. Stattdessen setzten wir einer großen Menge an natürlichem N₂ eine kleine Menge ¹⁵N₂ zu und erhielten so ein nur mäßig mit ¹⁵N angereichertes Stickstoff-Gas: Dessen Gehalt an ¹⁵N-Atomen betrug 0,417 Prozent anstelle der in der Natur gemessenen Anteile, die zwischen 0,36 und 0,37 Prozent schwanken.

Das bedeutete, dass es im Rahmen unseres Versuchs darauf ankam, Variationen des Isotopen-Verhältnisses einer Substanz im Bereich von weni-

DER „KLEINE UNTERSCHIED“: δ

Durch natürliche Prozesse wie die Stickstoff-Fixierung oder nachgeschaltete stoffliche Umwandlungen – etwa Nitrifikation, Denitrifikation sowie Transaminierung – kann das ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis geringfügig verschoben werden. In der Natur finden sich Variationen von etwa 0,0036 bis 0,0037. Trotz dieser kleinen Spannweite sind solche Änderungen signifikant: Die präzise Analyse des ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnisses erlaubt Rückschlüsse auf die Prozesse, die diese Änderungen verursachen oder verursacht haben. Da die Variationen so klein sind, wurde eine Methode vereinbart, sie bequem auszudrücken. Die Abweichungen werden relativ zu einem internationalen Standard angegeben, und zwar nach der Gleichung

$$\delta_{(15/14)} = \left(\frac{^{15}\text{R}_{\text{sa}}}{^{15}\text{R}_{\text{st}}} - 1 \right) \cdot 1000.$$

Dabei bezeichnet ¹⁵R_{sa} das Verhältnis der Anteile ¹⁵N und ¹⁴N in einer Probe, und ¹⁵R_{st} steht für den entsprechenden Wert im Standardmaterial. Den internationalen Standard für das ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnis liefert der Stickstoff der Atmosphäre, der sich wegen der Größe des Reservoirs als konstant und über den Globus homogen verteilt erweist. Der Wert δ wird in Promille ausgedrückt. Die oben angegebene Variation von einer Einheit in der vierten Stelle nach dem Komma entspricht grob einer Veränderung des δ-Werts von ± 15 Promille.

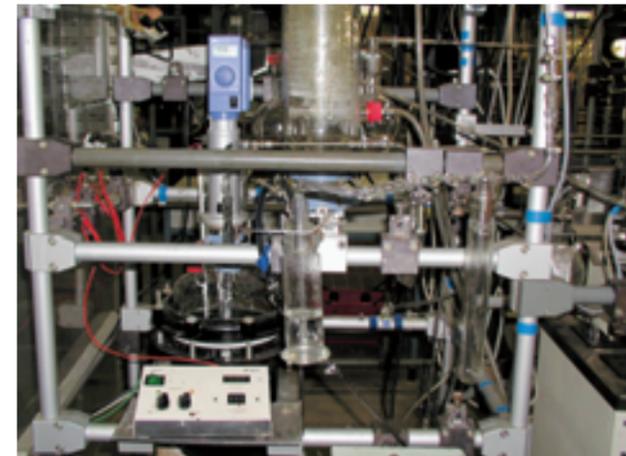
gen hundertstel Prozent sicher zu erfassen. Solche Messungen erfordern hoch spezialisiertes und entsprechend aufwändiges Gerät – dabei vor allem ein Isotopen-Massenspektrometer, mit dem sich über hinreichend oft durchgeführte Vergleichsmessungen zwischen einem isotopisch bekannten Standard-Gas und dem zu analysierenden Probegas die erforderliche Genauigkeit der Isotopen-Bestimmung erzielen lässt.

Über solche Präzisionsinstrumente verfügt das Isotopen-Labor, das seit

1998 unter der Leitung von Willi Brand am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena aufgebaut wurde: Dort ist man in der Lage, ¹⁵N/¹⁴N-Verhältnisse in organischen Substanzen mit einer relativen Präzision von 0,0001 zu bestimmen – entsprechend einem absoluten Fehler von 0,00000037 oder, in Delta-Notation, von 0,1 Promille (Kasten auf S. 49).

Um zusätzlich zu dieser messtechnischen Genauigkeit sicher zu gehen, wiederholten wir das Experiment mit isotopisch verändertem Stickstoff

mehrmals mit jeweils leicht veränderten Parametern. Das erforderte einiges an Geduld und Ausdauer, da jedes einzelne Experiment zwei bis drei, manchmal aber sogar vier Monate dauerte. Doch diese Mühe wurde belohnt. Denn die Analysen des nach jeweils mehrwöchigem „Köcheln“ aus unserer Ursuppe isolierten Ammoniaks belegten, dass er zumindest zu einem wesentlichen Teil aus dem eingesetzten Stickstoff entstanden sein musste – also unter der katalytischen Wirkung des Eisensulfids.



Mit dieser Apparatur bestimmen Forscher das Verhältnis von Stickstoff-Isotopen.

Was stabile Isotope über ihre Verhältnisse verraten ...

Die Verhältnisse der stabilen Isotope innerhalb einer Substanz können als unveränderliche Stoffeigenschaft gelten – sofern nicht im Zug der Prozesse, die man studieren möchte, das eine oder andere Isotop bevorzugt wird und damit eine so genannte Isotopen-Fraktionierung auftritt. Das kann bei einem Phasenübergang geschehen, wie etwa bei der Verdampfung von Wasser. Bei diesem Vorgang machen die Wassermoleküle, die schwere Isotope des Wasserstoffs oder Sauerstoffs enthalten – also Deuterium sowie ¹⁷O oder ¹⁸O – nicht ganz so „eifrig“ mit wie die Moleküle, die aus „leichtem“ Wasserstoff und dem häufigsten und leichtesten Sauerstoff-Isotop ¹⁶O bestehen.

In der Gasphase (im Wasserdampf) findet man dementsprechend eine Abreicherung, in der verbleibenden flüssigen Phase (im Wasser) hingegen eine Anreicherung der isotopisch schwereren Moleküle. Ähnliches spielt sich bei der Kondensation von Wasser aus Wolken ab. Und deshalb ist Niederschlag meist leichter als das Ausgangswasser im Ozean. Dieser Effekt ermöglicht es, detailliert Aufschluss über Klimaschwankungen der vergangenen 800 000 Jahre zu erhalten: Man erbohrt dazu Eiskerne in Grönland oder der Antarktis und bestimmt die Isotopenverhältnisse des Eises.

Ein weiteres Beispiel liefert die Fixierung von Kohlenstoff in Pflanzen. Im Rahmen der Photosynthese wird aus Kohlendioxid (CO₂) und Wasser Glukose erzeugt. Dabei verschiebt sich in mehreren Diskriminierungsschritten das ursprüngliche Verhältnis der Kohlenstoff-Isotope ¹³C und ¹²C des Kohlendioxids um 18 Promille zu Gunsten des leichteren ¹²C. Da alle organische Materie auf der Erde primär über Photosynthese entsteht, ist ihr Kohlenstoff-Anteil um einen entsprechenden Betrag leichter als der des Kohlendioxids der Luft – und deshalb auch wird im Frühling und Sommer, unter verstärkter Photosynthese, das Kohlendioxid der Atmosphäre schwerer, im Winter dagegen wieder leichter. Außerdem, weil auch fossiler Kohlenstoff einst durch Photosynthese entstanden ist, gelangt mit der Verbrennung fossiler Energieträger leichteres Kohlendioxid in die Luft.

So ist seit Beginn der Industrialisierung vor 200 Jahren das Kohlendioxid der Atmosphäre isotopisch leichter geworden – sein ¹³C/¹²C-Verhältnis hat sich

um 1,5 Promille verringert. Dabei gibt die Einheit „Promille“ die relative Änderung des Isotopen-Verhältnisses gegenüber dem ursprünglichen Wert an: 1,5 Promille entsprechen somit einer Änderung des ¹³C-Anteils von zum Beispiel 1,1000 auf 1,0984 Prozent.

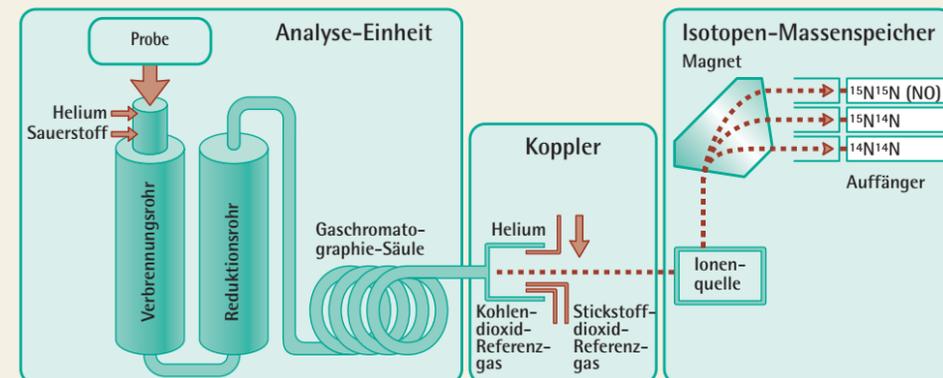
... UND WIE MAN DIESE VERHÄLTNISS E MISST

Kleine Verschiebungen von Isotopenverhältnissen des Sauerstoffs, Kohlenstoffs, Wasserstoffs oder – wie im „Ursuppen-Versuch“ – des Stickstoffs zu ermitteln setzt aufwändige, hoch spezialisierte Geräte voraus. Solche Analysen erfordern immer einen chemischen Schritt von der Originalprobe zu einem einfach zu analysierenden Gas, das dann mit einem Isotopen-Massenspektrometer analysiert wird – wobei dieses Spektrometer hinreichend oft Vergleichsmessungen zwischen dem unbekanntem Probegas und einem isotopisch bekannten Standardgas erlauben muss.

Wir haben in den vergangenen Jahren am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena ein solches spezialisiertes Labor installiert: Es setzt uns in die Lage, das Verhältnis der Stickstoff-Isotope ¹⁵N und ¹⁴N aus organischen Verbindungen bis auf 0,1 Promille genau zu bestimmen – und dementsprechend auch, wie im „Ursuppen-Versuch“ gefordert, geringfügige Verschiebungen dieses Verhältnisses zu erfassen.

Die Proben werden in Behälter aus Reinstzinn-Folie eingewogen und in einen Autosampler eingebracht. Von dort fallen die Proben in ein Verbrennungsrohr, das permanent von Helium und – zur Verbrennung der Proben – zeitweilig von Sauerstoff durchströmt wird. Aus organischen Verbindungen entstehen so Kohlendioxid (CO₂), Wasser (H₂O), Stickstoff (N₂) und verschiedene Stickoxide (NO_x): Sie werden durch den Heliumstrom über ein mit Reinstkupfer gefülltes Reduktionsrohr – zur Reduktion der Stickoxide sowie zur Entfernung überschüssigen Sauerstoffs – und eine Wasserfalle in eine Gaschromatographie-Säule geführt. In ihr werden die verbliebenen Gase zeitlich getrennt: N₂ verlässt die Säule zuerst, und etwa 30 bis 40 Sekunden später folgt das CO₂. Über eine Kopplung wird sodann ein kleiner Teil – etwa 0,5 Prozent – des

Analysen-Gases in die Ionenquelle des Massenspektrometers eingebracht. An der Kopplungsstelle wird außerdem zeitlich vor und nach der Probe ein reines Referenzgas mit bekannter isotopischer Zusammensetzung in den Heliumstrom injiziert. Die in der Ionenquelle erzeugten, einfach geladenen N₂⁺-Ionen werden im Vakuum beschleunigt, dann im Feld eines Magneten entsprechend ihren unterschiedlichen Massen unterschiedlich abgelenkt – somit nach Isotopen „sortiert“ – und schließlich in getrennt positionierten Auffängern als „Ionenströme“ erfasst, gesammelt und ausgewertet. Jede Messung erfordert eine Probenmenge von etwa 300 Mikrogramm. WILLI BRAND



Ausgehend von der recht sicheren Annahme, dass bei der Bildung von Ammoniak in unserer Ursuppe keine nennenswerte Isotopen-Fraktionierung stattfand, erwarteten wir, die ¹⁵N/¹⁴N-Signatur von 138 Promille im Ammoniumsulfat wiederzufinden; sollte hingegen der aus dem Versuch isolierte Ammoniak aus Verunreinigungen stammen, hätten wir eine Isotopen-Signatur innerhalb des natürlichen Variationsbereichs – also innerhalb etwa ±15 Promille um den „atmosphärischen“ Wert – erwartet. Mehrere Versuche lieferten jedoch eine Signatur zwischen 40 und 65 Promille: Daraus konnten wir schließen, dass ein erheblicher Teil des Ammoniaks tatsächlich aus dem eingesetzten Stickstoff gebildet wurde – und zwar zu einem Anteil zwischen 29 und 47 Prozent, wenn man einen vernünftigen Wert von 0 Promille für die natürlichen Ammoniak-Quellen in unserer Apparatur zu Grunde legt.

WAS GESCHIEHT AUF MOLEKULARER EBENE?

Dieser Befund wirft für den Chemiker zunächst die Frage nach dem bislang völlig unbekanntem Mechanismus auf, über den der molekulare Stickstoff an der Oberfläche des Eisensulfids zu Ammoniak reagiert. Zu wissen, was im Zug dieser Reaktion auf molekularer Ebene geschieht, könnte allgemein Einblick in die Aktivierung kleiner Moleküle an be-

stimmten Oberflächen liefern. So arbeiten wir derzeit daran, die Bedingungen für die Reduktion von Stickstoff zu optimieren. Zum einen verwenden wir definierte Nanopartikel aus Eisensulfid, die relativ zu ihrem Volumen eine besonders große Oberfläche und zudem eine besondere Oberflächenbeschaffenheit aufweisen; zum andern prüfen wir, ob Mischsulfide – wie etwa Eisen-Molybdän-, Eisen-

Vanadium- oder Eisen-Nickel-Sulfide – die Reaktivität und damit die Ausbeute an Ammoniak erhöhen. Vielleicht eröffnet sich dadurch ein Weg zur Umgehung oder wenigstens zum teilweisen Ersatz der energieaufwändigen Haber-Bosch-Synthese.

Was die andere, im wahrsten Sinn des Wortes „ursprüngliche“ Frage angeht, auf die unser Experiment abzielte: Der Urozean enthielt nach Meinung der Geowissenschaft reichlich Eisensulfid, solange noch kein Sauerstoff für dessen Oxidation zu Eisenoxid und Schwefeldioxid zur Verfügung stand. Also könnte die in unserem Experiment nachgewiesene Bildung von Ammoniak durch Katalyse an Eisensulfid durchaus zu dem Grundstock an aktiviertem und damit „verwertbarem“ Stickstoff beigetragen haben, der für die Entstehung des Lebens notwendig war. Und dieser Beitrag könnte angesichts des riesigen Volumens des Urozeans sowie eines Zeitraums von einigen 100 Millionen Jahren präbiotischer Evolution durchaus maßgeblich gewesen sein.

Ob es tatsächlich so war, ist eine andere Frage – und bleibt Gegenstand weiterer Forschungen. Dass es aber, wenn nicht anders, auf diese Weise jedenfalls möglich war, den Stickstoff als „Lebenselixier“ zu erschließen: So viel kann man den neugierigen Sprösslingen, sollten sie wieder einmal nach dem Ursprung des Lebens fragen, jetzt guten Gewissens sagen ...



Dr. WILLI A. BRAND (Jahrgang 1950) studierte von 1971 bis 1979 Chemie an der Universität Bonn. Nach seiner Promotion im Jahr 1981 ging er als Post-Doc unter anderem an die University of North Carolina. Von 1984 bis 1998 arbeitete er als Projektmanager bei Finnigan MAT in Bremen und entwickelte diverse Massenspektrometer. Seit 1998 ist er Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Biogeochemie in Jena.



Dr. MARK DÖRR (geboren 1969) studierte von 1990 bis 1998 Chemie und Biologie zunächst an der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz, danach an der Friedrich-Schiller-Universität Jena. Nach seinem Diplom promovierte er im Jahr 2004 in der Arbeitsgruppe von Wolfgang Weigand zum Thema „Aktivierung von Stickstoff an Eisensulfidoberflächen – ein präbiotisches Nitrogenasmodell?“.



Prof. GÜNTER KREISEL (Jahrgang 1947) studierte von 1965 bis 1970 Chemie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena, promovierte 1977 und habilitierte sich 1985. Von 1991 bis 1997 war er Geschäftsführender Direktor des Instituts für Technische Chemie. Im Jahr 1997 wurde er zum apl. Professor an der Jenaer Universität ernannt.



Prof. WOLFGANG WEIGAND (geboren 1958) studierte Chemie an der Ludwig-Maximilians-Universität München). Nach seiner Promotion 1986 schloss sich ein Post-Doc-Aufenthalt an der ETH Zürich an. Im Jahr 1994 habilitierte er sich und folgte 1997 einem Ruf auf eine Professur der Anorganischen Chemie an der Friedrich-Schiller-Universität Jena.

FOTOS: MPI FÜR BIOGEOCHEMIE/ILLUSTRATION: ROHNER

Spurensuche im deutschen Oxford

Dahlem ist mehr als ein Mythos: An kaum einem anderen Ort in Deutschland wird Wissenschaftsgeschichte in all ihren Facetten – auch den bedrückenden – so lebendig wie in dem Berliner Stadtteil. Wer mit **ECKART HENNING**, Direktor des **ARCHIVS ZUR GESCHICHTE DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT**, durch die „Domäne“ spaziert, begibt sich auf eine Zeitreise und spürt den Pioniergeist bedeutender Forscher.

Dahlem ist eine Welt für sich, ruhender Pol am Rand der Millionenstadt. Vom Berliner Zentrum, etwa vom hektischen Potsdamer Platz oder dem imposanten Regierungsviertel, scheint der beschauliche Stadtteil Lichtjahre entfernt. Besonders wenn an der Freien Universität während der Semesterferien der Strom der Studenten ausbleibt, die in die auf dem großzügigen Areal verstreuten Institute drängen. Die Dorfkirche St. Annen vor Augen oder vom historischen S-Bahnhof Lichterfelde West kommend, fühlt man sich an solchen Tagen plötzlich in vergangene Zeiten zurückversetzt.

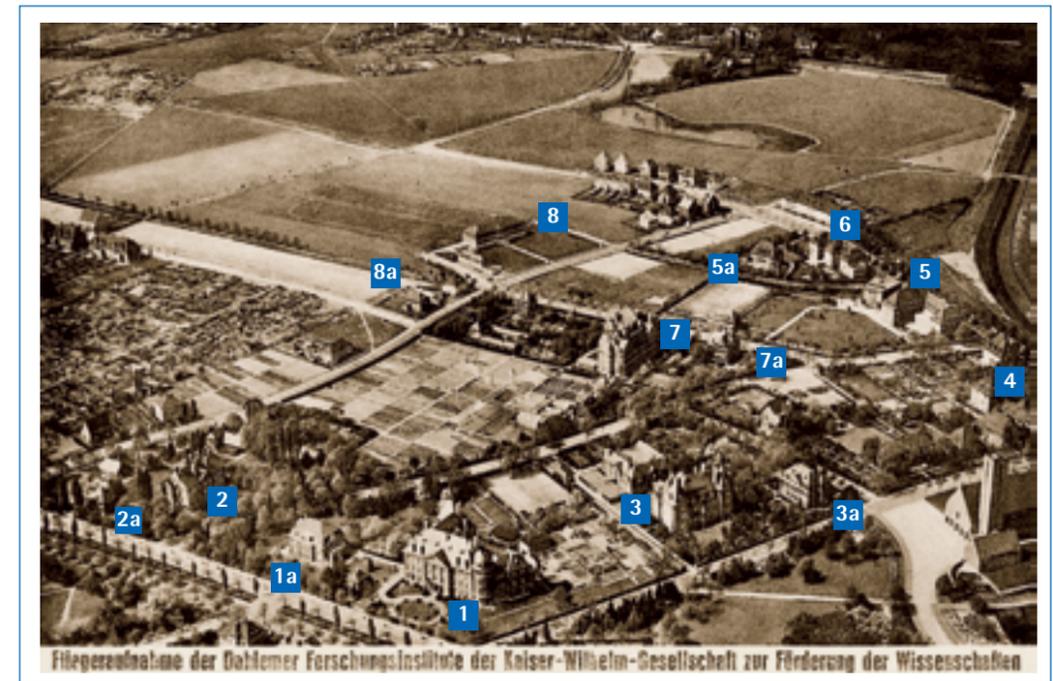
Vor 100 Jahren war es diese Randlage zur Reichshauptstadt, die den Standort Dahlem für die Gründerväter der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft attraktiv machte. Binnen weniger Jahre sollte hier, wo im 19. Jahrhundert Schafe weideten und Kartoffeln angebaut wurden, ein intellektuelles Zentrum entstehen. Der deutsch-amerikanische Historiker Fritz Stern hat es einmal so umschrieben: „Dahlem war eine Art deutsches Oxford, reich, voller oft exzentrischer Begabungen, abgelegen vom Getriebe der Großstadt und doch am Ende einer Untergrund-Linie gelegen, die es mit dem Zentrum der Hauptstadt verband.“

Das schnelle Wachstum der Forschungslandschaft auf der grünen Wiese in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts ist auch heute noch verblüffend. Und gerade in einer wirtschaftlich schwierigen Zeit, in der über Eliteförderung und über die Stärkung des Forschungsstandorts

Deutschland diskutiert wird, fasziniert der Pioniergeist von Dahlem.

Es lohnt sich also in doppelter Hinsicht, auf den Spuren derjenigen zu wandeln, die in Dahlem lebten, forschten und in einer für Deutschland einzigartigen *scientific community* zusammenfanden. Zum einen ist hier noch heute der Ursprung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und ihrer Nachfolgerin, der Max-Planck-Gesellschaft, zu besichtigen. Zum anderen bekommt man an diesem geschichtsträchtigen Ort, an dem Nobelpreisträger wie Fritz Haber, Albert Einstein, James Franck, Adolf Butenandt, Otto Hahn oder Werner Heisenberg ihre Spuren hinterlassen haben, eine Ahnung davon, warum Dahlem als Brutstätte neuer Ideen und bedeutender Entdeckungen in den Jahren vor dem Zweiten Weltkrieg so außerordentlich erfolgreich war – bis die Entlassung nichtarischer Wissenschaftler und die Instrumentalisierung einiger Institute während der NS-Diktatur der ruhmvollen Geschichte der Dahlemer Forschungsidylle ein jähes Ende bereitete.

Kaum einer kennt sich im deutschen Oxford so gut aus wie Eckart Henning, seit 1984 Direktor des Archivs zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft. Der Archivar und Wissenschaftshistoriker führt den Gast zu Beginn seines Rundgangs zunächst an seine heutige Arbeitsstätte: in das einstige Kaiser-Wilhelm-Institut für Zellphysiologie in der Boltzmannstraße 14. Seit 1978 befindet sich hier das zentrale Archiv der Max-Planck-Gesellschaft, in dem Nachlässe



Luftaufnahme der Dahlemer Forschungsinstitute der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, zwischen 1931 und 1935. 1: KWI für Chemie 1a: Direktorenwohnhaus 2: KWI für Biochemie (früher KWI für experimentelle Therapie) 2a: Direktorenwohnhaus 3: KWI für physikalische Chemie und Elektrochemie; jetzt Fritz-Haber-Institut der MPG 3a: Direktorenwohnhaus 4: Silikatforschung 5: Harnack-Haus 5a: Direktorenwohnhaus 6: KWI für Anthropologie 7: KWI für Biologie 7a: Direktorenwohnhaus 8: KWI für Zellphysiologie 8a: Direktorenwohnhaus.

FOTOS: ARCHIV ZUR GESCHICHTE DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

bedeutender Wissenschaftler und Nobelpreisträger-Sammlungen, aber auch Unterlagen ehemaliger Kaiser-Wilhelm- und Max-Planck-Institute aufbewahrt werden. Der Geist des Institutsgründers Otto Heinrich Warburg, Spross einer jüdischen Familie, deren Mitglieder es in Hamburg zu angesehenen Bankiers brachten, ist überall im Haus spürbar. Und wenn Henning an seinem Schreibtisch sitzt, sieht er in zwei Augenpaare an der Wand: Auf der einen Seite hängt ein Porträt Kaiser Wilhelm II., der die Förderung der Naturwissenschaften zu einer Hauptaufgabe seiner Regierung machte; auf der anderen das Bildnis Warburgs. Der Zellforscher, 1931 für seine Entdeckung der Wirkungsweise des Atmungsferments mit dem Nobelpreis für Physiologie und Medizin ausgezeichnet, arbeitete von 1914 bis zu seinem Tod 1970 in Dahlem. Zunächst Abteilungsleiter des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Biologie, gelang es ihm nach mehreren USA-Reisen, die Rockefeller-Foundation in New York im Jahr 1929 zur Stiftung eines eigenen Instituts zu bewegen.

Zentrales Archiv im „Turm der Blitze“

Eckart Henning sieht das Dahlemer Archiv als eine Brücke zwischen Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und Max-Planck-Gesellschaft. Beispielhaft für die Kontinuität deutscher Grundlagenforschung steht der Institutsgründer, Wissenschaftsmanager und Nobelpreisträger Otto Warburg, der als „jüdischer Mischling ersten

Grades“ stark gefährdet war und die letzten Kriegsjahre im Schloss Seehaus bei Liebenberg in der Uckermark verbrachte. „Er war nie in der Lehre tätig, er wollte sich lieber wie seine Vorbilder auf zentrale Forschungsfragen konzentrieren“, erläutert Henning bei der Besichtigung der Bibliothek, die fast genau so aussieht wie vor 70 Jahren. Warburg hatte sehr genaue Stilvorstellungen, was sein Haus betraf. Als der Münchner Architekt im Dezember 1929 seinen funktionalen Entwurf nach Berlin schickte, antwortete der Forscher: „Warum soll ein wissenschaftliches Institut wie eine Fabrik aussehen? Warum soll man nicht ästhetische Freude empfinden, so oft man es betritt?“ Letztlich wurde das Institut für Zellphysiologie ganz im Stil eines märkischen Gutshauses aus dem 18. Jahrhundert gebaut.

Ästhetische Freude empfindet heute der Besucher, der das Warburg-Haus betritt; und das gilt auch für den „Turm der Blitze“ auf dem angrenzenden Gelände des ehemaligen Kaiser-Wilhelm-Instituts für Physik. Der massive Turm, in dem früher ein hochmoderner Teilchenbeschleuniger untergebracht war, dient seit 1999 auf fünf Stockwerken als Magazin des zentralen Archivs der Max-Planck-Gesellschaft. „Für uns war der Umbau ein Glücksfall“, sagt Henning, der das Projekt entscheidend vorangetrieben und mit viel Liebe zum Detail den „Turm der Blitze“ in ein modernes Archiv umgewandelt hat.

Das Warburg-Haus ist der Ausgangspunkt für den Spaziergang durch Dahlem. Hier finden sich Dokumente und Fotografien, die an zwei energi-

sche Gründerfiguren erinnern: Friedrich Althoff (1839 bis 1908), der als einflussreicher Ministerialdirektor im preußischen Kultusministerium darauf drang, in Dahlem nicht nur Privatvillen bauen zu lassen, sondern das Gelände zur Gründung einer Forschungslandschaft zu nutzen. Ohne Althoff wäre die Domäne Dahlem vielleicht unter den meistbietenden Grundstückskäufern aufgeteilt und nur in eine Villenkolonie verwandelt worden. Neben Althoff ist vor allen anderen der erste Präsident der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Adolf von Harnack (1851 bis 1930), als treibende Kraft des Dahlemer Forschergeists zu nennen.

In einem der Säle hat Eckart Henning ein kleines Museum eingerichtet: Neben den Nobelpreisurkunden der Präsidenten Carl Bosch und Adolf Butenandt ist hier ein Teil der Bibliothek von Max Planck zu sehen. Beeindruckend auch die originalen Messinstrumente, mit denen Otto Hahn und Lise Meitner in den 1930er-Jahren am Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie ihre Radioaktivitätsforschung betrieben. „Was uns noch fehlt, ist eine Gedenktafel für die Emigranten, die nach 1933 ihre Institute verlassen mussten, weil sie jüdischen Glaubens waren. Die gehört unbedingt in dieses Haus und muss die provisorische Liste ersetzen“, sagt der Archiv-Direktor.



„Jüdischer Mischling ersten Grades“: Otto Warburg, Entdecker des Gärungsstoffwechsels der Krebszelle und Nobelpreisträger.

Wer sich im Gewirr der Nebenstraßen von Dahlem nicht gleich zurechtfindet, dem helfen zur Orientierung ein hölzernes Ortsmodell und eine historische Wandkarte.

Vom Otto-Warburg-Haus gelangt man linkerhand über die Garystraße zum Auditorium Maximum und zur Bibliothek der Freien Universität – ein Grundstück, das früher zum Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie gehörte und auf insgesamt 3,7 Hektar über Versuchsflächen, Gewächshäuser, Tiergehege und eine

Direktorenvilla verfügte. Auf der gegenüberliegenden Straßenecke Boltzmann-/Garystraße lag der Ententeich des Instituts und seit 1938 ein Schwimmbad für die Mitarbeiter der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Im etwas zurückgesetzten Gebäude neben dem Hörsaalbau des Campus war von 1915 bis Sommer 1943 das Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie untergebracht. Heute befindet sich hier das Institut für Deutsche und Niederländische Philologie der Freien Universität – ein stolzer Bau des kaiserlichen Hofarchitekten Ernst Eberhard von Ihne, der in Berlin



Nach Adolf von Harnack, dem ersten Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, ist das Harnack-Haus benannt (oben). Auch das Otto-Warburg-Haus erstrahlt heute in neuem Glanz (links).

zahlreiche neubarocke Repräsentationsbauten wie den Marstall, die Staatsbibliothek oder das heutige Bode-Museum errichtete. „Von Ihne hat den Architekturstil des Dahlemer Wissenschaftsviertels entscheidend geprägt“, urteilt Henning.

Als Gründungsdirektor am Kaiser-Wilhelm-Institut für Biologie wurde der Pflanzengenetiker Carl Erich Correns berufen, ein Wiederentdecker der Mendel'schen Vererbungsgesetze. Wie an vielen anderen Kaiser-Wilhelm-Instituten auch bedeutete die Machtergreifung Hitlers einen radikalen Einschnitt sowohl für die Forschung als auch für die Personalpolitik: Correns' Kollege Richard Goldschmidt wurde aufgrund der NS-Rassegesetze 1935 zwangspensioniert, und nach Kriegsbeginn wurden die Abteilungen bis auf einzelne Mitarbeiter nach Süddeutschland verlagert.

Zweite Station ist das einstige Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik. Von der Boltzmannstraße führt ein Fußweg zunächst am Henry-Ford-Bau und den Tennisplätzen über die Harnackstraße zur Ihnestraße. Vorbei an der zweigeschossigen Direktorenvilla, die vom Bücherturm der Universitätsbibliothek räumlich beinahe verschlungen wird, gelangt man zum Haupteingang des ehemaligen Instituts. Jetzt studieren hier Politikstudenten am Otto-Suhr-Institut, das 1988 eine Ge-

denktafel anbrachte, die an die unheilvolle Rolle des ehemaligen Kaiser-Wilhelm-Instituts während des Nationalsozialismus erinnert.

Doch zunächst macht Eckart Henning den Besucher auf die Minerva-Büste über der Haustür aufmerksam – das Wahrzeichen der Kaiser-Wilhelm- und der Max-Planck-Gesellschaft. Dem Künstler Carl Ebbinghaus soll damals der Stummfilmstar Henny Porten Model gegessen haben. „Sie verkörperte das Ideal des schönen Menschen“, so Henning. Nach der feierlichen Eröffnung am 15. September 1927 sollten sich hier Wissenschaftler mit Fragen der Anthropologie, Humangenetik und der Rassenlehre beschäftigen – ein Forschungsgebiet, das bis zu diesem

Zeitpunkt in Deutschland etwa im Vergleich zu den USA eher unterrepräsentiert war. Zum Direktor wurde der Freiburger Anatom Eugen Fischer (1874 bis 1967) berufen, der bis 1942 auch die Abteilung für Anthropologie leitete. Es war Fischer, der in einem Tätigkeitsbericht im Sommer 1933 den Anteil seines Instituts an der rassenhygienischen Bewegung herausstrich: „Das Institut steht voll und ganz für die Aufgaben des jetzigen Staates zur Verfügung.“

Wissenschaftshistoriker Henning ist überzeugt, dass viele Forscher die NS-Rassenlehre nicht nur aus Opportunismus, sondern auch aus Überzeugung vertraten. Erblehre und Eugenik standen im Zentrum einer umfangreichen Nebentätigkeit am Institut, das nun auch zunehmend propagandistische Aufgaben wahrnahm – die Aufklärung der Bevölkerung oder die Beratung staatlicher Stellen. Innerhalb von zwei Jahren wurde der Etat des Instituts verdoppelt. Fest steht heute auch, dass das Institut Nutznießer der grausamen Tätigkeit des KZ-Lagerarztes Josef Mengele war, der Zwillinge im Konzentrationslager Auschwitz ermorden ließ und ihre Organe zur weiteren Untersuchung an das Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie schickte.

Lange Jahre herrschte peinliches Schweigen über die Verstrickungen der Rasseforscher. Bis sich Max-Planck-Präsident Hubert Markl im Juni 2001 auf einer Tagung in Dahlem bei den überlebenden Opfern der „Zwillingsforschung“ entschuldigte. Es gab, so Markl, lange Zeit „kollegiale Schonung, wo Aufklärung Not getan hätte“.



Eingang des früheren Kaiser-Wilhelm-Instituts für Anthropologie, menschliche Erblehre und Eugenik.

Schon vor Markls viel beachteter Rede bemühte sich die Max-Planck-Gesellschaft um die Aufarbeitung der eigenen Vergangenheit. Das Forschungsprogramm „Geschichte der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im Nationalsozialismus“ beschäftigt sich nun in zwei Schwerpunkten explizit mit den Rasseforschern, aber auch den Biowissenschaften, der Biochemie um den Nobelpreisträger und späteren Max-Planck-Präsident Adolf Butenandt und der Rüstungsforschung, die in „kriegswichtigen“ Instituten betrieben wurde. Was aber genau geschah in Dahlemer Labors? Wie waren die Forschungsstrukturen und welche Freiräume bestanden für die Wissenschaftler? Vielleicht gibt es ja bald mehr gesichertes Wissen

über das dunkelste Kapitel der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft. Auch welche Rolle der seit 1942 amtierende Direktor am Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie, Otmar Freiherr von Verschuer – einer von Mengeles Doktorvätern – dabei spielte, muss noch genauer geklärt werden. Eine schillernde, als Sympathisant der Bekennenden Kirche schwer einzuschätzende Figur sei Verschuer gewesen, so Henning: „Sein Nachlass liegt seit kurzem bei uns im Archiv, einer wissenschaftlichen Biografie steht also nichts mehr im Weg.“

Nationale Bildung – internationale Wissenschaft

Nur wenige Meter sind es vom Kaiser-Wilhelm-Institut für Anthropologie zum Harnack-Haus in der Ihnestraße 16. Es erinnert an den ersten Präsidenten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, der als Theologe in Berlin erst umstritten, als Wissenschaftsmanager aber hoch geehrt war. „Harnack hat sich immer stark für den internationalen Gelehrtenaustausch eingesetzt“, erläutert Eckart Henning. Seine Devise lautete: „Die Bildung ist national, die Wissenschaft international.“ Nach dem Ende des Kaiserreichs stellte sich Harnack weiter der Weimarer Republik zur Verfügung und schaffte es, in den zwanziger Jahren eine Reihe einflussreicher Politiker, darunter auch Außenminister Gustav Stresemann, für ein neues „Auslandsinstitut“ zu begeistern. Trotz der angespannten Haushaltssituation stellten das Reich und Preußen die nötigen Mittel für das Gebäude zur Verfügung, in denen Sponsoren die Patenschaft für einzelne Räume übernehmen konnten – ein frühes Beispiel für *public private partnership*. Der Münchner Architekt Carl Sattler

Experimente am Menschen: Ein Wissenschaftler röntgt Hand- und Fingerknochen von eineiigen Zwillingen.



schuf schließlich ein modernes dreigeschossiges Haus, das am 7. Mai 1929, dem 78. Geburtstag Adolf von Harnacks, feierlich eröffnet wurde.

Als Gelehrtenhotel, Tagungsstätte und Begegnungsort für Forscher aus aller Welt hat das Harnack-Haus bis heute seinen Charme bewahrt. „Hörsaal der K.W.G.“ steht an der Längsseite des Eingangs, die Pfeiler zieren Symbole der Wissenschaft im Stil der neuen Sachlichkeit: Eule, Waage und Blitz. Den Mitarbeitern der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft diente das Gebäude mit der gemütlichen Bismarck-Halle und der geräumigen Terrasse als Clubhaus, als Rückzugsgebiet während der Mittagspause oder als abendlicher Treff; im säulengetragenen Liebig-Gewölbe wurde das Mittagessen serviert. Die monatlichen Herrenabende des Präsidenten fanden hier ebenso statt wie die berühmten Wintervorträge, Senats-sitzungen sowie vier Hauptversammlungen.



Nach der 2. Hauptversammlung der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft am 28. Oktober 1913: Kaiser Wilhelm II. und Adolf von Harnack.

Für den Historiker Eckart Henning verkörpert das Harnack-Haus die Tradition der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft im positiven Sinne: Eine weltoffene Forschergemeinschaft, die im Jahr 1935 noch zu einem seltenen Akt intellektuellen Widerstands in der Lage war. Als Fritz Haber, der langjährige Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für physikalische Chemie und Elektrochemie, im Januar 1935 starb, organisierte Max Planck eine Trauerfeier im Goethe-Saal des Harnack-Hauses. Obwohl das NS-Regime die Ehrung des Nichtariers Haber untersagt und mit Konsequenzen gedroht hatte, ließ sich Planck von seinem Vorhaben nicht abbringen, Habers zu gedenken.

Forschung auch auf dem Kriegspfad

Sieben Jahre später war das Harnack-Haus noch einmal Schauplatz einer historischen Sitzung: Rüstungsminister Albert Speer ließ sich hier von deutschen Forschern – den Vortrag hielt Werner Heisenberg – über die Fortschritte in der Kernphysik unterrichten. Weil Speer daraufhin annahm, dass der Bau der Atombombe erst in einigen Jahren realisiert werden könne, wurde das Projekt 1942 zurückgestellt.

Das deutsche Oxford, das bis Anfang der 1930er-Jahre so viel Außenwirkung entfaltete und Nobelpreise sammelte, ist ohne Fritz Haber

... UND ZUM DRITTEN!

„2269, Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, Amtskette des Präsidenten der Gesellschaft.“ So stand es im Katalog des Wiener Auktionshauses Dorotheum. Eckart Henning, unter anderem Mitglied in der „Gesellschaft für Deutsche Ordenskunde“, erfuhr davon durch den Anruf eines anderen Vereinsmitglieds – und handelte schnell. Denn die Kette, die Adolf von Harnack bis 1927 getragen hatte, galt seither als verschollen und besitzt vor allem großen ideellen Wert. Fest steht nur, dass sie zuletzt dem im vergangenen Jahr gestorbenen Hamburger Reeder Hans A. Lindenau gehörte, einem bekannten Sammler preußischer Auszeichnungen und Insignien. So machte sich Eckart Henning Mitte Mai auf den Weg nach Wien, um das kostbare Stück zu ersteigern. Und der Direktor des Archivs zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft bewies taktisches Geschick: Gegen zwei Telefon- und einen Saalbieter setzte er sich durch, bei einem Gebot von 11 000 Euro erhielt er den Zuschlag.

Der Berliner Otto Rohloff hat die goldene Amtskette im Jahr 1911 entworfen. Sie besteht aus dreizehn ovalen Schilden, von denen sieben eine Vergissmeinnichtblüte auf Blattgrund und sechs einen mit Strahlen unterlegten Kopf zeigen. Zwischen zwei Schilden befindet sich ein blütenartiges Ornament mit sternförmigem Zentrum. Das Mittelstück bildet ein schwarz emailliertes kaiserliches Adler mit der Kette des Schwarzen-Adler-Ordens und dem Hohenzollernschild auf der Brust. Unter dem Adler hängt an drei Kettchen das Medaillon mit dem Bild von Kaiser Wilhelm II., eingerahmt von einem Lorbeerkranz. Auf der Porträtmedaille liegen drei Wappenschilder auf; sie tragen das Hohenzollerngeviert sowie den preußischen und den brandenburgischen Adler.



Foto: Dorotheum

undenkbar. Nach 1945 sahen es Habers Nachfolger als eine Geste der Wiedergutmachung an, dass gerade das traditionsreichste und älteste Institut in Dahlem den Namen des Chemikers erhielt, der seinem Land so viele treue Dienste geleistet hatte, nach 1933 aber von den Nazis verfeimt wurde. Von Beginn an war das Institut unter der Regie Habers – der 1908 mit seiner Erfindung, Stickstoff für die Ammoniaksynthese nutzbar zu machen, Weltruhm erlangt hatte – außerordentlich erfolgreich und technisch besser ausgestattet als sämtliche Hochschulinstitute in Deutschland. Seit 1912 arbeiteten im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie am Faradayweg 4-6 so manche Nobelpreisträger. Wegweisende Erkenntnisse wurden in diesem Institut gewonnen, in dem

Blick in die „Aktenschleuse“ für Neuzugänge im Magazinturm des Archivs zur Geschichte der Max-Planck-Gesellschaft.



Karl Friedrich Bonhoeffer, James Franck, Max von Laue und viele andere forschten.

Doch auch am Beispiel des Fritz-Haber-Instituts lässt sich ein widersprüchliches Kapitel deutscher Wissenschaftsgeschichte nachzeichnen: In beiden Weltkriegen waren es Forscher am Faradayweg, die mit ihren Erfindungen die Rüstungsmaschinerie unterstützten und ihre Labors militärischen Zwecken zur Verfügung stellten. Heute wirkt das Institut rund um die Haber-Linde wie ein eigener kleiner Campus, der über einen eigenen Hörsaal, eine Bibliothek, Verwaltungsräume, ein Gästehaus und diverse Labors verfügt. Derzeit hat das Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft mehr als 370 Mitarbeiter. An die wechselvolle Geschichte des Instituts erinnert ein Schaukasten im Eingangsbereich des Hauptgebäudes.

Für den historisch interessierten Besucher sind drei anliegende Gebäude sehenswert: die prächtige alte Haber-Villa an der Hittorfstraße, in der sich heute Seminarräume befinden, sowie der Ernst-Ruska-Bau an der Van't-Hoff-Straße mit seinen beiden Türmen, in denen der Physiker seine Elektronenmikroskope direkt vor der Haustür aufstellen ließ. Von hier blickt man schräg in den Garten des Chemikers Richard Willstätter – auch er ein Nobelpreisträger, der in einer ästhetisch ansprechenden Privatvilla lebte. „Haber und Willstätter haben vis-à-vis gewohnt und sich oft besucht, obwohl der eine Nationalist und der andere Pazifist war. Das hat der Freundschaft keinen Abbruch getan“, sagt Eckart Henning.



Otto Hahn



Fritz Haber

Wer nach so viel hoch konzentrierter Wissenschaftsgeschichte noch nicht erschöpft ist, sollte noch einen Blick auf das Kaiser-Wilhelm-Institut für Chemie wagen, das heute zur Freien Universität gehört. Auf dem Eckgrundstück an der Thielallee 3 liegt das von Hofarchitekt Ihne geplante Gebäude, das am 23. Oktober 1912 vom Kaiser persönlich eingeweiht wurde. Zu den bedeutendsten Mitgliedern des Instituts zählte der erwähnte Richard Willstätter. Im Jahr 1915 erhielt er als erster Wissenschaftler der neuen Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft für seine Aufklärung der Chlorophyllstruktur und der Bedeutung seines Zentralatoms Magnesium den Nobelpreis – eine Auszeichnung, die der neuen Gesellschaft Gewicht und Prestige verschaffte.

In den 1930er-Jahren waren es dann Otto Hahn und Lise Meitner, die zunächst in einer kleinen Abteilung neue chemische und kernphysikalische Methoden entwickelten, bevor 1938 – Lise Meitner war zu diesem Zeitpunkt bereits im Exil – die Kernspaltung des Urans gelang. An diese epochale Entdeckung erinnern heute zwei Tafeln mit dem Haupt der Minerva.

Nach Lise Meitner, die vom Ausland aus brieflich die Laborergebnisse richtig interpretierte, ist der Hörsaal im dritten Stock des heutigen Otto-Hahn-Baus der Freien Universität benannt. Hier befindet sich auch eine Büste der Forscherin, die gemeinsam mit Otto Hahn und Fritz Straßmann die Uran-Spaltung vorbereitet hatte und den Nationalsozialismus entschieden ablehnte.

Eine kuriose Hinterlassenschaft ist ihr Radiumhaus auf dem Institutsgrundstück. In dem kleinen Flachbau lagerten Hahn und Meitner radioaktive Substanzen. „Noch heute ist das Haus so verstrahlt, dass der Zutritt streng verboten ist“, sagt Eckart Henning. Dann führt er den Besucher noch in die Thielallee 69-73, wo Adolf Butenandt als „Großvater der Pille“ im Kaiser-Wilhelm-Institut für Biochemie wirkte, und in die Boltzmannstraße 18-20, wo Peter Debye und Werner Heisenberg in den dreißiger und vierziger Jahren am Kaiser-Wilhelm-Institut für Physik arbeiteten. Im Otto-Warburg-Haus endet der Rundgang auf den Spuren berühmter Forscher.

Dahlem ist in jedem Fall eine Reise wert, auch wenn vom einstigen Zentrum der Wissenschaften nur noch ein kleinerer Teil übrig geblieben ist – viele Institute zogen während des Krieges nach Süddeutschland oder wurden später aufgelöst. Aber wer die Ursprünge der Max-Planck-Gesellschaft und die Geschichte ihrer Institute kennen lernen will, sollte das deutsche Oxford unbedingt besuchen. Dort wird er neue Erkenntnisse nicht nur im Fritz-Haber-Institut, sondern auch im Max-Planck-Institut für molekulare Genetik (Genom-Projekt) oder am Max-Planck-Institut für Bildungsforschung (Pisa-Studie) vorfinden. Wer die Vergangenheit und die Gegenwart verstehen will, ist in Dahlem am richtigen Ort – zumal hier gerade das Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte in die Höhe wächst.

CHRISTIAN MAYER



Ein Raum zum Lesen, Diskutieren und Entspannen: die Bismarck-Halle im Harnack-Haus.

Katzenpaul und Binsenkäthe

„Jeder weiß, dass sie (die Katzen) Einzelgänger sind. Der Verhaltensforscher Paul Leyhausen weiß es besser.“ Das schrieb die FRANKFURTER ALLGEMEINE ZEITUNG 1986 zum siebzigsten Geburtstag des – oft als „Katzenpapst“ titulierten – Wissenschaftlers. Das Blatt bezog sich dabei auf eine Beobachtung Leyhausens, die der landläufigen Meinung völlig widersprach: Katzen halten regelrechte „soziale“ Treffen ab. Leben sie in einem relativ freien Territorium, hocken abends an bestimmten Plätzen bis zu zwei Dutzend Tiere in angemessenem Abstand friedlich beieinander. Auslöser dieses Verhaltens ist der Wunsch nach Zusammensein. Einige Stunden später gehen die Katzen wieder heim – ganz wie Menschen nach einem abendlichen Kneipenbesuch.

Paul Leyhausen, der 1940 als 24-jähriger Zoologie-student von Bonn an die Universität Königsberg wechselte, studierte dort an dem soeben gegründeten und von Konrad Lorenz geleiteten Institut für Vergleichende Psychologie. Als er seinen Antrittsbesuch bei dem berühmten Verhaltensforscher machte und ihm sagte, dass er sich für Tierpsychologie interessiere, erhielt er die schroffe Antwort: „Es gibt nur eine Psychologie.“ Leyhausen arbeitete zwei Jahre lang als wissenschaftliche Hilfskraft eng mit Lorenz zusammen. Im Jahr 1942 wurde er zum Afrikakorps einberufen, geriet in Gefangenschaft und kehrte erst 1947 wieder nach Deutschland zurück.

Sein Studium setzte Paul Leyhausen in Freiburg fort, promovierte 1948 und arbeitete anschließend mehrere Jahre als Forschungsstipendiat am Museum Koenig in Bonn. Hier wurden die Katzen zum Objekt seiner wissenschaftlichen Neugierde: Er begann ihr Verhalten über längere Zeiträume und unter kontrollierten Bedingungen zu beobachten. In diesen Jahren legte er auch die Prüfung zum Diplompsychologen ab, möglicherweise als Reaktion auf die Lorenz'sche Antwort während der Königsberger Zeit.

Die Wege der beiden Verhaltensforscher kreuzten sich erneut: Im Juni 1958 baute Leyhausen als Assistent am Seewiesener Max-Planck-Institut für Verhaltensphysiologie, Abteilung Lorenz, eine eigenständige Forschungsgruppe auf. 1961 bezog sie ihr Domizil im Wuppertaler Zoo und stand bis 1981 – dem Jahr seiner Pensionierung – unter Leyhausens Leitung, der seit

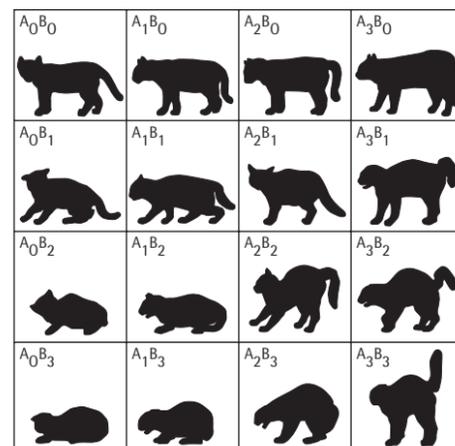
1971 auch an der Universität Düsseldorf lehrte. Unser heutiges Wissen über das Verhalten der meisten Katzenarten, darunter auch solcher, die vorher nicht von Menschen gehalten wurden, geht zu einem überwiegenden Teil auf die Beobachtungen dieser Wissenschaftler zurück.

Die komplexen Bewegungsabläufe beutefangender Katzen wurden gefilmt und dann Phase für Phase analysiert. Dabei entdeckte Leyhausen drei Arten des „Beutespiels“: das gehemmte Spiel, das Stauungsspiel; und das Erleichterungsspiel. Gefangene Katzen, die mit Futter versorgt sind und keinem Beuteerwerb nachgehen müssen, wiederholen viele dieser Bewegungen im Spiel ohne Beute: Sie nehmen ein Papierkügelchen, belauern es, springen es an und schleudern es durch die Luft.

1996 – zwei Jahre vor seinem Tod – beschrieb der Pionier der akademischen Katzenforschung in einem Buch, wie er zufällig auf das „Sprachvermögen“ der Tiere gestoßen war. Er hatte die Rufe analysiert, mit denen sie ihren Jungen die Beute anbieten. Dabei fand er heraus, dass die Rufe wie ein normales Gurren klingen, wenn die Mutter mit kleinen, ungefährlichen Beutetieren ankommt, aber fast schreiend werden, handelt es sich um größere und möglicherweise gefährliche Tiere. Leyhausen bezeichnete diese beiden Laute nach den ursprünglichen Beutetieren als „Mäuseruf“ und „Rattenruf“.

Wie anpassungsfähig sie benutzt werden, entdeckte der Forscher, als eines Tages eine Tür zufiel, die sich zwischen dem Muttertier mit Mausbeute und den Jungen befand. In diesem Moment steigerte die Katze den zunächst benutzten Mäuseruf kontinuierlich zu einem Rattenruf – und die Jungen, die bei einem Mäuseruf sofort herbeigekommen wären, blieben in Deckung. Beide Rufe sind unterschiedlich intensive Äußerungen des gleichen Lautes – und Katzen demnach in der Lage, sich mittels dieser Lautgebung zu verständigen. Für Paul Leyhausen war das der erste und bisher einzige Fall, in dem der „Sprachgebrauch“ einer Lautform bei einem nicht zu den Primaten zählenden Säugetier nachgewiesen und dokumentiert wurde.

Bewegungsstudien: Paul Leyhausen leistete grundlegende Arbeiten zum Verständnis der Verhaltensmuster von Katzen und untersuchte außerdem deren „Sprachvermögen“.



Paul Leyhausen

FOTOS: MPG / ILLUSTRATION: BONNER

Ein ähnlich ungewöhnliches Team wie diese – heute nahezu vergessene – Arbeitsgruppe forschte im Nordwesten von Düsseldorf, in Krefeld-Hülserberg. Dort war im Jahr 1928 die Limnologische Station Niederrhein gegründet worden, die 1937 von der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft übernommen wurde und 1953 in einem eigens errichteten Neubau weiter arbeitete – zunächst als Dependence der Hydrobiologischen Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft in Plön (heute: Max-Planck-Institut für Limnologie); von 1962 an war sie eine eigenständige Einrichtung der Max-Planck-Gesellschaft.



Käthe Seidel im Gespräch mit einer Stipendiatin aus Kalkutta.

Zu den Mitarbeitern der Station gehörte Käthe Seidel, die später als „Binsenkäthe“ Berühmtheit erlangte. Sie stammte aus dem Erzgebirge und hatte nach dem Besuch der höheren Schule zunächst eine Ausbildung in Gartenbau und Landschaftspflege absolviert, die sie 1934 mit der Meisterprüfung abschloss. An der Pädagogischen Hochschule in Leipzig studierte sie Werk- und Kunsterziehung und arbeitete nach dem Staatsexamen als Lehrerin. 1939 begann Käthe Seidel ein weiteres Studium: An der Universität Greifswald belegte sie Vorlesungen in Kunstgeschichte und Naturwissenschaften und setzte 1947 ihr Studium in den Fächern Botanik, Mikrobiologie und Limnologie in Kiel fort. Drei Jahre später, als 43-Jährige, wurde sie dort promoviert. Das Thema ihrer Dissertation: „Die Flechtbinse“.

Diese in Uferzonen stehender und langsam fließender Gewässer vorkommende Pflanze war Käthe Seidel schon während ihrer Zeit als Lehrerin aufgefallen. Vor allem faszinierte sie, dass der empfindliche Halm der Binse beim Welken reißfest und biegsam wird und sich daher gut für Flechtarbeiten eignet. Allerdings gab es zu dieser Zeit kaum verwertbare Information über die Pflanze. So errichtete Seidel 1947 – zu Beginn ihres Studiums – Pflanzgärten, in denen sie über mehrere Jahre die Flechtbinse erforschte. Sie untersuchte die Anpassung der Pflanze an ihr Lebensumfeld und beobachtete unter anderem, dass sie selbst in sauren Gewässern üppig gedeiht und positiv auf ihren Standort einwirkt.

Käthe Seidel stellte die These auf, Pflanzen seien in der Lage, Überdüngung und Verschmutzung von Binnengewässern zu reduzieren. Das war eine revolutionäre Behauptung, denn die Wissenschaft ging damals davon aus, höhere Pflanzen könnten nur in unbelasteten Gewässern überleben. Doch Seidel, die nach ihrer Promotion eine Anstellung in der Limnologischen Station Niederrhein erhielt, ließ sich nicht beirren und testete mit Versuchsreihen, ob sich Abwässer mithilfe von Pflanzen aufberei-

ten lassen. Die Ergebnisse waren positiv: Die Pflanzen passten sich selbst extremen Wasserverhältnissen an und trugen zur Verbesserung der Wasserqualität bei.

Ende November 1968 schloss die Max-Planck Gesellschaft zwar offiziell die Limnologische Station in Krefeld, gestattete es Käthe Seidel aber, ihre Arbeiten dort bis zur Pensionierung im Jahr 1976 fortzuführen – jetzt unter dem Dach des Max-Planck-Instituts für Züchtungsforschung in Köln. Als der Ruhestandstermin immer näher rückte, kaufte die rüstige Wissenschaftlerin kurzerhand der Max-Planck-Gesellschaft das Inventar der Station ab und betrieb die Forschungsstelle von da an als „Stiftung Limnologische Arbeitsgruppe Dr. Seidel e.V.“ weiter, finanziert durch Auftragsarbeiten.

Das bis zur Einsatzreife weiter entwickelte Gewässer-Reinigungsverfahren ist als „Krefelder System“ bekannt geworden und wird vielerorts in Europa und Übersee genutzt. Man leitet dabei das Abwasser durch unterschiedliche Becken, in denen nacheinander Binsen, Röhricht und Wasseriris die Schmutzstoffe aufnehmen – alles Pflanzen, die unter 200 Arten als besonders anpassungsfähig ausgewählt wurden. Solche Pflanzen-Kläranlagen eignen sich besonders für begrenzte Projekte wie die Abwasserreinigung von Campingplätzen, Schullandheimen, Sanatorien oder abgelegenen Bauernhöfen. Da die Pflanzen antibakterielle Wirkstoffe ausscheiden, besitzt das mit ihrer Hilfe aufbereitete Wasser sogar Trinkwasserqualität. Der gesamte Unterhalt solcher Anlagen kann durch den Verkauf der geschnittenen Binsenhalme finanziert werden, die als Werkstoff oder Futtermittel Verwendung finden. Inzwischen nutzen auch manche Industriebetriebe das „Krefelder System“, da die Pflanzen selbst gefährliche organische Verbindungen (zum Beispiel Phenole) zu harmlosen Substanzen abbauen können und sich deshalb zur Reinigung auch von stark mit Chemikalien belasteten Abwässern eignen.

Trotz der unbestrittenen Vorzüge und trotz des missionarischen Eifers, mit dem Käthe Seidel ihre Methode zur Abwasserreinigung in Artikeln und Veröffentlichungen propagierte, stieß das Konzept in der Bundesrepublik zunächst auf wenig Interesse. Erst heute wird die Methode an verschiedenen Stellen wieder aufgegriffen und weiter erforscht, darunter im Fachbereich Landschaftsarchitektur und Umweltenwicklung der Universität Hannover. Im Jahr 2003 veranstalteten drei Professorinnen dieses Fachbereichs – 13 Jahre nach Käthe Seidels Tod – einen Workshop zu Ehren dieser „Pionierin in der Abwasserreinigung durch Pflanzen“.

Trotz aller Skepsis fand die bahnbrechende Methode der „Binsenkäthe“ Anerkennung von höchsten Stellen: Die engagierte Forscherin wurde 1977 mit der Umweltmedaille der Bundesrepublik Deutschland ausgezeichnet und erhielt 1982 das Bundesverdienstkreuz. Und so könnte man das zu Anfang erwähnte Zitat aus der FRANKFURTER ALLGEMEINEN ZEITUNG abwandeln: „Jeder wusste, dass höhere Pflanzen nur in unbelasteten Gewässern gedeihen. Die Limnologin Käthe Seidel wusste es besser.“

MICHAEL GLOBIG

Frankfurter Allgemeine Zeitung vom 17.1.1986 (Auszug)

Seit seiner Pensionierung füttert er ein halbes Dutzend ehemaliger Mitarbeiter privat durch, lauter Ausländer: eine südamerikanische Langschwanzkatze, eine Pam-paskatze und eine Tigerkatze sowie drei indische Step-penkatzen. Das sind die nächsten Verwandten der afrika-nischen Falbkatze, von der unsere Hauskatzen abstam-men. Jeder weiß, daß sie Einzelgänger sind. **Der Ver-haltensforscher Paul Leyhausen weiß es besser.** Seit mehr als dreißig Jahren studiert er ihr Sozialverhalten. Er kennt nun die verschiedensten Verhaltensformen bei ...

„Bingo!“ kriegt den Königsmörder rasch zu fassen

Das Internet wächst und wächst – und mit ihm seine Probleme.

GERHARD WEIKUM, Direktor am MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR INFORMATIK

in Saarbrücken, arbeitet an einem besseren Web der Zukunft: Sein Ziel sind vor allem größere Verlässlichkeit und leistungsfähigere Suchmaschinen.

Sicherlich ist Ihnen das auch schon einmal passiert: Man bestellt zum Beispiel ein paar Bücher im Internet, und während man „zur Kasse“ geht, bleibt plötzlich die Anwendung stecken, das Bildschirmfenster ist eingefroren. Nichts rührt sich mehr, und nervöses Klicken auf die Maus macht das Ganze nicht besser, im Gegenteil. So bleibt nichts anderes übrig als ein Neustart. Also zurück zum Internet-Buchhändler. Das Nachgucken im „Einkaufswagen“ zeigt, dass dort die ausgesuchten Waren noch liegen. Die Preisfrage lautet jetzt: Habe ich die Bücher schon gekauft und bezahlt, oder hat der Computer-Blackout das verhindert? Kauft man sie noch einmal, hat man sie womöglich doppelt; vertraut man darauf, dass alles gerade noch geklappt hat, steht man am Ende vielleicht ohne da.

Beides ist ärgerlich, aber es entsteht jedenfalls kein großer Schaden. Viel schlimmer wäre ein solches Problem, wenn es gerade dann auftreten würde, während Sie Ihre Bankgeschäfte am Computer abwickeln oder gar bei Online-Börsengeschäften, wo Broker Millionen bewegen. Derartige Schäden zu verhindern, daran arbeiten Informatiker und Programmierer weltweit. Auch im Max-Planck-Institut für Informatik in Saarbrücken: Seit dem 1. Oktober 2003 leitet dort Gerhard Weikum als Direktor die Abteilung „Datenbanken und Informationssysteme“. Das Thema „Leistungsgarantien“ gehört zu seinem Arbeitsbereich.

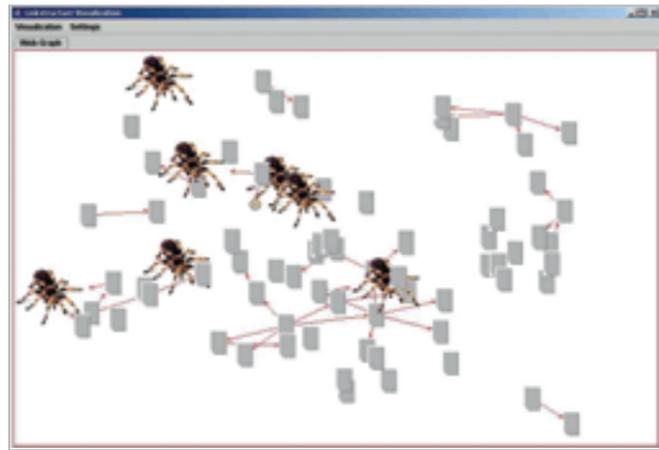
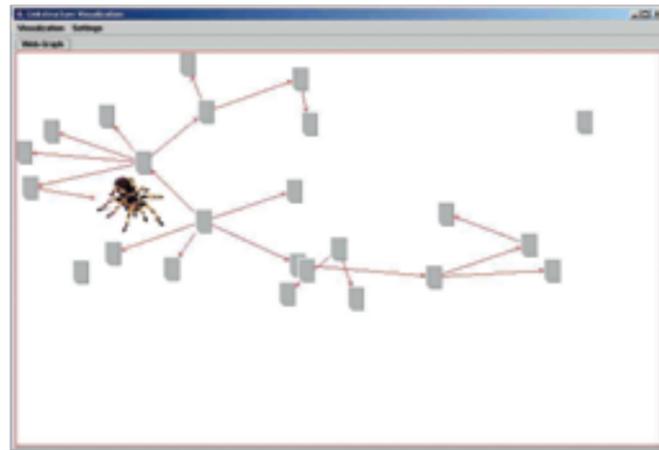
Dort geht es um Probleme wie das hier geschilderte – aber auch um die Frage, wie eine Internet-Auktion oder eine digitale Bibliothek ihren Rechner auslegen muss, um Engpässe

selbst bei Hochbetrieb zu vermeiden. Oder wie potent Server sein müssen, um ein großes Video-on-demand-Netzwerk störungsfrei zu bedienen. Für solche Fälle ermitteln Weikum und seine Mitarbeiter mit modernsten mathematischen Methoden Lastprofile und daraus Vorhersagemodelle und können auf diese Weise Betreiber beraten, welche Systemkonfiguration sie installieren sollten, um bei angemessenen Kosten ausreichende Leistung anzubieten.

ZUVERLÄSSIGKEIT HAT IHREN PREIS

Aber nicht nur die schiere Größe eines Rechenzentrums oder die raffinierte Verschaltung der Computer ist wichtig, sondern eben auch eine Software, die Fehler verzeiht, ja verhindert und beweisbare Korrektheit ermöglicht, etwa bei elektronischen





So durchforstet „Bingo!“ das Netz: Der Crawler tastet sich von Seite zu Seite, nützliche Seiten markiert er – hier durch eine Spinne symbolisiert – und ordnet sie bestimmten Klassen zu.

Wahlen oder Vertragsabschlüssen, bei Anwendungen im Klinikbereich oder beim Online-Banking. „Gute Server wie die von Amazon erkennen ungewollte Doppelbuchungen, denn dort sind explizit Vorkehrungen dagegen einprogrammiert“, sagt Gerhard Weikum, „aber im Bereich E-Commerce gibt es noch großen Nachholbedarf in puncto Leistungsgarantien. Da wurde oft viel Wind gemacht, ohne dass ernsthafte Lösungen dahinter steckten“. Teils weil diese Geld und Rechenzeit kosten würden, teils weil man sich einfach weiter durchwurstelt, solange nichts Ernsthaftes passiert. Programme, die Qualität garantieren, ohne dabei viel wertvolle Rechenzeit und Rechnerkapazität zu blockieren, sind deshalb gefragt.

„Hundertprozentige Antwortzeitgarantien sind im Internet praktisch unmöglich, weil prinzipiell zehn Millionen PCs gleichzeitig auf einen dann zusammenbrechenden Server zugreifen könnten. Aber man sollte garantieren, dass 99 Prozent aller Zugriffe in einer für den Benutzer akzeptablen Zeit, beispielsweise höchstens einer Sekunde, ausgeführt werden“, erklärt der Informatiker. Um hier mitzumischen, ist solides und ziemlich spezielles mathematisches Wissen nötig, zum Teil auf so exotischen Gebieten wie der Sto-

chastik, die zufällig verteilte Prozesse beschreibt. „Dafür entsprechend ausgebildete Studenten und Doktoranden zu finden ist schwierig“, sagt Weikum.

SO GUT WIE DIE BESTEN EXPERTEN

Eine ganz andere – aber immer wichtigere – Art von Leistungsgarantien im Internet betrifft das Suchen nach Informationen. Die unvorstellbare Menge an Wissen, die im weltweiten Web steckt, erschließt sich nur dann, wenn man die zig Milliarden Dokumente schnell und zuverlässig durchsuchen kann. Und hier setzen die Informatiker des Saarbrücker Max-Planck-Instituts an: „Ziel muss es sein, die maschinelle Informationssuche so zu verbessern, dass die Güte der Antworten derjenigen der

besten menschlichen Experten entspricht, gleichzeitig aber kaum noch manuelle Schritte anfallen und Ergebnisse hinreichend schnell gefunden werden“, so ihr Credo.

Der große Erfolg von Google beruht in erster Linie darauf, dass es den beiden Gründern Larry Page und Sergey Brin gelang, für alles und jedes recht befriedigende Suchergebnisse innerhalb weniger Sekunden zu liefern. Trotzdem kennt jeder Internet-User die Unzulänglichkeiten dieser Suchmaschine. Vor allem für professionelle Nutzer sind zwei Dinge wünschenswert: zielgenaue Antworten zu finden und Begriffe aus unterschiedlichen Dokumenten und Formaten miteinander zu verknüpfen. Gerhard Weikum nennt zwei Beispiele, die die meisten Browser überfordern: „In welchem Drama überredet

eine Frau einen schottischen Edelmann zum Königsmord? Oder: Wie hieß die Französin, die ich bei der Programmkomiteesitzung traf, bei der Moshe Vardi Vorsitzender war?“

Das erste Beispiel zeigt ein typisches Manko der heute üblichen Suchmaschinen: Fragt man nicht genau nach den richtigen Wörtern (bei Google sogar noch in der richtigen grammatikalischen Form), sondern benutzt man ähnliche Begriffe, erhält man viele Antworten, unter denen man die richtige oft gar nicht findet. Wer also „Drama“, „Frau“, „König“, „Mord“, „Edelmann“ und „Schottland“ eingibt, hat wenig Chancen, die passende Antwort „Macbeth“ zu finden. Der Grund hierfür liegt darin, dass Suchmaschinen zwar schnell, aber im Allgemeinen dumm sind. Sie suchen einfach Dokumente nach bestimmten Wörtern ab, ohne sinn-gleiche oder -ähnliche Ausdrücke zu berücksichtigen. Wer also nicht zufällig die exakt richtigen Wörter eingibt, läuft ins Leere.

IST JEDE DAME AUCH EINE FRAU?

In diese Lücke stoßen die Saarbrücker Forscher mit ihrer intelligenten Suchmaschine Compass: Sie bauen in deren Software Wissen ein, das für den Menschen banal, für den Rechner aber a priori unzugänglich ist, etwa dass eine Dame, eine Lady oder eine Königin auch Frauen sind, und dass Than ein schottischer Adels-

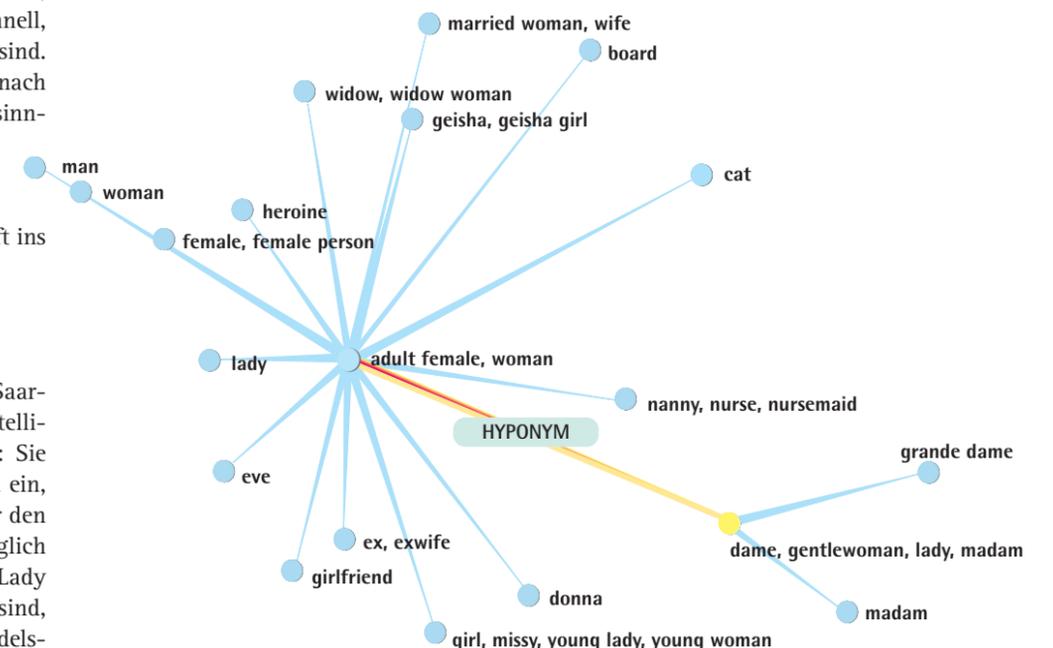
titel ist. So werden bei einer Anfrage nicht nur die genannten Wörter, sondern auch Synonyme gesucht, manchmal auch allgemeinere oder speziellere Begriffe.

Die Idee, eine Datenbank mit einem derartigen Geflecht von Sinnverwandtschaften zu durchziehen, ist nicht neu. Eines der bekanntesten Projekte dieser Art ist WordNet, das von Kognitionswissenschaftlern in Princeton entwickelt wurde. „Allerdings“, so Weikum, „ist WordNet – obwohl maschinell verarbeitbar – nicht direkt für die Verwendung in einer Suchmaschine geeignet, da Beziehungen nur qualitativ modelliert

sind, aber ihre ‚Stärke‘ nicht quantifiziert wird“. So gibt es beispielsweise unter den mehr als 50 ähnlichen Begriffen für das Wort „woman“ einige, die der Benutzer als eng verwandt ansehen würde, und andere, die eher exotischer Natur sind.

Die Max-Planck-Wissenschaftler arbeiten daran, in ihrer Suchmaschine dieses Manko zu beseitigen: „Wir haben mit statistischen Methoden in Datenbanken Beziehungen zwischen Konzepten bewertet und daraus eine Gewichtung aufgebaut, mit deren Hilfe man zu jedem Konzept die am nächsten verwandten Konzepte bestimmen kann“, erklärt Gerhard Weikum. Mit diesem Vorgehen kann man zum Beispiel für einen Benutzer mit spezifischem Interessensprofil ein persönliches Ordnungsschema mit einem Schwerpunkt auf bestimmten Themen und Konzepten konstruieren. ▶

Ausschnitt aus einem Beziehungsgeflecht zwischen Wörtern rund um das Thema „Frau“: Auch was für Menschen selbstverständlich ist, muss der Computer erst mühsam lernen.



Das Schema des Web-Crawlers „Bingo!“. Er beginnt mit persönlichen Startseiten und arbeitet sich selbstständig durchs Internet. Was er dort findet, filtert er nach Nützlichkeit.

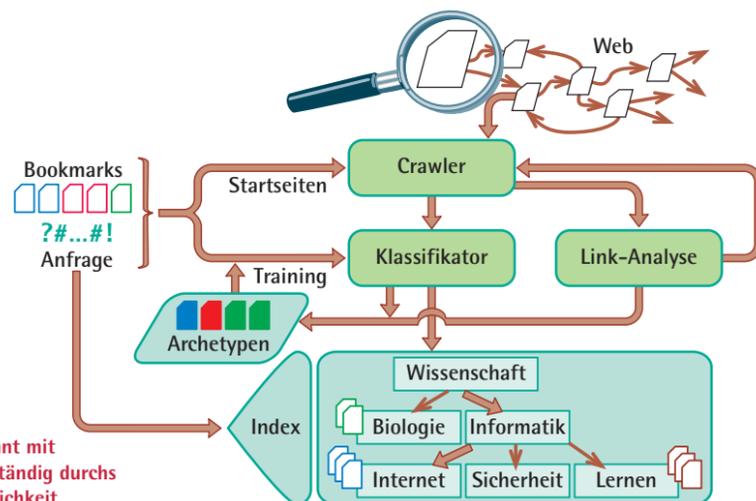


Abb.: MPI für Informatik-Weikum/Rohrer



Recherche im Internet: Die Suchmaschine Google arbeitet schnell und erfasst viele Millionen von Internet-Seiten. Bei Spezialproblemen ist sie aber oft überfordert.

Derartige Projekte erfordern natürlich nicht nur die große, übergreifende Idee, sondern auch unendliche Kleinarbeit, minutiöse Verbesserungen und eine ständig wachsende Anpassung an die praktischen Erfordernisse. Ein ganzes Team von Studenten, Doktoranden und Post-Docs arbeitet mit. Das Werk wächst immer weiter, und Gerhard Weikum stellt hohe Ansprüche. Er selbst ist einer von den Ungeduldigen. Wenn er vor dem Computer sitzt, muss alles schnell gehen. Erscheint das Ergebnis nicht sofort, klickt er gleich noch mal und unterbricht den Suchlauf. „Das muss noch schneller werden“, murmelt er dann, oder: „Hier ist die Benutzeroberfläche noch nicht gut, das ist zu umständlich.“ Derartige Arbeiten führen heute noch seine Studenten aus, aber eigentlich wären sie besser bei einem Systemprogrammierer aufgehoben. Der sollte im Institut eine eigene Stelle haben und alle Programme pflegen und immer auf dem neuesten Stand halten. Dafür ist aber bisher kein Posten im Instituts-Etat vorgesehen – sehr zum Bedauern des Chefs: „Die Software ist unser tägliches Handwerkszeug, das wertvoll ist und ebenso gepflegt werden muss wie große physikalische Präzisionsinstrumente in anderen Instituten. Dort gibt es eigene Stellen dafür, bei uns wird das nicht für nötig erachtet. Das muss sich ändern“, sagt Weikum.

Zurück zu den Suchbeispielen. Macbeth ließe sich also mit der

Suchmaschine *Compass* wohl finden, aber bei der Französin aus der Komiteesitzung müsste dieses System wahrscheinlich aufgeben. Denn um die Anfrage zu beantworten, müsste es Informationen aus den unterschiedlichsten Quellen zusammenbringen und richtig miteinander verknüpfen: E-Mails aus einem persönlichen E-Mail-Archiv, aus denen hervorgeht, um welches Programmkomitee es sich handelt, Reisekostenabrechnungen, welche die Teilnahme an einer Sitzung belegen, Konferenzankündigungen aus einem Web-Archiv, die die jeweiligen Programmkomiteemitglieder aufführen, und vielleicht auch die Homepages der Komiteemitglieder.

WEB-CRAWLER KRIECHEN RASEND SCHNELL

Das am Max-Planck-Institut für Informatik entwickelte Softwaresystem „Bingo!“ (als Abkürzung für Bookmark-Induced Gathering of Information) kann das. Es ist ein so genannter Web-Crawler, der selbstständig durchs Internet kriecht, sich dabei von Datei zu Datei hangelt und auf intelligente Weise die Antwort einkreist. „Kriechen“ vermittelt jedoch die falsche Vorstellung, denn Bingo! rast eigentlich mit hoher Geschwindigkeit durchs Web und tastet dabei blitzschnell tausende von Seiten ab.

Am Ende – typischerweise nach einer Nacht heftigen Crawlens – hat das Programm einige Millionen Sei-

ten besucht, einen Teil davon als thematisch relevant akzeptiert und dem jeweils am besten passenden Thema zugeordnet. Diese automatisch organisierte und stark vorgefilterte Informationssammlung bildet nun die Ausgangsmenge für eine erneute Auswertung, und nun ordnet „Bingo!“ die Ergebnisse in einem raffinierten Bewertungssystem automatisch nach ihrer Relevanz für die Suchanfrage. Am Ende spuckt der Browser dann eine Reihe von Webseiten aus, die den Benutzer zielgenau zu den gesuchten Antworten führen. Außerdem bietet Bingo! ihm noch eine ganze Reihe von interaktiven Möglichkeiten an, mit denen er die Informationssammlung filtern, umorganisieren und durchforschen kann.

Die Qualität der Antworten hängt stark vom Ausgangsmaterial ab, mit dem der Crawler startet. Im Idealfall kennt er seinen Nutzer sehr genau, weiß über sein Verhalten im Netz, seine Vorlieben und Abneigungen Bescheid und filtert die Daten entsprechend. Das muss natürlich vorher trainiert werden: Dazu dienen Interessensprofile und Statistiken – aber die Informatiker benötigen auch Negativbeispiele, die sie aus Webseiten zusammenstellen, die den Nutzer überhaupt nicht interessieren. Da aber wohl kaum jemand sich lange mit dem manuellen Vorbereiten einer umfangreichen Trainingsdatensammlung abmühen möchte, haben die Max-Planck-Wissenschaftler automatische Lernverfahren installiert, mit denen die Suchmaschine in mehreren Schritten ihren Herrn und Meister kennen lernt.

„In Experimenten auf Benchmark-Daten und realen Web-Daten zeigt diese Methode sehr schöne Ergebnisse“, freut sich Gerhard Weikum. Und er spielt dabei auf eine Art Sport an, dem die einschlägigen Informatik-Institute jedes Jahr fröhnen: das Benchmarking. Im internationalen Wettbewerb messen sich dabei Teams

beim automatischen Finden der besten Resultate für eine verzwickte Suchanfrage in einem vorgegebenen Datenmaterial. „Da wird sicherlich viel getrickst“, vermutet Weikum, „aber Benchmarking hilft uns auch zu erkennen, wo wir im internationalen Wettbewerb stehen“.

JEDEM SEINE EIGENE SUCHMASCHINE

Sein Langzeitziel ist es, eine Suchmaschine völlig dezentralisiert und selbstorganisierend in einer so genannten Peer-to-Peer-Architektur zu realisieren. Gerhard Weikum: „Dabei stellen wir uns vor, dass jeder Benutzer eine vollständige Suchmaschine mit einem kleinen Index von vielleicht 100 Gigabytes auf seinem persönlichen Rechner hat. Der Index ist für das jeweilige Interessensprofil spezialisiert. Anfragen des Benutzers werden zunächst lokal ausgewertet. Wenn das Resultat aber das Informationsbedürfnis nicht voll befriedigt, werden andere ‚Peers‘ automatisch kontaktiert und um Mithilfe bei der Suche gebeten. Die Art und Weise, wie Dutzende von Peers für eine einzelne Anfrage zusammenarbeiten und wie sich Millionen von Peers langfristig untereinander verbinden, sollte völlig selbstorganisierend sein, also ohne menschliche Eingriffe auskommen.“

Das ist natürlich nichts für den Normalbenutzer, der im Internet vielleicht nur einen Billigflug sucht, sondern derartige Strukturen helfen in erster Linie Experten und Forschern auf den unterschiedlichsten Gebieten: Medizin, Mathematik, Jura oder Patentwesen. Dies wird nach Weikums Ansicht typisch sein für das Internet der Zukunft: „Die Welt lebt von der Vielfalt, und das gilt auch fürs Web. So wird es Suchmaschinen für jedermann geben, und parallel dazu Suchmaschinen für Spezialisten, die sehr qualifizierte Antworten ermitteln.“ BRIGITTE RÖTHLEIN

Hier könnte Ihre Anzeige stehen



MAXPLANCKFORSCHUNG
Ihr direkter Draht zur Wissenschaft

Unsere Metadaten fordern Sie bitte an bei:
Beatrice Rieck
Vogel Druck & Medienservice GmbH & Co. KG
Leibnizstr. 5 • 97204 Höchberg
Tel.: +49-931/4600-2721
Fax: +49-931/4600-2145
e-mail: beatrice_rieck@vogel-druck.de

Gisela Schütz



*Dass sie Physikerin werden würde, stand für sie schon als Kind fest, als sie Bücher über Sterne und Galaxien verschlang. Eine wissenschaftliche Karriere hatte **GISELA SCHÜTZ** hingegen nicht geplant. Die hat sich ergeben, sagt die allein erziehende Mutter von drei Kindern und Direktorin am Stuttgarter **MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR METALLFORSCHUNG**. Ihr Spezialgebiet: Magnetismus.*

Mut, Ideenreichtum, Hartnäckigkeit und Energie – daran mangelt es Gisela Schütz nicht. Sie braucht diese Eigenschaften auch, um neben der Arbeit drei Kinder großzuziehen. Seit dem plötzlichen Tod ihres Mannes vor sechs Jahren tut sie das allein. „Manchmal ist das schon hart, und es gibt Momente, in denen man beinahe verzweifelt“, sagt sie. Für einen kurzen Augenblick wird ihre ansonsten klare, resolute Stimme etwas leiser. Man spürt, wie viel Kraft diese Lebenssituation sie manchmal kostet. Doch sofort schüttelt sie den Anflug von Nachdenklichkeit ab. Vielmehr erzählt sie von ihrem Tagesablauf, ihrem Werdegang und der Wissenschaft, die ihr so viel Freude bereitet und die sie „für vieles entschädigt“.

Wie andere Kinder ist auch Gisela Schütz über die Astronomie zur Physik gekommen. Sobald sie lesen konnte, habe sie Bücher über Sterne, das Universum und fremde Galaxien verschlungen, erzählt sie. Doch anders als bei den meisten Jugendlichen ist bei ihr die Begeisterung geblieben. Auch die „langweilige Mechanik“ in den ersten Jahren des lange herbeigesehnten Physikunterrichts konnte sie nicht abschrecken. Ihr Enthusiasmus blieb dabei keineswegs auf die Astronomie beschränkt. Schnell hat Gisela Schütz ihr Interesse dem Magnetismus zugewandt. Bis heute ist das ihr Spezialgebiet geblieben.

Einen Ruf als Expertin – national wie international – erwarb sie sich schon als junge Wissenschaftlerin, als sie zu Beginn ihrer Postdoktorandenzeit das Phänomen des zirkularen magnetischen Röntgendiffraktionsentdeckte. „Wenn man Stoffe mit zirkular polarisierten Röntgenstrahlen bestrahlt, absorbieren sie in unterschiedlicher Art und Weise die Strahlung. Wie sie das tun, hängt

davon ab, in welchem magnetischen Zustand sich die Atome befinden“, erklärt Gisela Schütz den bis dahin unbekanntem Effekt. Sie reichte denn auch gleich beim Bundesforschungsministerium einen Förderantrag für drei Jahre ein, führte ein weiteres erfolgreiches Testexperiment durch – und hatte schließlich eine halbe Million Mark Fördermittel in der Tasche.

WAS MACHT MAGNETE ANZIEHEND?

Die Fachwelt beäugte das Ergebnis zunächst kritisch, doch Gisela Schütz konnte nach und nach alle Zweifel ausräumen. „Ich musste mich schon durchbeißen, da ich aus der Kernphysik kam und in der Festkörperforschung vollkommen unbekannt war“, sagt die in Hanau aufgewachsene 49-jährige Physikerin. „Aber die Effekte sind so groß, dass man sie bereits bei wenigen Atomen eines Stoffes nachweisen kann.“ Weniger als ein Prozent einer monoatomaren Schicht würden genügen. Und da die so genannten Absorptionskantenenergien charakteristisch für eine Atomsorte sind, lassen sich anhand des neu entdeckten Phänomens elementspezifisch magnetische Momente bestimmen und diese sogar nach Spin- und Bahnmomenten trennen.

Anwendungsmöglichkeiten ergaben sich aus dieser Entdeckung sofort. Schließlich bestehen alle technisch relevanten magnetischen Werkstoffe aus mehreren Komponenten, das heißt aus unterschiedlichen Elementen. Welches davon eine bestimmte makroskopische Eigenschaft verursacht, bleibt häufig unklar. Ob es die Kristallstruktur, die Morphologie oder die elektronische Struktur ist, die ein Material zu einem guten Magneten macht – mit der Abhängigkeit der Absorption vom Magnetismus kann man so etwas untersuchen.

Auf der Basis des zirkularen magnetischen Dichroismus hat Gisela Schütz sich und ihren Kollegen eine Palette neuer spektroskopischer Untersuchungsmethoden an die Hand gegeben: An jedem modernen Synchrotron werden sie weltweit in zunehmendem Maße angewendet. Besonders die Datenverarbeitungsindustrie zeigte sich sofort interessiert. Denn Schütz' Entdeckung kam zu einer Zeit, als ein anderer Fund zum Magnetismus gerade zu einem riesigen technologischen Schub führte: der Riesenmagnetwiderstand.

„Wenn zwei dünne magnetische Schichten durch eine wenige Atomlagen dicke Kupfer- oder Isolatorschicht getrennt werden, dann koppeln bei einer ganz bestimmten Dicke der Zwischenlage die beiden Schichten magnetisch antiparallel“, sagt die Stuttgarter Max-Planck-Forscherin. Das bedeutet, ihre Magnetisierungen sind entgegengesetzt gerichtet. Die Kopplung, die als „antiferromagnetisch“ bezeichnet wird, ist jedoch äußerst schwach. Mit einem kleinen Magnetfeld lässt sie sich in eine parallele Kopplung überführen. Entscheidend daran: Die beiden Kopplungsarten zeichnen sich durch einen unterschiedlich hohen elektrischen Widerstand aus. Bei der antiparallelen Kopplung ist der Widerstand sehr groß, bei der parallelen Kopplung ist er klein. Durch geringste Magnetfeldänderungen lassen sich also große elektrische Signale erzeugen.

Solche magnetischen Schichten sind schon heute nicht mehr aus unserem Leben wegzudenken; in Autos kommen sie als Magnetsensoren zum Einsatz, in Computern als Auslesemedien von Festplatten – geradezu ein ideales Objekt für Gisela Schütz und ihre neuen diagnostischen Methoden. „Wir haben die Materialien untersucht und zum Beispiel die



Fachgespräch: Gisela Schütz mit ihrem Mitarbeiter Johannes Schert an der UHV-Apparatur zur Oberflächenanalyse.

Magnetstruktur an Grenzschichten mit atomarer Auflösung untersuchen können.

Die Max-Planck-Gesellschaft ist schließlich auf die in Würzburg tätige, international geschätzte C4-Professorin aufmerksam geworden. Als die Direktorenstelle in Stuttgart neu zu besetzen war, hat sich der Senat einstimmig für sie als Nachfolgerin von Helmut Kronmüller entschieden. Seit zwei Jahren ist Gisela Schütz jetzt in der schwäbischen Landeshauptstadt, und den wissenschaftlichen Schwerpunkt ihrer Arbeit richtet sie auf die Entwicklung und Erforschung von neuen magnetischen Funktionsmaterialien aus. Gemeinsam mit ihren Mitarbeitern entwickelt sie zum Beispiel neue Dünnschichtsysteme als magnetische Speichermaterialien. Allerdings umfasst dieser angewandte Bereich nur einen Teil ihrer Arbeiten. Eine umfassende Grundlagenforschung hält Gisela Schütz für genauso wertvoll.

ALS „STRAHLZEIT-ZIGEUNER“ UNTERWEGS

Geplant ist unter anderem die Untersuchung von hartmagnetischen Materialien. Im Unterschied zu Weichmagneten sind das Stoffe, deren Magnetisierung sich nicht durch leichte Magnetfelder ändern lässt. Wie beim klassischen Dauermagneten bleibt der magnetische Zustand in Hartmagneten erhalten. Nur durch große Felder – wie sie sich in suprleitenden Spulen erzeugen las-

sen – kann man ihn ändern. Aber auch bei organischen und biologischen Stoffen will Gisela Schütz magnetische Phänomene untersuchen. Die Forschungen stehen noch am Anfang, Experten halten das Gebiet jedoch für zukunftsträchtig.

Ein fundiertes Know-how in Sachen Magnetismus hat Gisela Schütz am Stuttgarter Institut bereits vorgefunden, als sie aus Würzburg kam. „Neben der guten apparativen Ausstattung hat mein Vorgänger auch sehr viel theoretisches Wissen aufgebaut“, sagt die heutige Direktorin, zum Beispiel in der mikromagnetischen Theorie. Zu den aktuellen Vorhaben der Wissenschaftlerin gehört jetzt der Bau eines neuartigen Röntgenmikroskops, mit dem man sogar magnetische Strukturen von einigen Nanometern (millionstel Millimeter) Größe elementspezifisch abbilden kann. Eine ihrer Arbeitsgruppen baut derzeit in Berlin gemeinsam mit Partnern bei BESSY dieses Gerät auf. Das bedeutet, dass Schütz und ihre Mitarbeiter häufig unterwegs sind. Als „Strahlzeit-Zigeuner“ bezeichnet sie ihre „Jungs“ deshalb scherzhaft. „Polarisierte Röntgenstrahlung bekommt man nun einmal nur an Synchrotronstrahlungsquellen. Deshalb fahren wir überall hin, wo uns ein Experiment sinnvoll erscheint.“

Das viele Reisen – nicht nur nach Berlin – ist ein wesentlicher Bestandteil ihrer Arbeit. Zählt man all die vielen Kurztrips zusammen, ist Gisela Schütz etwa drei bis vier Monate im Jahr auf Achse. „Dabei habe ich die Reisetätigkeit wegen der Kinder schon reduziert“, sagt sie. Trotzdem: Ohne gut organisierte Kinderbetreuung würde es nicht gehen. Zuerst hatte die Familie eine Tagesmutter, nach dem Tod des Mannes eine Haushälterin, und jetzt hilft ihr ein „Aupair-Bub“. „Ohne das Aupairwesen würde für viele Frauen das Berufsleben vollständig zusammenbrechen“, glaubt Schütz. Bevor sie diese Möglichkeit für sich entdeckt und zur Betreuung ihrer jetzt 9, 13 und 14 Jahre alten Kinder genutzt

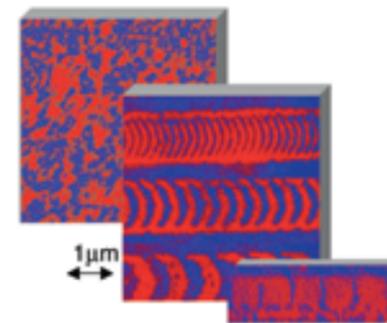
hatte, hat sie die voll versichert angestellte Haushaltshilfe rund 2000 Euro im Monat gekostet. „Die wollen erst mal zusätzlich verdient sein. Als Doktorandin oder junge Wissenschaftlerin am Anfang der Karriere hat man das Geld aber nicht.“

Gisela Schütz ärgert sich darüber, „was den Frauen in unserem Staat bezüglich ihrer Berufstätigkeit getan wird und wie sie unter der permanenten, ungesunden Überforderung leiden müssen“. Die unzureichende Kinderbetreuung und das Fehlen von Ganztagschulen bezeichnet die Wissenschaftlerin und Mutter als eine der Ursachen dafür, dass so wenige Frauen den Weg in Spitzenpositionen finden – sei es in Politik, Wissenschaft oder Wirtschaft. „Dienstleistungen im privaten Bereich müssten steuerlich voll absetzbar sein“, nennt sie einen Weg, an der Misere etwas zu ändern. Dies gelte auch für die private Betreuung von Senioren. Auch hierin hat Gisela Schütz Erfahrung. Immerhin hatte sie zwei Jahre lang ihren Vater in häuslicher Pflege, davon war er ein Jahr lang schwerbehindert.

Gisela Schütz sagt, dass sie in dieser Zeit, als ihr Mann und kurz darauf sowohl Mutter als auch Vater



Nahaufnahme: Transfer- und Probenhalter in der MBE-Präparationskammer.



Unterschiedlich magnetisierte Bereiche einer Mini-Disk (links: wie gewachsen, Mitte: beschriebene Teststruktur), die durch den von Gisela Schütz entdeckten Effekt in einem Röntgenmikroskop sichtbar werden. Nur in einer ganz bestimmten Legierung lassen sich 0,03 Mikrometer kleine Strukturen (rechts) einprägen.

starben, vielleicht früher als andere Menschen die Endlichkeit des eigenen Lebens gespürt hat. Am Wichtigsten ist ihr jetzt, die Kinder gut versorgt zu wissen. „Ich war immer sehr risikobereit, doch inzwischen hat das Sicherheitsdenken zugenommen“, sagt sie. Dabei bezieht sich die Verantwortung, die sie empfindet, nicht nur auf ihre Kinder. „Wenn man eine Arbeitsgruppe leitet, dann stehen auch Karrieren auf dem Spiel. Dann kann man nicht nur das Wahnsinnige probieren.“ Ein sicheres Thema für eine Promotion müsse man zum Beispiel in petto haben, auch wenn es vielleicht nicht ganz so spektakulär ist.

Sie selbst hat immer viel gewagt. Sie ist hartnäckig geblieben und hat keine besser bezahlte Stelle in der Industrie angenommen, als viele noch ungläubig den Kopf geschüttelt haben über ihre Forschungsvorhaben. Und sie hat Übung darin, ihre Arbeit gut zu planen. „Das lernt man am Synchrotron“, sagt Gisela Schütz. Meist hat man nur drei Wochen Messzeit, aber trotz guter Vorbereitung passieren immer unvorhergesehene Sachen. Blitzschnell muss man dann von Plan A auf Plan B wechseln können. Und darin ist Gisela Schütz eine Meisterin. Sie malt sich alles aus, was passieren kann und hat für jede Situation eine Alternative parat. „Wenn ein Experiment gut vorbereitet ist und gut läuft, dann hat man Daten für ein

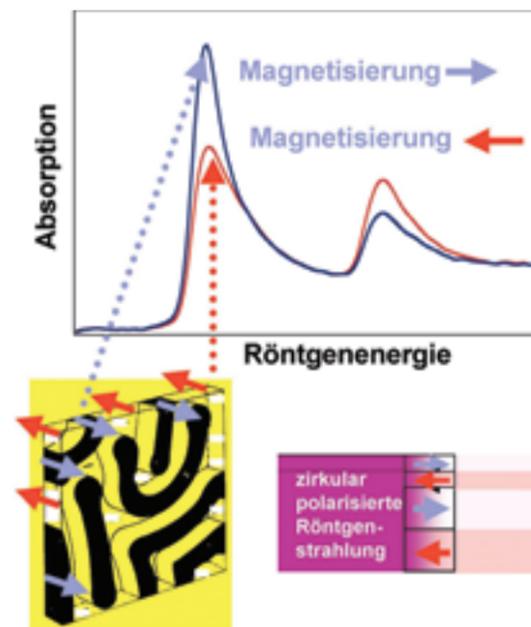
bis zwei Jahre. Das ist das Schöne am Synchrotron.“ Dabei lacht sie und sagt, dass dieses Denken auch auf ihre private Lebenshaltung abfärbt. Wenn sie auf Dienstreise ist, malt sie sich immer aus, was zu Hause alles passieren könnte. Dann greift sie zum Handy und lässt ihren „Aupair-Buben“ nachsehen, ob beispielsweise der Fönstecker wirklich aus der Steckdose gezogen ist.

Die zunehmende Vorsicht kommt mit der Lebenserfahrung, meint sie, die jahrelang Motorrad gefahren ist. Es war eines ihrer früheren Hobbys. Das erste Moped mit 16, mit 18 eine 200er-Maschine, kurz darauf eine 500er. Und auch heute kann man sich die sportlich aussehende Frau mit den dunklen Haaren, schwarzen Hosen und dem schwarzen Pullover unter dem grauen Jackett durchaus in lederner Motorradkluft vorstellen. Aber das ist vorbei. Sie pflegt stattdessen ihre Liebe zur Musik, spielt Klavier und Gitarre und war früher Mitglied in einer Country-Band. Heute gibt es am Stuttgarter Max-Planck-Institut einen kleinen Damenchor, den Gisela Schütz gegründet hat und leitet.

DANK GUTEM TEAM IMMER AM BALL

Sie fühlt sich wohl in Stuttgart. Im Vergleich zur Universität genießt sie die größere Planungssicherheit ebenso wie die Freiheit, keine Lehrverpflichtungen zu haben. Trotzdem möchte sie sich nicht abkoppeln von der Lehre. An der Universität in Stuttgart ist sie Honorarprofessorin und Mitglied des aus Max-Planck-Institut und Hochschule gemeinsam gebildeten Instituts für Theoretische und Angewandte Physik. „Das Arbeiten mit den Studenten vermisst ich schon manchmal“, gesteht sie.

Dennoch ist die tägliche Belastung hoch. Die administrativen und organisatorischen Anforderungen, die eine Direktorenstelle und die Leitung einer 50-köpfigen Abteilung mit sich bringen, dazu die Kinder, deren Erziehung und Betreuung sie nicht ganz dem Aupair überlassen kann –



Bei Energien, die für ein Element charakteristisch sind, hängt die Absorption stark von der Magnetisierung der Probe relativ zu Strahlrichtung ab. Auf diese Weise zeigt ein Durchstrahlungs-Röntgenmikroskop die Struktur der magnetischen Bereiche.

dies alles führt dazu, dass sie so manche Einladung ins Ausland oder wichtige Kongresse absagen muss. „Da braucht man schon gute, engagierte Mitarbeiter wie ich sie zum Glück habe, um am Ball zu bleiben“, gibt sie unumwunden zu. Auch bei einem Institutswechsel und dem anstrengenden Umzug brauche man einige zusätzliche Energie und Zeit für den Neuanfang.

Doch Gisela Schütz hat gelernt, ihren Tag zu strukturieren. Das beginnt schon früh am Morgen, wenn ihre Mitarbeiter noch nicht da sind und sie in Ruhe vieles erledigen kann. Und in der Mitarbeit in der Perspektivenkommission der Max-Planck-Gesellschaft sieht sie trotz der zusätzlichen Belastung auch große Chancen: „Ich lerne sehr viel, was in der Max-Planck-Gesellschaft passiert, und dabei sehe ich viele Anknüpfungspunkte für gemeinsame Forschungen vor allem mit Instituten aus fachlich weiter entfernten Bereichen.“ An Ideen wird es der Stuttgarter Direktorin deshalb wohl auch in Zukunft nicht mangeln. INA HELMS

Telepathische Zwillinge

Brigitte Röthlein, **DIE QUANTEN-REVOLUTION**, Neue Nachrichten aus der Teilchenphysik, 240 Seiten, Abbildungen, Deutscher Taschenbuch Verlag, München 2004, 14,50 Euro.

Mit dem Begriff „Revolution“ ist man heute schnell bei der Hand: Die Entdeckung eines fernen extrasolaren Planeten oder eines frühmenschlichen Schädelknochens wird von den Medien häufig hochstilisiert, als müsse man die Geschichte der Forschung neu schreiben. Dabei sind wissenschaftliche Revolutionen – die immer auch einhergehen mit einem Paradigmenwechsel und einem sich wandelnden Weltbild – überaus rar. Die vor acht Jahrzehnten erfundene Quantenmechanik zählt zweifellos zu den „echten“ Revolutionen, hat sie doch den Blick der Physik auf die

Natur ebenso nachhaltig verändert wie das Denkgebäude Albert Einsteins oder Isaac Newtons.

Brigitte Röthlein, Physikerin und als Wissenschaftsjournalistin auch Autorin dieses Magazins, geht es in ihrem Buch nicht so sehr um Geschichte und Entwicklung der Quantenmechanik oder ihrer Gründer, wenngleich Historisches in die Darstellung einfließt, sondern um die heutige Forschergeneration. Daraus erklärt sich der Untertitel („Neue Nachrichten aus der Teilchenphysik“) – und daraus gewinnt das Buch seinen besonderen Reiz: Denn Reportagen aus den modernen Labors fügen sich gemeinsam mit dem vermittelten Sach- und Hintergrundwissen zu einer spannenden und gut verständlichen Mixtur.

Der Autorin genügt es nicht, mit Überschriften wie „Verschränkte Teil-

chen: Telepathische Zwillinge“ oder „Schneller rechnen mit Quanten“ die Neugier zu wecken, um dann den Kapitelinhalt sprachlich dröge und schwer nachvollziehbar zu erzählen, wie das leider in manch anderen Büchern zum selben Thema geschieht. Vielmehr bemüht sich Röthlein jederzeit um Verständlichkeit, was aber nicht auf Kosten der Präzision geht. Der Leser wird korrekt und kompetent über den neuesten Stand der Forschung informiert – ein in diesem Fachgebiet nicht eben einfaches Unterfangen. Denn die Quantenwelt steckt voller Skurrilitäten, die unserer Alltagserfahrung widersprechen. Oder können Sie sich eine Katze vorstellen, die gleichzeitig lebendig und tot ist?

Die Phänomene der Quantenphysik sind gleichwohl keine Hirngespinnste. In ausgeklügelten Experimenten füllen sie Forscher heute zunehmend mit Leben: So bewies Alain Aspect, dass es eine „spukhafte“ Fernwirkung zwischen Teilchen wirklich gibt (was Albert Einstein absurd erschien); Anton Zeilinger beamt Photonen durch das Wiener Kanalnetz; Harald Weinfurter testet in den bayerischen Alpen die abhörsichere Übertragung von Informationen; der deutsche Nobelpreisträger Wolfgang Ketterle erzeugte in seinem Bostoner Labor eine völlig neue Art der Materie (Bose-Einstein-Kondensat), die Carl Wiemann zu explodierenden Sternen im Westentaschenformat zusammenballte; und Gerhard Rempe, Direktor am Garching Max-Planck-Institut für Quantenoptik, hat einen Atomlaser erfunden.

Die „Neuen Nachrichten aus der Teilchenphysik“ spiegeln auf unterhaltsame Weise die Streiflichter moderner Physik wider und zeigen: Die Revolution hat längst begonnen – und liegt gleichzeitig noch vor uns.

HELMUT HORNING

Schnörkellose Biologie

Christiane Nüsslein-Volhard, **DAS WERDEN DES LEBENS**, Wie Gene die Entwicklung steuern, 208 Seiten mit 50 Abbildungen, Verlag C. H. Beck, München 2004, 19,90 Euro.

Christiane Nüsslein-Volhard, **VON GENEN UND EMBRYONEN**, 72 Seiten, Reclam Verlag, Stuttgart 2004, 2,40 Euro.

Leben ist das Faszinierendste, was es gibt. Innerhalb von kurzer Zeit entsteht in einem Ei (...) ein Küken, das laufen, sehen und essen kann. (...) Eigentlich ein Wunder.“ Die ersten Sätze aus dem Vorwort umreißen den Grundtenor des Buchs von Christiane Nüsslein-Volhard. Die Nobelpreisträgerin des Jahres 1995 und Direktorin am Tübinger Max-Planck-Institut für Entwicklungsbiologie gibt darin einen gerafften Überblick über den Stand ihrer Forschungsrichtung.

Nach einem einleitenden, mehr historischen Kapitel, das kurz auf Aristoteles (den Begründer der Biologie), Linné, Darwin und Mendel eingeht, zeigt die Autorin, was man heute über die Entwicklung der befruchteten Eizelle zum ganzen Organismus weiß. Sie beschreibt, in welchen Schritten man die Natur der Gene entschlüsselt hat und wie die Synthese von Proteinen aus dem genetischen Code abläuft. Lange nachdem die Grundlagen der Genetik gelegt waren, begann in den 1970er-Jahren die Enträtselung der Embryonalentwicklung, an der die Autorin einen erheblichen Anteil hatte: Durch die Analyse tausender Mutanten der Fruchtfliege gelang Nüsslein-Volhard und Eric Wieschaus die Identifikation

von 160 Genen, die für die korrekte Gestaltbildung unentbehrlich sind. Anhand des „bicoid-Gradienten“, der im frühen Embryo von *Drosophila* auftritt, zeigt sie, wie ein Gradient mehrere Positionen im Ei bestimmen kann. Je weiter man im Buch kommt, desto höher entwickelt sind die behandelten Lebewesen – bis hin zum Menschen.

Zum Schluss geht die Autorin auf aktuelle Themen wie Klonen, Gentherapie und den moralischen Status des menschlichen Embryos ein. Ein Glossar, ein Register und eine zeitliche Übersicht über Entdecker und Entdeckungen in der Entwicklungsbiologie helfen beim vertieften Verständnis. Christiane Nüsslein-Volhard – seit dem Jahr 2001 gehört sie dem Nationalen Ethikrat der Bundesregierung an – zeigt, wie wenig man letztlich über Beziehungen zwischen Genen und Eigenschaften beim Menschen weiß. Das „Designer-Baby“ etwa verweist sie daher in den Bereich der Utopie. Der unaufgeregte Tonfall des ganzen Buchs hebt sich wohlthuend von den feuilletonistischen Beiträgen zu diesen Zeitthemen ab.

Dies gilt auch und vor allem für das Büchlein „Von Genen und Embryonen“, das man als eine Art Kurzfassung verstehen kann. Christiane Nüsslein-Volhard beschreibt darin in zwei Teilen („Wie entsteht ein Tier?“ und „Möglichkeiten und Grenzen biomedizinischer Forschung“) den selben Themenkreis wie im oben besprochenen Buch – ebenso schnörkellos und noch stärker konzentriert.

GOTTFRIED PLEHN

Stürzende Pinguine

Rudolf Kippenhahn, **DAS GEHEIMNIS DES GROSSEN BÄREN**, Geschichten vom Himmel und seinen Sternen, 144 Seiten, Abbildungen und Bastel-Gimmick, Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg 2004, 12,90 Euro.

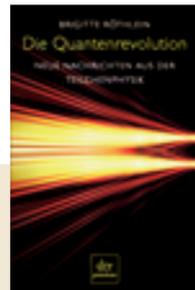
Alle Kinder sind wissbegierig. Doch die Eltern können nicht alle Fragen beantworten. Und der Unterricht ist oft wenig dazu angehtan, den Nachwuchs zu fördern und die Begeisterung für Naturwissenschaften zu wecken oder lebendig zu halten: Starre Lehrpläne, veraltete Schulbücher und uninspirierte didaktische Methoden machen so manche Physik- oder Biologiestunde zur Tortur.

Umso wichtiger sind Bücher wie die von Rudolf Kippenhahn. Der Autor war lange Jahre Direktor am Max-Planck-Institut für Astrophysik. Schon während seiner aktiven Zeit in der Forschung verstand er es wie kaum ein Zweiter, in Veröffentlichungen und Vorträgen Wissenschaft populär aufzubereiten. Nach seiner Emeritierung hat der Astronom und Schriftsteller, wie er sich inzwischen nennt, seine Produktion gesteigert. So erscheinen seine Kolumnen in astronomischen Zeitschriften – und in schöner Regelmäßigkeit steht in den Regalen der Buchhandlungen ein neuer „Kippenhahn“, wobei der Fokus in letzter Zeit vor allem auf Kinder und jugendliche gerichtet ist.

Was bedeutet die Sonne für uns? Warum fallen Pinguine nicht ins Weltall? Wie entstehen Sommer und Winter? Einfache Fragen, die jeder halbwegs Gebildete beantworten sollte. Eigentlich. Die Realität sieht düster aus – trotz (oder vielleicht gerade wegen!) der Informationsflut im Internet-Zeitalter. Lina und Paul jedenfalls würden den Wissenstest in Sachen Weltall bestehen. Denn ihr Großvater kennt sich am Himmel bestens aus. Während der Sommerferien in Südfrankreich erzählt er allerlei über das Universum und seine Gesetze. Zum Beispiel, wie man mit dem Feldstecher die Kugelgestalt der Erde beweisen kann. Das weckt die Neugier der Geschwister. Wieder daheim, geht das astronomische Frage-und-Antwortspiel weiter. Wie leben und sterben die Sterne? Was hat es mit dem Andromedanebel auf sich? Ohne es recht zu merken, schlägt das All Lina und Paul immer mehr in Bann – und auch der Leser verliert zunehmend die Scheu vor dem Unfassbaren und entdeckt die Faszination des Kosmischen.

Rudolf Kippenhahn (im echten Leben sechsfacher Großvater) versteht es wieder einmal, über Sonne, Planeten und Sterne zu plaudern, als wäre es die einfachste Sache der Welt. Und konkret „begreifen“ lässt sich das Firmament in seinem Buch auch noch: mit einer Sonnenuhr und einer Sternkarte zum Selberbasteln.

HELMUT HORNING





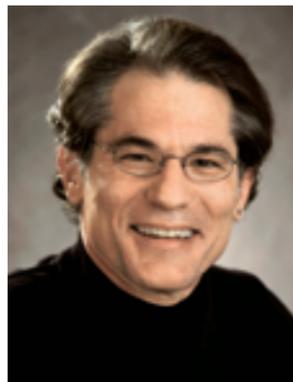
MAX-PLANCK-FORSCHUNGSPREIS 2004

Martin Vingron und Eugene W. Myers ausgezeichnet

Eugene W. Myers von der University of California, Berkeley (USA) und Martin Vingron, Direktor am Berliner Max-Planck-Institut für molekulare Genetik, haben den mit jeweils 750 000 Euro dotierten Max-Planck-Forschungspreis 2004 erhalten. Verliehen wurde die Auszeichnung auf der Jahresversammlung der Max-Planck-Gesellschaft Ende Juni in Stuttgart für Arbeiten im Fachgebiet „Bioinformatik“ – einer jungen Wissenschaft, die sich mit der rechnergestützten Analyse und Verarbeitung biologischer Informationen befasst.

Der 50-jährige Eugene „Gene“ W. Myers entwickelte bereits Anfang der 1990er-Jahre zusammen mit anderen Wissenschaftlern das Datenbank-Suchprogramm BLAST. Es ist bis heute eines der wichtigsten Werkzeuge der Bioinformatik, denn mit ihm können Forscher Datenbanken nach Proteinen oder DNA-Sequenzen durchsuchen. Der Professor für Computerwissenschaften an der University of California in Berkeley hatte aber auch entscheidenden

Anteil an der Entschlüsselung des menschlichen Erbguts. Bis 1996 konzentrierte sich das Human Genome Project auf einen zweistufigen Ansatz: Zuerst kartierten die Forscher große Genabschnitte mit einer Länge von 150 000 Bausteinen, anschließend sequenzierten sie diese, um ihre genaue DNA-Struktur zu ermitteln. Damals glaubten die Wissenschaftler,



Eugene W. Myers

dass die Kapazität der Computerprogramme zum Lesen der Abschnitte für die Rekonstruktion dieser großen Genabschnitte auf 2000 Bausteine begrenzt wäre.

Eugene W. Myers meinte, der erste Schritt sei unnötig – man

könne stattdessen 50 Millionen Bausteine direkt vom menschlichen Erbgut sequenzieren. Unter Berücksichtigung der Tatsache, dass diese paarweise abgelesen werden und sich die Paare in einem bestimmten Abstand zueinander befinden, könnte das Genom auf diese Weise direkt rekonstruiert werden. Myers demonstrierte diese Methode mithilfe von Computersimulationen, doch niemand wollte seinen Berechnungen glauben.

Im Jahr 1998 wurde das US-Unternehmen Celera gegründet, das genau diese Methode einsetzte und dafür eine neue Generation automatischer Sequenzanalytoren verwendete. Mit diesen bewies Myers, dass er sein Puzzle aus 50 Millionen Teilen auch wirklich lösen konnte. Er übernahm bei Celera die Leitung der Forschungsabteilung für Bioinformatik. Seine Entwürfe waren überaus erfolgreich und ermöglichten die Sequenzierung des Erbguts der Fruchtfliege, des Menschen und der Maus innerhalb von nur drei Jahren. Die tatsächlichen Kosten betragen dabei nur ein Zehntel des ursprünglich angenommenen Werts.

Fotos: MPG

„Gene“ Myers verließ Celera im Jahr 2002, um sich einer neuen Aufgabe zu widmen: An der University of California wollte er herausfinden, wie das Erbgut die Entwicklung einer Spezies von einer einzigen Zelle bis ins Erwachsenenstadium steuert. Nach der Sequenzierung des menschlichen Genoms beschäftigte er sich mit dem Problem der Dekodierung der Zelle und der Erforschung der Systembiologie mithilfe der Informatik. Die Entwicklung eines komplexen Metazoons wie der Fruchtfliege schien für diese Untersuchungen ideal, da sich speziell die Transkriptionsmechanismen der Zelle (das Aktivieren und Deaktivieren der Gene) vermutlich innerhalb dieser raschen, programmierten Phase der phänotypischen Veränderung abspielen. Der Forscher untersuchte die Fruchtfliege *D. melanogaster* sowie den Fadenwurm *C. elegans* während der ersten zwölf Stunden ihrer Entwicklung.

Um sämtliche Gene der Fruchtfliege verstehen und entschlüsseln zu können, möchte Myers nicht nur mit dieser Spezies arbeiten, sondern das Erbgut von zwölf verschiedenen, aber miteinander verwandten Arten vergleichen. Mit Konfokalmikroskopen und Substanzen zum Einfärben bestimmter Gene will der Wissenschaftler einen „Atlas“ der Gene nach zeitlichen und räumlichen Gesichtspunkten innerhalb des Entwicklungsprozesses erstellen. Seiner Ansicht nach würde es ein solcher Atlas ermöglichen, innerhalb kurzer Zeit die Funktion und Steuerung sämtlicher Gene des genetischen Entwicklungsprogramms zu entschlüsseln.

Martin Vingron, Direktor am Max-Planck-Institut für molekulare Genetik in Berlin, war seit Beginn seiner wissenschaftlichen Tätigkeit fasziniert vom Zusammenspiel der Gene innerhalb des Organismus. Der 42-jährige Mathematiker entwickelt Computerverfahren,

mit denen sich molekularbiologische Daten systematisch auswerten lassen. In den vergangenen Jahren untersuchte er vor allem die Aktivitätsmuster der Gene bei verschiedenen Zuständen der Zellen. Durch neue Experimente mit „Gen-Chips“ oder „Bio-Chips“ stehen heute Erhebungen des Spektrums aktiver Gene in verschiedenen Zellen oder Geweben zur Verfügung. Der mathematischen und statistischen Analyse dieser Daten gilt das Interesse Vingrons und seiner Mitarbeiter.

Viele Krankheiten – ja sogar einzelne Krankheitsstadien – lassen sich durch das spezifische Aktivitätsmuster (Genexpressionsprofil) der menschlichen Gene charakterisieren. Die Analyse dieser Daten soll die medizinische Diagnostik und Prognostik verbessern. Die technologische Basis für diese



Martin Vingron

Entwicklung steht kurz vor dem Einsatz in der medizinischen Alltagspraxis. Die Arbeiten Vingrons und seiner Mitarbeiter tragen zu dieser Entwicklung wesentlich bei.

Martin Vingrons Untersuchungen der unterschiedlichen Aktivität der Gene führten ihn zu der Frage, wodurch diese Aktivität bedingt oder verhindert wird. Dies geht über das Identifizieren der Gene und Genprodukte, wie man sie durch die Genomsequenzierung erreicht hat, hinaus. Heute widmet sich der Wissenschaftler hauptsächlich jenem Teil des DNA-Codes, der nicht ein-

PREIS MIT NEUER AUSRICHTUNG

Der mit insgesamt 1,5 Millionen Euro dotierte Max-Planck-Forschungspreis für internationale Kooperation wird jährlich gemeinsam von der Alexander von Humboldt-Stiftung und der Max-Planck-Gesellschaft verliehen. Er fördert deutsche und ausländische Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in besonders zukunftsreichen Fachdisziplinen. Ausgezeichnet werden jeweils ein in Deutschland und ein im Ausland tätiger Forscher. Die Wissenschaftler sind bereits international anerkannt und sollen im Rahmen weltweiter Kooperationen weitere Spitzenleistungen bringen. Der Max-Planck-Forschungspreis will helfen, internationale Kooperationen flexibel aufzunehmen, zu vertiefen oder zu erweitern.

Die Mittel für dieses Programm stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung der Max-Planck-Gesellschaft und der Alexander von Humboldt-Stiftung gemeinsam zur Verfügung. Der Max-Planck-Forschungspreis wird jeweils in einem Teilgebiet der Natur- und Ingenieurwissenschaften, der Lebenswissenschaften oder der Geisteswissenschaften ausgeschrieben. Weil der weltweite Wettbewerb um die Wissenschaftseliten zugenommen und sich das Förderspektrum gewandelt hat, wurde der Preis in diesem Jahr neu positioniert. So werden nicht mehr wie bisher zwölf, sondern nur zwei Wissenschaftler oder Wissenschaftlerinnen ausgezeichnet und erhalten jeweils 750 000 Euro. Außerdem sollen in die Arbeiten der Preisträger verstärkt Nachwuchsforscher und Studenten einbezogen werden.

zelne Genprodukte kodiert, sondern die Kommandos, durch die ein Gen oder eine Gruppe von Genen ein anderes aktiviert. So sagt zum Beispiel auch die Liste der Mitarbeiter einer Firma noch nichts darüber aus, wie das Unternehmen funktioniert oder wer wen anleitet.

Das geordnete Zusammenspiel der Gene eines Organismus überwachen bestimmte Proteine (Transkriptionsfaktoren), die einzelne Gene je nach den aktuellen Anforderungen an- oder ausschalten. Vingron arbeitet an der Erforschung jener DNA-Muster – der Kommandos also, mittels derer eine Gruppe von Genen andere Gene steuert. Das ehrgeizige Fernziel ist es, ein umfassendes Netzwerk des komplexen Zusammenwirkens der Gene zu erstellen und so den „Genatlas“ des menschlichen Erbguts zunehmend mit Leben zu füllen.

EXPORTSCHLAGER AUS HANNOVER

Gehirn in Scheiben

Im amerikanischen Seattle haben Wissenschaftler ein ehrgeiziges Projekt gestartet: Sie wollen entschlüsseln, wie Gene die komplexen Prozesse im Gehirn steuern. Dazu werden sie in den kommenden Jahren eine vollständige „Landkarte“ der Genexpression im erwachsenen Mausgehirn erstellen – digitalisiert und im Internet für alle Welt zugänglich. Die Technologie für diesen „Brain Atlas“ kommt aus Hannover: Am Max-Planck-Institut für experimentelle Endokrinologie entwickelte Direktor Gregor Eichele mit seinem Team die GenePaint-Methode. Mit diesem Verfahren lassen sich die Aktivitätsmuster tausender Gene in kurzer Zeit analysieren.

Fast geräuschlos gleitet das Messer durch das tiefgefrorene Gewebe. Hauchdünne Scheibchen eines Maushirns landen auf bereitgelegten Objektträgern, etwa 640 pro Maus. Hier entsteht das Ausgangsmaterial für GenePaint – eine Technologie, die innerhalb von etwa einem Tag die Aktivität von mehr als 100 Genen im Gewebe sichtbar macht. Diese Methode beruht auf der so genannten *in-situ*-Hybridisierung. Deren Prinzip ist einfach: Ausgewählte, künstlich hergestellte Gensequenzen dienen als Sonden. Sie binden auf dem Gewebeschnitt an die passende Boten-RNA, die immer dann als Zwischenprodukt entsteht, wenn ein Gen in ein Protein umgesetzt wird. Durch Markierung der Sonde lässt sich das exprimierte Gen anschließend mit einer Farbreaktion sichtbar machen. Dieser Nachweis eines aktiven Gens in einem bestimmten Organ liefert auch wertvolle Hinweise auf die Funktion des Gens.

„Schon in den 1980er-Jahren war es offensichtlich, dass diese

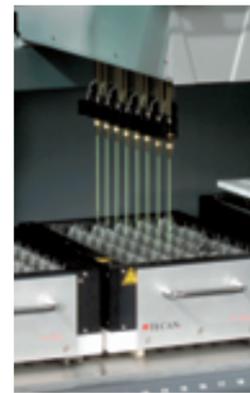
Technik sehr aussagekräftig ist“, sagt Gregor Eichele, Direktor am Max-Planck-Institut für experimentelle Endokrinologie. Als vor gut zehn Jahren die Genomsequenzierung begonnen hatte, war dem Wissenschaftler eines schnell klar: Die Expressionsmuster, wie sie die *in-situ*-Hybridisierung liefert, würden schon bald in größerem Maßstab gebraucht, um die Buchstabenfolgen aus der Sequenzierung der DNA in sinnvolle Wörter und Sätze umzuwandeln. Die funktionelle Genomik, die als neue Herausforderung auf die Forscher zukam, benötigte ebenso eine Automatisierung wie die Sequenzierung selbst, um die Datenmengen erfolgreich zu handhaben.

War das Prinzip auch einfach, so galt es doch, einem Roboter an die 100 Verfahrensschritte anzuvertrauen: Waschschritte, Hybridisierung, Farbreaktion... Etwa zwei Tage benötigte eine *in-situ*-Hybridisierung von 20 Gewebeproben von Hand. Mit der neuen Technik, die gemeinsam mit der Firma Tecan entwickelt wurde, erreichen die Max-Planck-Forscher in Hannover heute die zehnfache Geschwindigkeit.

Das Ergebnis der Prozedur: Aktivitätsmuster von Genen, die eine Auflösung bis auf Zellebene ermöglichen. Die Bilder

werden zur automatischen Auswertung an ein digitales Kamerasystem weitergeleitet. Erstmals lässt sich aufzeigen, welches Gen wo und wann im Gehirn aktiv ist. Der 3-D-Atlas, den die Wissenschaftler in Seattle erarbeiten wollen, weckt große Hoffnungen auch in der Neuromedizin: Die Maus teilt rund 95 Prozent der Gene mit dem Menschen – und so sollten die Ergebnisse modellhaft für Krankheiten wie Alzheimer oder Schizophrenie sein. Eichele konnte zeigen, dass die Technik aussagekräftige und reproduzierbare Bilder liefert: In Hannover existiert bereits eine Datenbank, die für Maus-embryonen jüngst das 1000. Genmuster speicherte.

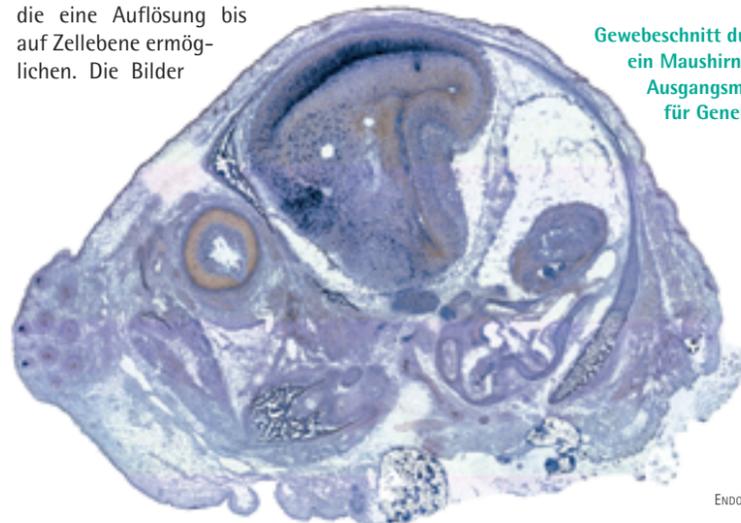
In einem europäischen Projekt haben Forscher mittels GenePaint eine Genexpressionskarte für das Chromosom 21 erstellt, die als Grundlage weiterer Arbeiten zum Down-Syndrom dienen soll. Diese europäische Kooperation soll noch ausgebaut werden; vor kurzem wurden zwei große EU-Forschungsanträge bewilligt, in denen die GenePaint-Technologie eine zentrale Rolle spielt. Und in Seattle sind die Anfangsschwierigkeiten überwunden – der dreidimensionale Blick in das molekulare Netzwerk im Maushirn soll in etwa drei Jahren Wirklichkeit sein.



Die GenePaint-Methode im Einsatz.

www.genepaint.org
Die Datenbank aus Hannover im Internet: www.genepaint.org

Gewebeschnitt durch ein Maushirn – das Ausgangsmaterial für GenePaint.



FOTOS: MPI FÜR EXPERIMENTELLE ENDOKRINOLOGIE / TECAN

ERFOLGREICHES UNTERNEHMEN

Präzision mit Gründerpreis belohnt

Die ECMTEC GmbH hat sich in dem bundesweiten Wettbewerb um den Deutschen Gründerpreis in der Kategorie „Konzept“ unter den drei Besten platziert. Diese Anerkennung durch die prominent besetzte Jury aus Politik, Medien und Wirtschaft zeigt, das Potenzial, das entstehen kann, wenn exzellente Grundlagenforschung und angewandte Ingenieurskunst zusammenfinden.

Die ECMTEC GmbH wurde im Oktober 2003 nach mehrjähriger Zusammenarbeit zwischen dem Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft und dem Lehrstuhl für Mikro-, Miniatur- und Zeitmesstechnik der Universität Stuttgart gegründet. Das Unternehmen befasst sich mit Entwicklung, Produktion und Vertrieb einer Maschinenserie auf der Grundlage eines elektrochemischen Materialbearbeitungsverfahrens. Diese Methode nutzt ultrakurze Spannungspulse und ermöglicht die Herstellung dreidimensionaler Strukturen in der Größenordnung weniger Mikrometer und – mit konkurrenzloser Präzision – im Nanometerbereich (millionstel Millimeter). Kurze Spannungsimpulse erlauben dabei die Voreinstellung eines definierten Arbeitsabstands zwischen Werkzeug und Werkstück, der sich über die Pulslänge variieren lässt.

Dank des elektrochemischen, nahezu kräftefreien und werkzeugschonenden Abtrags können dünnste, stabförmige Werkzeuge mit Durchmessern kleiner als ein Zehntel eines menschlichen Haars eingesetzt werden. Die Werkzeugführung bei der Bearbeitung von dreidimensionalen Strukturen ähnelt dabei der einer mechanischen Fräse – nur mit einer um mehrere Größenordnungen höheren Genauigkeit.

Erfunden haben das neue Verfahren Rolf Schuster und Viola Klammroth in der Arbeitsgruppe von Gerhard Ertl am Berliner Fritz-Haber-Institut. Die Max-Planck-Gesellschaft hat die Methode zum Patent angemeldet, und Thomas Gmelin hat sie an der Universität Stuttgart zu einer ersten Forschungsmaschine weiterentwickelt.

Das Verfahren eröffnet neue Perspektiven zur Lösung von Fertigungsproblemen. So reichen die Anwendungen von der Biotechnologie über die Medizin- und Kfz-Technik bis hin zur Informationstechnologie. In der Biotechnologie sind zum Beispiel Bauelemente mit feinsten Flüssigkeitskanälen oder Mikropumpen gefordert; in der Automobilbranche oder bei Heizölbrennern ist die Produktion von immer kleineren Energie sparenden Düsenstrukturen ein Muss. Die extrem hohe Ortsauflösung und Präzision, mit der ECMTEC in verschleißfesten Werkstoffen – von Metallen über Legierungen bis hin zu Halbleitern – Strukturen produziert, bietet neue Fertigungslösungen.

Die ECMTEC GmbH, an der auch die Max-Planck-Gesellschaft eine Beteiligung hält, wurde von Rolf Schuster und Thomas Gmelin gegründet. Die Garching Innovation GmbH unter der Federführung von Bernhard Hertel und Astrid Giegold berät das Unternehmen von Anfang an. Ziel der Firma ist die Produktion einer Maschinenserie, die das elektrochemische Puls-Ätzverfahren anwendet. Zu diesem Zweck soll neben dem Bau erster verkaufsfähiger Maschinen bis spätestens Anfang 2005 ein Anwendungslabor die Möglichkeit bieten, Referenzprodukte in Kleinserien zu produzieren sowie Werkzeugmaschinen und ein System für die Massenfertigung von Präzisionsbauteilen zur Marktreife zu entwickeln.

Anerkennung fanden das neuartige Verfahren, das Team und das Geschäftskonzept durch die Jury der Start-up-Initiative, die gemeinsam von McKinsey, den Sparkassen, dem ZDF sowie dem Magazin STERN ausgerichtet und von Bundeswirtschaftsminister Wolfgang Clement unterstützt wird. Auf Länderebene konnte sich die ECMTEC in Baden-Württemberg unter 95 eingereichten Business-Plänen er-



folgreich als Sieger durchsetzen und wurde mit einem Preisgeld in Höhe von 10000 Euro belohnt – eine willkommene „Anschubfinanzierung“. Gemeinsam mit der Unterstützung einer Partnerfirma, eigenen Mitteln der Gründer sowie voraussichtlich einer anfänglichen Darlehensfinanzierung ermöglicht das Preisgeld einen schnellen und zunächst von Investoren unabhängigen Beginn. Parallel hierzu strebt das Unternehmen eine Wachstumsfinanzierung an, um das Marktpotenzial vollends zu erschließen und damit personell und umsatzmäßig deutlich wachsen zu können.

Nach dem Erfolg in Baden-Württemberg ging ECMTEC gemeinsam mit zwei weiteren Firmen beim bundesweiten Gründerpreis-Wettbewerb in der Kategorie „Konzept“ ins Rennen. In der Jury saßen Vertreter aus Wirtschaft, Medien und Politik. Die Preisverleihung in Anwesenheit von Bundeswirtschaftsminister Wolfgang Clement erfolgte am 22. Juni im ZDF-Hauptstadtstudio in Berlin.

Vom Wissenschaftler zum Unternehmer: Thomas Gmelin mit seiner ersten „Ätz-Maschine“, die Fertigungsverfahren in der Mikrosystem- und Nanotechnologie revolutionieren soll.

• Weitere Informationen erhalten Sie von: Dipl.-Ing. THOMAS GMELIN ECMTEC GmbH Robert-Bosch-Str. 3 71088 Holzgerlingen Tel.: 0172/7190856 E-Mail: info@3d-ecm.com

JUGEND FORSCHT

Einsteins Erben

Unter dem Motto „Auf einmal ist alles relativ“ waren 8315 Nachwuchswissenschaftler Anfang des Jahres in die 39. Wettbewerbsrunde von „Jugend forscht“ gestartet. 213 Finalisten stellten Mitte Mai einer fachkundigen Jury aus Wirtschaft und Hochschule ihre Projekte vor. Und auch dieses Jahr wieder stiftete die Max-Planck-Gesellschaft – wie seit mehr als drei Jahrzehnten – das Preisgeld für die Drittplatzierten in den vier Disziplinen Biologie, Physik, Geo- und Raumwissenschaften sowie Mathematik und Informatik. Ihre Projekte stellen wir kurz vor.



Jakob Bierwagen

Platin liegt auf der Straße. Allein in Deutschland entweichen jährlich rund 250 Kilogramm des Edelmetalls aus Autokatalysatoren. Es lagert sich im Erdboden ab und wird durch Regen in die Gewässer gespült. Eine Gefahr für Mensch und Umwelt? Der Hanauer Schüler Jakob Bierwagen ging der Sache auf den Grund. Mit der Grünalge *Chlorella*, die sowohl in Süß- als auch in Salzwasser vorkommt, untersuchte er die toxische Wirkung von Platinsalzen. Dabei beobachtete der 19-Jährige, dass die Algen in Gegenwart von Platinsalzen ihre grüne Farbe verlieren und eine deutlich kürzere Lebensdauer haben als in Platin-freier Umgebung. Die Grünalge könnte also möglicherweise als

„Monitorpflanze“ für Schwermetallsalze in Gewässern dienen. Für seine Arbeit erhielt Jakob Bierwagen zusätzlich den Biotechnologiepreis des Fonds der Chemischen Industrie.

Die 16-jährige Ulrike Mohr aus Hamburg hat sich intensiv mit der Geologie von Vulkanen beschäftigt. Bei einer Exkursion ihres Gymnasiums zum Ätna auf Sizilien nahm sie aus einer nicht mehr aktiven Region am Krater-Innenrand Bodenproben und analysierte deren Nährstoff- und Säuregehalt. Außerdem untersuchte sie die Korngröße des Bodenanteils und die enthaltenen Vegetationsreste, um die Unterschiede der Proben darzustellen. Die Ergebnisse bestätigten, dass der Boden des zweiten Profils deutlich älter ist als der des ersten, da er mehr Humus und mehr durch Verwitterung freigesetzten Kohlenstoff und Stickstoff enthielt. Die Annahme, dass vulkanische Böden immer besonders fruchtbar sind, widerlegten die Analysen der Jungforscherin dagegen. Ihre Erklärung: Trockenheit im Sommer und niedrige Temperaturen im Winter hemmen in der Ätna-Region die chemische Verwitterung und die Freisetzung von Mineralien, die die Pflanzen für ihr Wachstum brauchen.

Ableitungen tauchen nicht nur im Mathematikunterricht immer wieder auf. Auch Physiker und Ingenieure müssen ableiten können, sonst kommen sie mit ihren Berechnungen nicht sehr weit. Ein simples Beispiel für eine Ableitung ist ein Diagramm, in dem die Entfernung, die ein Fahrradfahrer



Alexander Heß

zurücklegt, über der Zeitachse aufgetragen wird. Aus der Steigung der Kurve lässt sich die Geschwindigkeit des Radlers ermitteln. Diese Steigung kann nun nicht nur mit einem Lineal annähernd gemessen, sondern auch exakt ausgerechnet werden, indem die Kurvenfunktion mathematisch abgeleitet wird. Der 21-jährige Alexander Heß von der Universität Karlsruhe hat sich in seiner Arbeit deutlich anspruchsvolleren Ableitungen gewidmet als simplen Geschwindigkeitskurven. Dabei



Ulrike Mohr

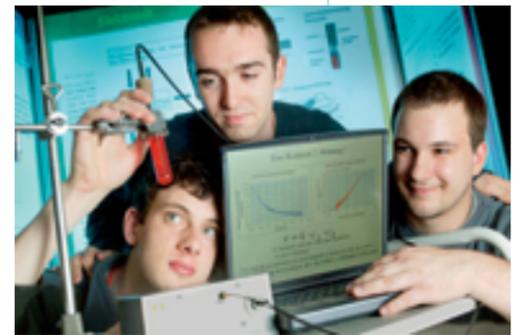
gelang ihm sogar das Kunststück, krumme – also nicht ganzzahlige Ableitungen – zu bilden. Alexander Heß wurde außerdem mit dem Preis der Deutschen Mathematiker-Vereinigung ausgezeichnet und zum „London International Youth Science Forum“ eingeladen.

Bei chemischen Reaktionen geht es nicht nur um Knall oder Gestank. Oft ist auch eine Farbänderung des Gemisches zu beobachten. Wenn etwa ein Viertel Liter Lösung durch einen ein-

FOTOS: JUGEND FORSCHT

zigen Tropfen Säure seine Farbe verliert, ist die Erklärung sehr einfach: Durch eine chemische Reaktion ist ein Farbstoff entstanden oder verbraucht worden. Wie lange dauert so eine Reaktion und wovon hängt der zeitliche Verlauf ab? Um das herauszufinden, haben Tim Junger (20 Jahre alt), Christoph Meinhardt (19) und Stefan Kolb (20) aus Tübingen ein Gerät konstruiert,

das den zeitlichen Verlauf von Farbreaktionen mittels Lichtstrahlen aufzeichnet. Eine bestimmte Menge Licht wird in die Lösung geschickt, und eine Sonde misst, wie viel davon wieder die Lösung verlässt. Je mehr Licht von der Flüssigkeit absorbiert wird, desto mehr Farbstoff ist vorhanden. Die entwickelte Technik macht es möglich, auch bei Tageslicht zu messen.



Tim Junger, Christoph Meinhardt und Stefan Kolb

GRÜNDER DER MAXPLANCKFORSCHUNG GESTORBEN

Zum Tod von Robert Gerwin

Robert Gerwin, langjähriger Pressereferent der Max-Planck-Gesellschaft und Gründer von MAXPLANCKFORSCHUNG (damals MPG-SPIEGEL) ist tot. Der Wissenschaftsjournalist starb jetzt im 82. Lebensjahr in München. Er gehörte zum Kreis jener, die vom Gründungstag der Bundesrepublik an über das technisch-wissenschaftliche Geschehen in Deutschland berichtet und diese Entwicklung mit kritischen Kommentaren begleitet haben. Sein publizistisches Gesamtwerk umfasst mehr als 2500 Titel.



kamen regelmäßige Pressetage, auf denen Journalisten an den Instituten direkten Einblick in die Arbeit der Wissenschaftler erhielten.

Zunächst nur für Mitarbeiter der Max-Planck-Gesellschaft vorgesehen war der von Robert Gerwin konzipierte und gemeinsam mit seinem neuen Team verwirklichte MPG-SPIEGEL (heute MAXPLANCKFORSCHUNG). Die erste Ausgabe dieser Zeitschrift erschien unter dem Namen MPG-MONATSSPIEGEL am 15. Juni 1972 und fand schon bald viele Interessenten – auch außerhalb der Max-Planck-Gesellschaft. Mit seiner Arbeit als Pressereferent erntete Robert Gerwin Anerkennung: Das hohe öffentliche Ansehen der Max-Planck-Gesellschaft, so lobte beispielsweise der frühere Bundesforschungsminister Heinz Riesenhuber, rühre nicht nur von der international geachteten Qualität der Arbeit ihrer Institute her, sondern auch „von einem rührigen Pressebüro, das in den Räumen der Münchner Residenz interessante Entwicklungen an den Instituten sammelt und in verständlicher Form an die Medien weitergibt“.

Auch als Robert Gerwin nach

16 Jahren als Leiter des Pressereferats der Max-Planck-Gesellschaft Ende 1987 in Pension ging, war seine Aktivität ungebrochen. Er führte die Redaktion der deutschen Ausgabe der Zeitschrift MODELL des Weizmann Instituts im israelischen Rehovot fort, leitete bis 1990 die ihm 1973 übertragene Pressearbeit der „Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte“ und betreute Publikationen deutscher Großforschungseinrichtungen.

Im Jahr 1988 erhielt Robert Gerwin für sein Lebenswerk die Medaille für naturwissenschaftliche Publizistik der „Deutschen Physikalischen Gesellschaft“. Und im Jahr 1991 wurde er „für sein berufliches Wirken als Wissenschaftsjournalist, Redakteur und Fernsehautor und vor allem für Aufbau und Leitung des Pressereferats der Max-Planck-Gesellschaft“ mit dem Verdienstkreuz am Bande des Verdienstordens der Bundesrepublik Deutschland ausgezeichnet.



SIE ÜBERSCHREITEN die traditionellen Grenzen der Werkstoffdisziplinen und wollen das Wissen um Transportsysteme, die Medikamente gezielt an erkrankte Regionen des Körpers leiten, voranbringen: Das hat Markus Antonietti und Gleb Sukhorukov, beide am Max-Planck-Institut für Kolloid- und Grenzflächenforschung in Potsdam tätig, nun erhebliche Fördermittel der VolkswagenStiftung eingebracht. Von den rund 3,35 Millionen Euro, die die Stiftung im Rahmen ihrer Förderinitiative „Komplexe Materialien: Verbundprojekte der Natur-, Ingenieur- und Biowissenschaften“ an sieben Projektgruppen ausschüttet, gehen allein etwas mehr als ein Drittel an zwei Projekte, an denen das Institut beteiligt ist. Antonietti will mit Professorenkollegen aus den chemischen Instituten der Universitäten Hamburg, Freiburg und Duisburg-Essen Polymervesikel als vielseitiges Trägersystem sowohl für Wirkstoffe als auch für Gene in Zellen entwickeln und erhält dafür 683 000 Euro. Eine Gruppe junger Wissenschaftler um Sukhorukov sowie Forscher von der Universität München und der International University Bremen widmen sich Polymerkapseln, die als aktive Nanocontainer Enzyme an einen Ort im Körper bringen, an dem diese dann ungiftige Vorstufen von Medikamenten zu hochwirksamen Arzneimitteln umsetzen. Ziel der Forscher ist es auch, die Nanocontainer mithilfe eingebauter magnetischer Nanopartikel über angelegte Magnetfelder extern zu steuern. 695 000 Euro Fördersumme sind hierfür vorgesehen. Die Grundlagen für ein drittes gefördertes Projekt haben Jonathan Howard vom Max-Planck-Institut für molekulare Zellbiologie und Genetik (Dresden) und Kollegen der dort ansässigen Technischen Universität bereits gelegt: Ihnen ist es gelungen, ultradünne fiberartige Strukturen – so genannte Kollagenmatrizen – herzustellen. Auf diesen lassen sich Zellen in definierten Schichtungen züchten. Um herauszufinden, wie und ob Bewegung, Wachstum und Haftung dieser Zellen gezielt steuerbar wären, erhalten die Forscher 354 800 Euro. Und Manfred Reiche vom Max-Planck-Institut für Mikrostrukturphysik (Halle/Saale) ist Partner in einem vierten Projekt, das sich mit der Musterbildung selbstorganisierender Biomoleküle an Silikon-Interfaces beschäftigt. Für das Vorhaben gemeinsam mit Forschern der Universität Göttingen sowie Instituten aus Jena und Frankfurt/Oder bewilligte die Stiftung nochmals 473 400 Euro.

„MARSCHVERPFLEGUNG für den weiteren Weg“ erhielt Tobias Bonhoeffer, Direktor am Max-Planck-Institut für Neurobiologie: So nämlich möchte die Ernst-Jung-Stiftung ihren gleichnamigen Preis für Medizin verstanden wissen, den sie seit 1976 jährlich an einen bis

drei Wissenschaftler verleiht. Die mit 250 000 Euro dotierte Auszeichnung gilt als eine der angesehensten in Europa. Bonhoeffer erhält den Preis in Anerkennung seiner bahnbrechenden Arbeiten zur Erforschung der molekularen und zellulären Vorgänge bei der Informationsspeicherung im Gehirn. Es gelang ihm unter anderem, am lebenden Gehirn nachzuweisen und mikroskopisch direkt zu beobachten, wie sich Strukturen von Gehirnzellen, die „dendritischen Fortsätze“, verändern, wenn Informationen gespeichert werden. Zweiter Preisträger ist in diesem Jahr Stuart Lipton vom Burnham Institute im amerikanischen La Jolla.

WAHRHAFT MAJESTÄTISCH breitet „Prinzesschen“ ihre Flügel aus – und könnte manchen deutschen Brief veredeln, wäre man nicht gehalten, die Briefmarke rechts oben in die Ecke zu kleben und der Weißstörchin so optisch den Flugraum zu nehmen. Doch auch dort macht sie immer noch eine gute Figur: als Motiv eines 55-Cent-Sonderpostwertzeichens aus der Serie „Bedrohte Tierarten“. Prinzesschen ist eine berühmte unter den noch rund 4000 Weißstörchen in Deutschland, denn sie trägt seit 1994 einen kleinen Sender, der es ermöglicht, ihr Zugverhalten zu verfolgen. Es war die Vogelwarte Radolfzell der Max-Planck-Forschungsstelle für Ornithologie mit ihrem Direktor Peter Berthold, unter deren Federführung und in Zusammenarbeit mit dem Storchenhof Loburg (Sachsen-Anhalt) Anfang der 1990er-Jahre die dafür verwendete Satelliten-Telemetrie entwickelt und erprobt wurde. Ein Minisender meldet über Satellit die Aufenthaltsorte der Störche auf Zugwegen – übrigens sehr zur Freude vieler Hobbyornithologen: Sie können im Internet miterleben, welchen Weg Prinzesschen nimmt, wenn sie ihren winterlichen Aufenthaltsort in Südafrika verlässt und sich auf die rund 12 000 Kilometer lange Rückreise in die sächsische Heimat macht, um dort zu brüten. „Prinzesschen & Co“ sind außerdem Fernsehstars beim MDR, der regelmäßig über die Geschehnisse auf dem Loburger Storchenhof berichtet.

ANERKENNUNG AUS DEN USA erntete das Münchner Max-Planck-Institut für Psychiatrie: Es bekam einen „Bristol-Myers Squibb Freedom to Discover Grant 2004“ im Bereich Neurowissenschaften. Das amerikanische Pharmaunternehmen vergibt hierbei über einen Zeitraum von fünf Jahren thematisch nicht gebundene Fördermittel in Höhe von 500 000 US-Dollar, die das Institut mit Direktor Florian Holsboer nach eigenem Ermessen einsetzen kann.



Auf der Marke um die Welt: Die Weißstörchin „Prinzesschen“ prangt auf einem 55-Cent-Sonderpostwertzeichen aus der Serie „Bedrohte Tierarten“.



Forschungseinrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft



MAXPLANCKFORSCHUNG wird herausgegeben vom Referat für Presse- und Öffentlichkeitsarbeit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. Vereinsrechtlicher Sitz: Berlin. ISSN 1616-4172

Redaktionsanschrift:
Hofgartenstraße 8, 80539 München
Tel.: 089 2108-1232 • Fax: 089 2108-1405
E-Mail: mpf@gv.mpg.de
Das Heft als PDF: www.magazin-dt.mpg.de

Verantwortlich für den Inhalt:
Dr. Bernd Wirsing (-1276)

Leitender Redakteur: Helmut Hornung (-1404)
Biologie, Medizin: Dr. Christina Beck (-1306)
Chemie, Physik, Technik: Helmut Hornung (-1404)
Geisteswissenschaften: Susanne Beer (-1342)
Schlussredaktion: Walter Frese (-1272)
Redaktionsassistent: Daniela Schäfer (-1232)
Bilddokumentation: Manuela Gebhard (-1287)
Gestaltung: Rudi Gill, DTP-Operating: Franz Pagel
Senftlstraße 1, 81541 München
Tel.: 089 4482150 • Fax: 089 484752
E-Mail: rudigill@aol.com

Litho: kaltnermedia
Dr.-Zoller-Str. 1, 86399 Bobingen
Druck+Vertrieb:
Vogel Druck- und Medienservice GmbH & Co. KG, Leibnizstr. 5, 97204 Höchberg
Anzeigen:
Beatrice Rieck, Vogel Druck- und Medienservice GmbH & Co. KG, Leibnizstr. 5, 97204 Höchberg
Tel.: 0931 4600-2721
Fax: 0931 4600-2145
E-Mail: beatrice_rieck@vogel-druck.de

MAXPLANCKFORSCHUNG will Mitarbeiter und Freunde der Max-Planck-Gesellschaft aktuell informieren. Das Heft erscheint in deutscher und englischer Sprache (**MAXPLANCKRESEARCH**) jeweils mit vier Ausgaben pro Jahr. Die Auflage der **MAXPLANCKFORSCHUNG** beträgt zurzeit 36 000 Exemplare (**MAXPLANCKRESEARCH**: 8 000 Exemplare). Der Bezug des Wissenschaftsmagazins ist kostenlos. **MAXPLANCKFORSCHUNG** wird auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt. Nachdruck der Texte unter Quellenangabe gestattet. Bildrechte können nach Rücksprache mit der Redaktion erteilt werden. Alle in **MAXPLANCKFORSCHUNG** vertretenen Auffassungen und Meinungen können nicht als offizielle Stellungnahme der Max-Planck-Gesellschaft und ihrer Organe interpretiert werden.

Die **Max-Planck-Gesellschaft** zur Förderung der Wissenschaften unterhält 78 Forschungsinstitute, in denen rund 12 200 Mitarbeiter tätig sind, davon etwa 4200 Wissenschaftler. Hinzu kamen im Jahr 2003 rund 9600 Stipendiaten, Gastwissenschaftler und Doktoranden. Der Jahresetat 2004 umfasst insgesamt 1325 Millionen Euro. Die Forschungsaktivität erstreckt sich überwiegend auf Grundlagenforschung in den Natur- und Geisteswissenschaften. Die **Max-Planck-Gesellschaft** sieht ihre Aufgabe vor allem darin, Schrittmacher der Forschung zu sein. Die **Max-Planck-Gesellschaft** ist eine gemeinnützige Organisation des privaten Rechts in der Form eines eingetragenen Vereins. Ihr zentrales Entscheidungsgremium ist der Senat, in dem eine gleichwertige Partnerschaft von Staat, Wissenschaft und sachverständiger Öffentlichkeit besteht.



Reihenschaltung im Fliegenhirn: Blitzschnell können Fliegen ihre Flugbahn korrigieren, wenn plötzlich Hindernisse auftauchen. Tatsächlich sind sie Weltmeister im Bewegungssehen. Nur 60 Nervenzellen in den optischen Zentren jeder Hirnhälfte verrechnen die Bewegungsreize und geben die Signale an den Flugmotor weiter. Wissenschaftler am Max-Planck-Institut für Neurobiologie in Martinsried haben jetzt die auf eine der vier Hauptbewegungsrichtungen ansprechenden „VS-Zellen“ bei der Schmeißfliege *Calliphora vicina* genauer untersucht – und dabei einen interessanten Schaltplan gefunden: Durch zeitgleiche Injektion eines rot und eines grün fluoreszierenden Farbstoffs haben die Forscher gezeigt, dass alle zehn „VS-Zellen“ in einer Reihenschaltung miteinander verknüpft sind; damit wird das rezeptive Feld jeder einzelnen Zelle vergrößert – die Fliege erweitert quasi ihren Wahrnehmungshorizont. Dabei stehen die Zellen über elektrische Synapsen an ihrem Hauptstamm, dem Axon, und nicht an den Dendriten in Kontakt. Die elektrische Spannung wird also nahezu verzögerungsfrei von einem „Kabel“ auf das andere übertragen. Und das erklärt, warum es uns so selten gelingt, die lästigen Brummer zu fassen.

FOTO: MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR NEUROBIOLOGIE