

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft



**4/2003** ▶ Die Vermehrungsstrategie der Rhesusaffen ▶ Der Griff in die Computerwelt ▶ Eine Hand voll Technik mit Fingerspitzengefühl ▶ Minnesang in der Datenbank ▶ Vom Ursprung des Sonnensystems

**DFG**

**Im Querschnitt**

**Ausgezeichneter Communicator**

Mit dem „Communicator-Preis 2003“ wurde in Mainz der Frankfurter Neurophysiologe Professor Wolf Singer ausgezeichnet. Im Rahmen der diesjährigen Auftaktveranstaltung des „Wissenschaftssommers“ erhielt Singer den mit 50 000 Euro dotierten Preis für besondere Verdienste um die Vermittlung seiner wissenschaftlichen Arbeit in die Öffentlichkeit. Die Auszeichnung wurde zum vierten Mal verliehen. **Seite 25**

**Im Wettlauf um die besten Köpfe**

Im Rahmen seines Staatsbesuchs in China hat Bundespräsident Johannes Rau das Chinesisch-Deutsche Zentrum für Wissenschaftsförderung in Peking besucht. Er nahm dort an einem Symposium zum Thema „Köpfe, Konkurrenz und Kooperation“ teil. Dabei wurden die Chancen und Schwierigkeiten diskutiert, die aus dem internationalen Wettbewerb um die besten Wissenschaftler entstehen. **Seite 27**

**Im Dienst der Meeresforschung**

Zur Unterstützung deutscher Meeresforscher und ihrer internationalen Partner unterstützt die DFG ein neues Forschungsschiff. Die „Maria Sibylla Merian“ wird als Hilfseinrichtung der Forschung gefördert. Das derzeit noch im Bau befindliche Schiff gehört zu den mittelgroßen der deutschen Forschungsflotte und soll insbesondere am Eisrand der nördlichen Meere eingesetzt werden. **Seite 29**

**Der Kommentar**

Johannes Dichgans

**Stimulation für die Klinische Forschung . . . . . S. 2**

**Ingenieurwissenschaften**

Günther Schmidt

**Der Griff in die Computerwelt . . . . . S. 4**

Marcell Meuser, Hubertus Murrenhoff

**Eine Hand voll Technik mit Fingerspitzengefühl . . . . . S. 7**

**Geisteswissenschaften**

Armin Schlechter, Karin Zimmermann, Matthias Miller

**Vom Minnesang in der Datenbank . . . . . S. 10**

**Biowissenschaften**

Otto L. Lange

**Wenn kleine Organismen große Wirkung zeigen . . . . . S. 14**

Jörg Schmidtke, Peter Nürnberg, Michael Krawczak

**Der Rhesusaffe und die Vermehrungsstrategie . . . . . S. 20**

**Im Porträt**

**Vom Ursprung des Sonnensystems . . . . . S. 19**



**Rhesusaffen auf Wanderschaft**

Junger Rhesusaffe auf der „Affeninsel“ Cayo Santiago vor Puerto Rico. Die Wanderung der pubertierenden Männchen zu neuen sozialen Gruppen wird genetisch gesteuert (Seite 20).  
Titelbild: Richard G. Rawlins.

**Impressum**

Herausgegeben von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG); „forschung“ erscheint vierteljährlich beim WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Postfach 10 11 61, 69451 Weinheim; Jahresbezugspreis 2004: € 44,00 zzgl. MwSt.; Redaktion: Dieter Hüsken (Chefredakteur, verantwortlich für den Inhalt, Layout), Dr. Rembert Unterstell, Ursula Borchardt-Allmendinger, Angela Kügler-Seifert; Redaktionsassistentz: Renate Kahl; Druck: Bonner Universitäts-Buchdruckerei; Redaktionsanschrift: DFG, Bereich Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Kennedyallee 40, 53175 Bonn, Tel.: 0228 / 885-1; Fax: 0228 / 885-2180; E-Mail: postmaster@dfg.de; Internet: www.dfg.de; gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Papier mit 50% Recyclingfaser **ISSN 0172-1518**

Die klinische Forschung in Deutschland bedarf stimulierender Impulse. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat deshalb gemeinsam mit dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) das neue Programm „Klinische Studien“ ins Leben gerufen. Förderung klinischer Forscherinnen und Forscher als konzentrierte Initiative und in vernetzender Absicht ist das Ziel. Und das aus gutem Grund! Denn der Stellenwert der klinischen Forschung liegt auf der Hand: Die „Gesundheitsforschung“ wird von vielen Mitmenschen landauf, landab mit Interesse, ja mit besonderen Erwartungen verfolgt, weil sie sich von den Ergebnissen dieser Forschung Erfolge bei der Vorbeugung, Diagnose und Therapie von Krankheiten versprechen. Zugleich ist seit vielen Jahren bekannt, dass der Stand der klinischen Forschung in Deutschland in einigen Bereichen zwar erstklassig, aber insbesondere bei der patientenorientierten Forschung nicht zufrieden stellend ist. Das gilt insbesondere in struktureller Hinsicht und mit Blick auf eine international wettbewerbsfähige Forschung. Die Defizite sind nach einer Studie der Boston Consulting Group daran erkennbar, dass Deutschland in der Länderrangfolge hinsichtlich der Anzahl der Publikationen, die über klinische Studien berichten (bezogen auf die Bevölkerungszahl), hinter Dänemark, Großbritannien und den Niederlanden einen der letzten Plätze einnimmt. Und dies, obwohl wir in Deutschland mit einer hohen Facharztdichte und leistungsfähigen medizinischen Versorgungseinrichtungen prinzipiell gute Voraussetzungen für die patientenorientierte Forschung besitzen. Darauf hat bereits unmissverständlich die Denkschrift „Klinische Forschung“ der DFG aus dem Jahre 1999 hingewiesen. Sie beschreibt zusammenfassend den Zustand der klinischen Forschung, analysiert ihre Defizite und zeigt Perspektiven zur Verbesserung auf. Aus der Denkschrift sind inzwischen Wege der Umsetzung hervorgegangen, aus der Analyse greifbare Gestaltungsimpulse erwachsen –

2



Prof. Dr.  
Johannes Dichgans

# Stimulation für die Klinische Forschung

*Mit einem neuen Förderprogramm sollen Defizite in der Gesundheitsforschung abgebaut werden – DFG und BMBF starten „Klinische Studien“*



so auch das Programm „Klinische Studien“.

Was versteht man eigentlich unter klinischen Studien? Klinische Studien sind systematische Untersuchungen am Menschen, die ausschließlich mit Zustimmung der zuvor umfänglich informierten Patienten nach einem umrissenen „Fahrplan“ an verschiedenen Orten, mitunter weltweit, ablaufen und dementsprechend große Patientenzahlen benötigen.

Die Intention des neuen Förderprogramms „Klinische Studien“ ist aber, nicht nur Studien mit großen Patientenzahlen zu unterstützen, sondern auch solche, die sich kleinen Patientengruppen widmen. An diesen besteht bei der Pharmaindustrie kein unmittelbares ökonomisches Interesse. Ein Beispiel ist die Behandlung von bösartigen Hirntumoren mit etwa 3600 Neuerkrankungen pro Jahr. Mit anderen Worten: Das Förderprogramm zielt ausschließlich auf wissenschaftsgetriebene klinische Studien. Diese unterscheiden sich insofern maßgeblich von Arzneimittel-Zulassungsstudien, als sie eine klinisch-wissenschaftliche Fragestellung in den Mittelpunkt rücken und ihre Konzeption und Publikation von unabhängigen klinisch-wissenschaftlichen Leitern stammt. Die Erfahrung zeigt: Viele Fragestellungen können nur industrieunabhängig und mit den Mitteln öffentlicher Forschungsförderer bearbeitet werden.

Die Durchführung klinischer Studien verlangt ein hohes Maß an Professionalität, das derzeit an den Kliniken nur ausnahmsweise vorhanden ist. Vor diesem Hintergrund zielt das Förderprogramm darauf ab, die bestehende Studienkultur wesentlich anzuheben und an den beteiligten Universitätskliniken das Know-how für die Anlage und Durchführung so exzellenter wie innovativer klinischer Studien auf internationalem Niveau zu etablieren. Dabei spielt die Einhaltung und Implementierung internationaler Forschungsstandards, das heißt der Richtlinien zur „Good Clinical Practice“ der In-

ternational Conference on Harmonization die entscheidende, weil maßstabsetzende Rolle.

Die DFG wird im Rahmen des Programms schwerpunktmäßig klinische Studien zur nicht-pharmakologischen Therapie sowie klinische Diagnose- und Prognosestudien fördern. Komplementär hat es sich das BMBF zur Aufgabe gemacht, Projekte zu pharmakologischen Therapieverfahren und so genannte Metaanalysen mit systematischer Auswertung von klinischen Studien zu unterstützen.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft und das BMBF erwarten, durch ihr koordiniertes und abgestimmtes Vorgehen auf diesem Forschungsfeld besonders nachhaltige und effektive Förderwirkungen zu erzielen. In qualitätssichernder Absicht ist das Verfahren zur Antragstellung bewusst zweistufig: In einem ersten Schritt können Antragsskizzen eingereicht werden, die von einem unabhängigen internationalen Gutachterkreis bewertet werden. Nach einem positiven Gutachtervotum auf dieser Stufe können dann in einem zweiten Schritt die vollständig ausgearbeiteten Förderanträge vorgelegt werden, über die wiederum eine Gutachtergruppe vergleichend berät.

Durch das Programm soll nicht nur die Forschungsleistung gefördert, sondern diese auch stärker als bislang nach außen sichtbar gemacht werden. Denn der angelauene Reformprozess in der medizinischen Forschung benötigt mehr als nur neue Programme und Initiativen. Er bedarf nicht weniger des Wandels von Vorstellungen in den Köpfen der Verantwortlichen in den Universitätskliniken. So will das neue Förderprogramm auch dazu beitragen, dort den Stellenwert und das Ansehen klinischer Studien zu mehren. Nach wie vor müssen die Chancen für den klinisch-wissenschaftlichen Nachwuchs wesentlich verbessert werden! Der Entfaltung und dem Karriereweg wissenschaftlicher Talente stehen weiterhin strukturelle Barrieren entgegen: der Mangel an Zeit für die Wissen-

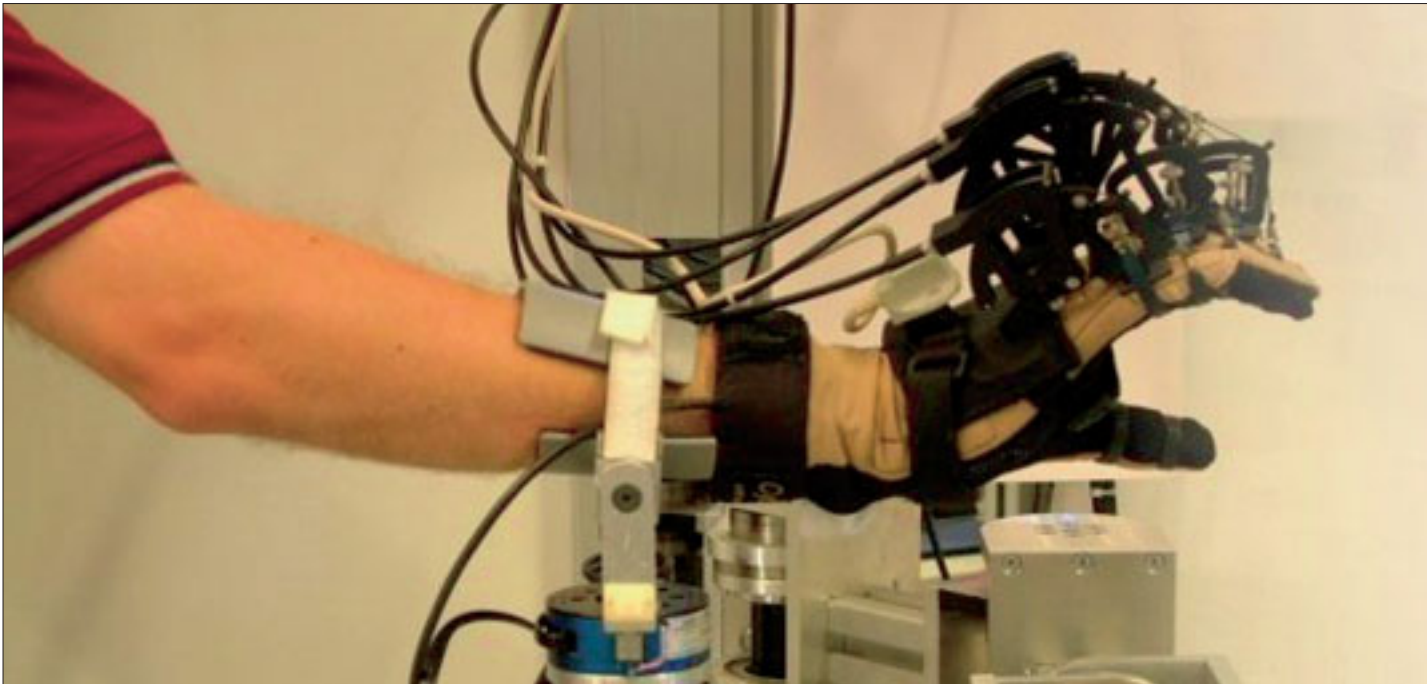
schaft bei einer Überlast an klinischen Versorgungsaufgaben, das Fehlen einer strukturierten Ausbildung für die Wissenschaft und unbefriedigende Laufbahnperspektiven für klinische Forscher jenseits der Möglichkeit, sich als Chefarzt zu verdingen. Hinzu kommt die chronische Unterfinanzierung in der klinischen Forschung.

Wie von der Denkschrift beschrieben und empfohlen, bleibt der wichtigste und folgenreichste politische Reformschritt die Trennung der Krankenversorgung einerseits und der Lehre und Forschung andererseits. Im Ergebnis würde dies eine Aufteilung in zwei akademische Laufbahnen der Medizin bedeuten. Das macht für den klinischen Forscher allerdings eine weniger hierarchisch gegliederte arbeitsteilige Struktur mit deutlich kleineren Verantwortungseinheiten erforderlich. Und mehr noch: Um in Deutschland zu international wettbewerbsfähigen Leistungen in der klinischen Forschung zu kommen, sind zwei weitere Rahmenbedingungen unabdingbar: die Anerkennung von Spezialisierung und zugleich die Einsicht in die Langfristigkeit dieser Art der klinischen Forschung. Das jetzt in gemeinsamer Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und der Deutschen Forschungsgemeinschaft aufgelegte Programm „Klinische Studien“ möchte diesen Anforderungen entgegenkommen. Es will damit den besonderen Bedürfnissen dieses Forschungszweigs in Deutschland Rechnung tragen.



*Prof. Dr. Johannes Dichgans,  
Vizepräsident der DFG,  
Neurologische Universitätsklinik  
Tübingen*

Das Präsidium der DFG setzt sich zusammen aus dem Präsidenten und acht Vizepräsidenten sowie dem Vorsitzenden des Vorstands des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.



**M**ultimedia und Computertechniken begleiten in vielerlei Weise unser Berufs- und Alltagsleben. Bereits vor dem Kauf einer neuen Möbeleinrichtung können wir diese in einer virtuellen Wohnung am Bildschirm aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten. Als eindrucksvoll erweisen sich auch virtuelle Rekonstruktionen berühmter Baudenkmäler, bei denen Computer und Multimedia dem Nutzer die Illusion einer Wanderung durch diese nicht mehr real existierenden historischen Räumlichkeiten vermitteln. Großer Beliebtheit erfreuen sich – nicht nur bei Jugendlichen – audiovisuelle Computerspiele, wie etwa Autorennen „à la Schumi“.

Mit der wachsenden Perfektionierung dieser multimedialen Systeme zeigen sich aber auch häufig deren Schwächen in puncto Vermittlung hoher Realitätsnähe. So vermag ein Computer über Bildschirm und Lautsprecher derzeit nur zwei der fünf menschlichen Sinne anzusprechen. Andere, für ein „Begreifen“ der Welt wichtige Eindrücke, wie sie der Bewegungs-, Kraft- oder Tastsinn vermitteln, können technisch derzeit nicht oder nur unzureichend dargestellt werden. Häufig erweisen sich aber gerade diese haptischen, das heißt

## Der Griff in die

*Bei Computerspielen oder anderen multimedialen visuelle und akustische Sinneseindrücke. Neuartige vermitteln, was die Grundlage für ein wirklich*

den Tastsinn betreffenden Wahrnehmungen für ein ganzheitliches, realitätsnahes Eintauchen in virtuelle, computererzeugte Welten und Umgebungen als entscheidend.

So würde es ein Kunde sicherlich zu schätzen wissen, seine zukünftige Wohnungseinrichtung nicht nur am Bildschirm zu sehen, sondern zugleich die Struktur der Möbeloberflächen oder die Qualität der Polstermöbelbezüge ertasten zu können. Ein wesentlich höheres Maß an Wirklichkeitsnähe ließe sich für den Besucher eines virtuell rekonstruierten Baudenkmals dann erzielen, wenn er Details der Architektur befühlen und die zum Öffnen oder Schließen eines Tores notwendige Kraft spüren könnte. Ähnliches gilt selbstverständlich auch für Compu-





# Computerwelt

Anwendungen erhält der Nutzer ausschließlich  
Tastdisplays helfen, auch Berührungsreize zu  
keitsnahes „Begreifen“ am Computer legt

Schnittstelle zwischen Mensch und Computer an – von den heutigen multimedialen zu den so genannten multimodalen Systemen, bei denen der Nutzer auf verschiedene Art und Weise angesprochen wird und handeln kann. Diese Vision steht auch im Zentrum der Forschungsaktivitäten des im Münchner Raum angesiedelten Sonderforschungsbereichs „Wirklichkeitsnahe Telepräsenz und Teleaktion“. Dabei ist unter Telepräsenz das Gefühl des Menschen zu verstehen, in einer computererzeugten virtuellen Welt oder auch in einer ihm nicht direkt zugänglichen realen Umgebung mit allen relevanten Sinnen körperlich präsent zu sein. Die Einbeziehung der haptischen Sinnesmodalität in Telepräsenzsysteme ermöglicht es, in virtuellen Umgebungen realitätsnahe Aktionen durchzuführen oder sogar, etwa via Internet, über eine Entfernung hinweg Teleaktionen vorzunehmen.



terspiele. Hersteller von Computerspielen haben die Wirkung haptischer Sinneseindrücke erkannt und bieten deshalb Steuerknüppel an, so genannte Joysticks oder Lenkräder, die dem Spieler zusätzlich zu den bekannten akustischen und optischen Eindrücken auch authentische Berührungsreize vermitteln.

Diese Beispiele deuten bereits einen absehbaren Trend an der

Die Technik macht's möglich: am Bildschirm eine Phantomhand sehen, die gerade ein virtuelles Radio in ein Armaturenbrett einsetzt, dabei mit der eigenen Hand die Bewegungen steuern und das Objekt spüren. Oder durch einen leeren Raum wandern und gleichzeitig den Eindruck genießen, durch eine Kunsthalle zu gehen und die Objekte von allen Seiten betrachten und betasten zu können.

Was benötigt nun ein Computer zusätzlich, um dem Benutzer eines multimodalen Systems neben visuellen und akustischen auch haptische Eindrücke zu vermitteln? Dazu gehören zunächst einmal Anzeigesysteme oder Displays, die die haptischen Sinneskanäle angemessen zu stimulieren vermögen. Berührungseindrücke an den Fingerspitzen



zen können beispielsweise durch miniaturisierte Vibrationselemente vermittelt werden oder durch Anzeigen, die nadelkissenartig aus einer Vielzahl von beweglichen Einzelstiften zusammengesetzt sind.

Durch roboterartige Strukturen lassen sich Krafteindrücke an Fingern, Hand und Armgelenk hervorrufen. Darüber hinaus muss eine spezielle Software bereitgestellt werden, die in der Lage ist, per Computer auf den Displays die spezifischen haptischen Reize zu erstellen und deren Zusammenspiel zu koordinieren. Trotz gewisser Ähnlichkeiten zu hochwertiger Grafik-Software, wie sie zur Erzeugung dreidimensionaler visueller Sinneseindrücke per Computer bereitsteht, stellen entsprechende

haptische Rechenprogramme jedoch noch hohe wissenschaftliche Anforderungen an die Modellierungs-, Programmier- und Computertechnik. Zu guter Letzt muss das mit der virtuellen Umgebung interagierende menschliche Organ, wie der Finger oder die Hand, als eine Art Phantom, häufig als Avatar bezeichnet, in das Computerbild eingebildet werden. Damit wird sichergestellt, dass alle vom Computer übertragenen und vom Benutzer wahrgenommenen visuellen, akustischen und haptischen Informationen ein stimmiges Gesamterlebnis vermitteln. Das ist für die Realitätsnähe ausschlaggebend.

Einige Beispiele der am Münchener Sonderforschungsbereich entwickelten und ausgeführten Anwendungen belegen, dass die durch Multimodalität erzielbare „Hautnähe“ ein wesentlich tieferes und umfassenderes Begreifen der mittels Computer erzeugten Welten und Objekte ermöglicht:

So war es kurz vor der Euro-Einführung möglich, die Prägung einer damals noch nicht physisch verfügbaren Ein-Euro-Münze nicht nur

dreidimensional zu visualisieren, sondern sie mittels eines haptischen Münzmodells und Tastdisplays mit der Fingerspitze auch befühlbar zu machen. Ähnliche Techniken können ebenfalls nutzbringend bei der medizinischen Ausbildung eingesetzt werden. So lässt sich am virtuellen Patienten das Abtasten der Bauchdecke üben, etwa um die pulsierende Schlagader zu finden oder um eine Geschwulst zu entdecken.

Eine weitere Anwendung steht im Zusammenhang mit dem „Virtual Prototyping“, das heißt mit der Produktentwicklung am Computer, in der der Benutzer das Einsetzen eines Autoradios in ein virtuelles Instrumentenbrett nicht nur sehen und hören, sondern auch fühlen kann.



Mit dem multimodalen Kniegelenksimulator erlernen Orthopäden realitätsnah verschiedene zur Diagnose von Knieverletzungen typische Knie-tests und können dabei auch die biomechanischen Vorgänge im Knieinneren beobachten.

Hierbei nimmt er mittels eines aufwändigen Hand/Arm-Displays das Gewicht des Radios beim Anheben wahr, fühlt die Glattheit, Rauigkeit oder Temperatur des Gehäuses und spürt schließlich sogar die zum Einsetzen in das Instrumentenbrett notwendigen Kräfte. Ein jüngst entwickeltes mobiles haptisches Display ermöglicht dem Benutzer einen Gang durch eine ausgedehnte virtuelle Kunsthalle, während er sich dabei tatsächlich durch einen definierten Bereich eines Labors oder zukünftig sogar in seiner eigenen Wohnung bewegt. Kunstobjekte

wie Gemälde oder Skulpturen lassen sich dabei nicht nur von allen Seiten betrachten, sondern sogar begreifen und betasten, was in einer realen Galerie bekanntlich nur selten erlaubt ist.

Derzeit sind die intensiven internationalen Forschungsbemühungen jedoch noch nicht so weit fortgeschritten, dass sich schon kurzfristig kostengünstige haptische Displayprodukte für einen Massenmarkt abzeichnen. Die hier beschriebenen Ansätze zur Multimodalität haben sich jedoch in Spezialanwendungen bereits vielfach bewährt und dabei ein hohes Anwendungspotenzial demonstriert. Sie werden in absehbarer Zukunft wachsende Bedeutung erlangen, so beispielsweise für die Intensivierung der medizinischen Ausbildung

mittels multimodaler Organ- oder Patientensimulatoren und auch für das „Rapid Prototyping“, also die digitale Produktentwicklung. Ein weiterer Bereich, der von der Multimodalität profitieren wird, ist das Teleshopping, bei dem der Kunde in Zukunft

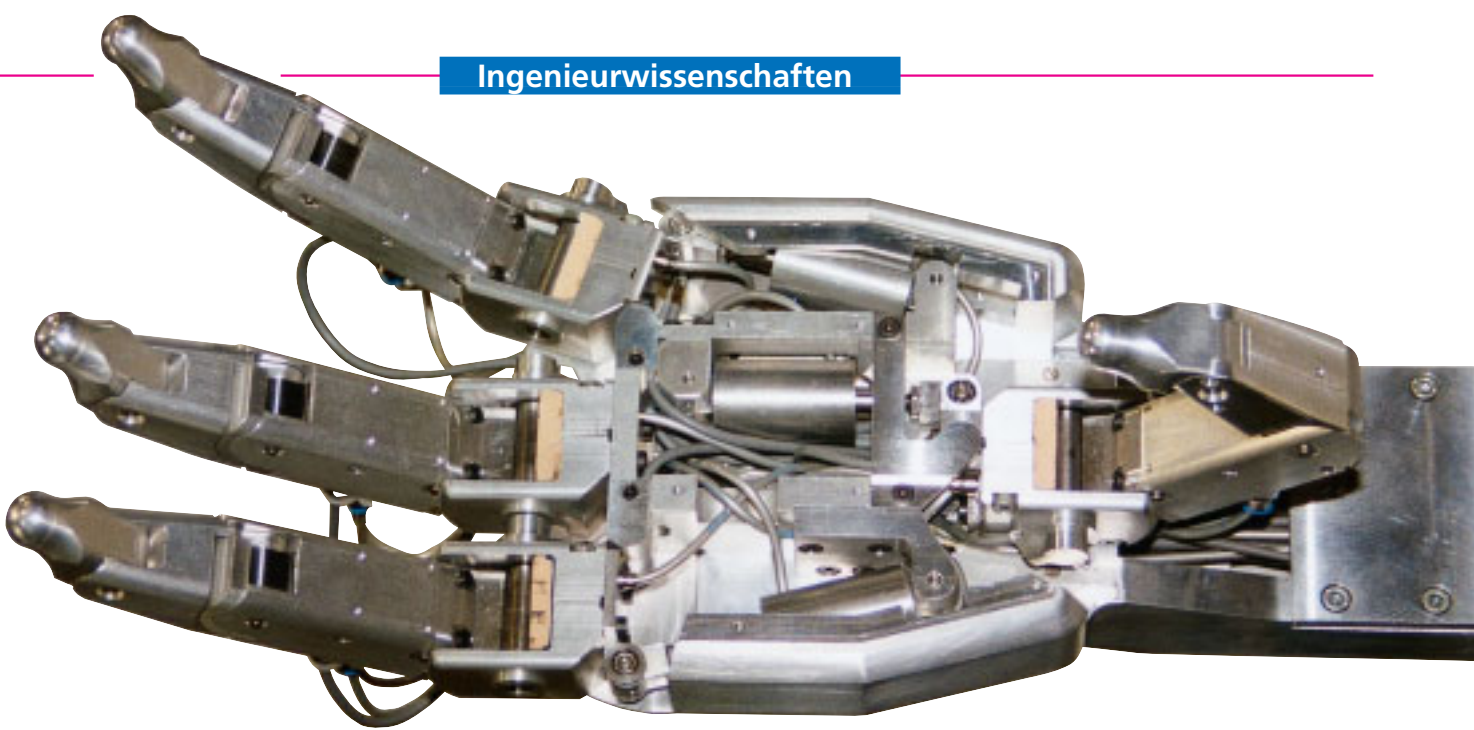
beim Durchblättern eines virtuellen Katalogs auch haptische Eindrücke der Produkte erhalten wird. Darüber hinaus bietet sich eine Möglichkeit für die Erforschung und Beeinflussung nanotechnologischer oder molekularbiologischer Strukturen.

Längerfristig erscheint es durchaus denkbar, computererzeugte Multimodalität auch auf weitere Sinneswahrnehmungen, wie etwa das Riechen oder Schmecken, auszuweiten. Damit ließe sich eine noch umfassendere und intensivere Wahrnehmung virtueller oder auch entfernter realer Umgebungen erzielen.

*Prof. Dr.-Ing. Günther Schmidt  
Technische Universität München*

Die Forschungsarbeiten werden von der DFG im Rahmen eines Sonderforschungsbereichs gefördert.

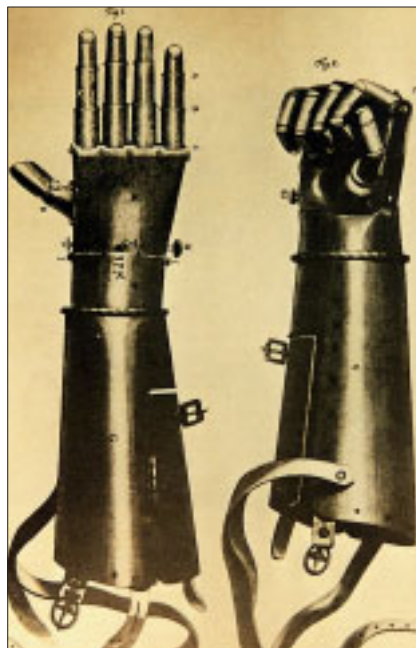




# Eine Hand voll Technik mit Fingerspitzengefühl

*Ob als Prothese oder Roboterhand – Künstliche Hände werden für eine Vielzahl von Anwendungen benötigt. Eine neue, mit Druckluft betriebene Roboterhand zeichnet sich durch besondere Greif- und Haltemöglichkeiten aus*

**E**s sind zumeist die in den Medien verbreiteten Bilder schlimmer Kriegsfolgen, die einem die Bedeutung der Prothetik vor Augen führen. Ziel der Prothetik ist es, fehlende Gliedmaßen durch künstliche Gelenke zu ersetzen. Ihre Anfänge reichen weit zurück in die Geschichte. So gab es schon früh erste Versuche, den Makel fehlender Gliedmaßen durch künstliche Hände zu lindern. Diese Hände – zu jener Zeit noch ohne Funktion – bestanden zumeist aus Holz, Elfenbein oder einem verarbeitbaren Metall wie Bronze oder Eisen. Die älteste bekannte und heute noch erhaltene künstliche Hand, die erste Funktionalitäten durch Gelenke und ein technisches Innenleben aufweist, ist die des Götz von Berlichingen. Nachdem er in der Schlacht bei Landshut 1508 seine



rechte Hand verloren hatte, ließ er sich von einem Waffenschmied eine künstliche Hand herstellen. Deren Finger konnten mit der gesunden Hand verstellt und die eingestellte Gelenkposition eingerastet werden. Nach Lösen der Rastfunktion stellten sich die Finger durch Federn wieder selbsttätig zurück.

Neben der medizinischen Anwendung haben künstliche Hände heute dort ein breites Einsatzfeld gefunden, wo gesundheitsgefährdende oder lebensgefährliche Be-

Die älteste erhaltene bewegliche Handprothese gehörte Götz von Berlichingen. Er ließ sie anfertigen, nachdem er 1508 seine rechte Hand in einer Schlacht verloren hatte. Heute werden die Finger nicht mehr mit der Hand verstellt, sondern – wie bei dem abgebildeten Model – mit Druckluft.

dingungen den Einsatz des Menschen behindern oder gar unmöglich machen. So ist es etwa bei Störfällen in Chemieanlagen oder bei der Entschärfung von Bomben sinnvoll, die natürliche Geschicklichkeit der menschlichen Hand künstlich nachzubilden. In zunehmendem Maße schwierig gestaltet sich auch der Einsatz menschlichen Personals in Fertigung und Montage. Die wachsende Produktvielfalt und der steigende Kostendruck in der Industrie erzeugen hier einen hohen Bedarf an flexiblen Handhabungsgeräten, die die Fähigkeiten der menschlichen Hand nachbilden können, gleichzeitig aber kostengünstiger sind. Schließlich ist auch eine Unterstützung von Menschen überall dort denkbar, wo es über Stunden auf hohe Präzision ohne Ermüdung ankommt. Derartige Situationen treten häufig im medizinischen Umfeld auf, wo Chirurgen langwierige Operationen mit großer Sorgfalt durchführen müssen. Hier könnten Roboterhände die Arbeit der Chirurgen erheblich erleichtern.

Somit gibt es grundsätzlich zwei Entwicklungsziele für künstliche Hände: die Prothese, die die Fähigkeiten und das Erscheinungsbild der menschlichen Hand möglichst gut nachempfunden, und die Roboterhand, die die Flexibilität und die Greifkraft der menschlichen Hand erzielen soll. Die Entwicklung einer Roboterhand führt dabei meist zu einem der menschlichen Hand ähnlichen Erscheinungsbild. Aber im Gegensatz zur Prothetik geschieht dies nicht in erster Linie aus ästhetischen Gründen, sondern weil davon ausgegangen wird, dass die menschliche Hand im Zuge der Evolution zu einem beinahe perfekten Greif- und Handhabungswerkzeug gereift ist.

Die „Aachen-IFAS-Hand“ ist eine an der RWTH Aachen entwickelte Roboterhand, die sich zwar an den Eigenschaften und dem Aufbau der menschlichen Hand orientiert, nicht jedoch an deren Erscheinungsbild.

Während die große Zahl der weltweit entwickelten Roboterhände mit Elektromotor oder – einige wenige – mit Druckflüssigkeiten angetrieben werden, arbeitet die Aachener Roboterhand als erste ihrer Art pneumatisch, also mit Druckluft. Die Pneumatik bietet gegenüber dem elektromagnetischen Antriebsprinzip eine Reihe von Vorteilen. So stellt sie keine besonderen Ansprüche an die für den Antrieb verwendeten Materialien. Es können also

Baustoffe geringer Dichte wie Aluminium oder Kunststoff verwendet werden, die das Gewicht stark reduzieren. Zudem können in Bezug auf den benötigten Bauraum große Kräfte aufgebracht werden, die über die Beeinflussung des Drucks feinfühlig steuerbar sind.

Das Antriebsprinzip ist durch die ausschließliche Verwendung von Luft sehr umweltfreundlich. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass sich pneumatische Antriebe sehr einfach brand- und explosionsgeschützt ausführen lassen, da weder die verwendeten Materialien noch das Antriebsmedium Feuer auslösen oder beschleunigen können. Pneumatische Energie lässt sich auch sehr einfach in Form von Druckluft in Behältern speichern und steht in Betrieben und Krankenhäusern in der Regel zur Verfügung. Schließlich ist

der Anschlussaufwand pneumatischer Antriebe gering, da auf Rückleitungen vielfach zugunsten einer direkten Entlüftung in die Umgebung verzichtet werden kann.

Das pneumatische Antriebsprinzip weist jedoch eine Reihe von Nachteilen auf: So bewirkt die ausströmende Luft eine Geräuschentwicklung, die unter Umständen wieder gedämpft werden muss. Zudem ist die Regelung pneumatischer Antriebe durch die Kompressibilität

(das heißt die Stauchbarkeit) der Luft aufwändig, und schließlich muss die für den Betrieb der pneumatischen Antriebe verwendete Druckluft trocken und sauber sein, womit die Forderung nach der Aufbereitung und Filterung des Druckmediums einhergeht.

Durch die konsequente Miniaturisierung der pneumatischen Antriebe und der eingesetzten Sensorik konnte die Größe der „Aachen-IFAS-Hand“ auf das Anderthalbfache

einer menschlichen Hand reduziert werden. Sie besitzt jedoch nur vier Finger. Auf einen fünften wurde verzichtet, da für das sichere Halten eines Objektes drei Finger ausreichen. Zum Manipulieren eines Objektes muss, während es sicher gehalten wird, ein Finger vom Objekt gelöst und neu positioniert werden, was einen weiteren Finger notwendig macht.

Die „Aachen-IFAS-Hand“ verfügt über insgesamt 11 Freiheitsgrade, worunter voneinander unabhängige Bewegungsmöglichkeiten verstanden werden: Die beiden äußeren Finger und der Daumen weisen jeweils drei, der Mittelfinger zwei Freiheitsgrade auf. Die äußeren Finger und der Daumen können parallel zur Handfläche (1. Freiheitsgrad) und darüber hinaus Richtung Handfläche geschwenkt werden (2. Freiheitsgrad). Der 3. Freiheitsgrad ergibt sich dann durch die Beweglichkeit des Medialgelenks der Finger. Dieses erlaubt ein Schwenken des restlichen Fingergliedes Richtung Handfläche.

Die Bezeichnung der Gelenke der menschlichen Finger folgt einem einfachen Muster: Das Gelenk, welches den Finger mit der Handfläche verbindet, wird als Proximalgelenk (proximus, lat.: der Nächste) bezeichnet. Das folgende Fingergelenk ist das Medialgelenk (medialis, lat.: mitten), und das letzte Gelenk wird Distalgelenk (distantia, lat.: Entfernung, Abstand) genannt. Die Bezeichnung der Fingerglieder erfolgt analog. Der mitt-

## Die große Beweglichkeit der menschlichen Hand nachzubilden, ist eine herausfordernde Entwicklungsaufgabe

## Die „Aachen-IFAS-Hand“ arbeitet als erste Roboterhand nicht mit einem Elektromotor, sondern mit Druckluft

lere Finger der „Aachen-IFAS-Hand“ ist nicht in der Lage, parallel zur Handfläche zu schwenken, daher weist dieser nur zwei Freiheitsgrade auf. Eine derartige Beweglichkeit wurde nicht vorgesehen, um eine Kollision der Finger ausschließen zu können.

Um die Freiheitsgrade nutzen und die Finger bewegen zu können,

streckt (Beugen und Strecken relativ zur Handfläche – 2. Freiheitsgrad), und ein Bandantrieb, der das Medialgelenk bewegt (Beugen und Strecken gegenüber dem Proximalglied – 3. Freiheitsgrad). Der Zylinder-Hebel-Antrieb sitzt in der Handfläche, während der Schwenkflügelantrieb an der Handfläche und dem Zylinder-Hebel-Antrieb befes-

da beim menschlichen Finger eine Bewegung des letzten Gliedes unabhängig von den vorherigen Gliedern nicht möglich ist. Daher wurde das letzte Fingerglied bei der „Aachen-IFAS-Hand“ unter einem Winkel von 45 Grad gegenüber dem vorherigen Glied fixiert. Mit dieser Stellung lassen sich fast alle denkbaren Griffe und Manipulationen durchführen. Zur Kontrolle der Fingerpositionen wird die Hand in einem Lageregelkreis betrieben. Zum Greifen und Halten von Objekten kommt dagegen ein Kraftregelkreis zum Einsatz, der die Einhaltung der gewünschten Greif- oder Haltekraft gewährleistet. Damit läuft eine typische Greifaufgabe als kombinatorischer Einsatz der beiden Regelkreise ab. Zuerst werden die Finger lagegerecht an das Objekt herangebracht. Sobald der in den Antrieben aufgebrachte Druck – infolge des Widerstandes der Oberfläche des Greifobjektes – einen für die Greifaufgabe voreingestellten Wert überschreitet, wird auf den Kraftregelkreis umgeschaltet. Hierbei muss die Kraftkontrolle, die über den in den Antrieben herrschenden Druck erfolgt, feinfühlig sein, da ein Unterschreiten der notwendigen Kraft zu einem Entgleiten des Greifobjektes und ein Überschreiten zu einer Zerstörung des Gegenstandes führen kann.

Um beide Regelkreise mit den notwendigen Informationen (Drücke in den Antrieben und Gelenkwinkeln) zu versorgen, wurden 22 Drucksensoren und 11 Winkelsensoren in die Hand integriert. Es sind pro Freiheitsgrad zwei Drucksensoren notwendig, da jeder Antrieb zwei Kammern aufweist, die jeweils mit Druck beaufschlagt werden können.

Die Signale dieser Sensoren werden mit einem Mess- und Steuerungsrechner in Echtzeit verarbeitet und in Stellsignale für die pneumatischen Antriebe der Hand umgewandelt.

*Dipl.-Ing. Marcell Meuser  
Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff  
RWTH Aachen*

Das Projekt wurde von der DFG im Normalverfahren gefördert.



In der Handfläche der „Aachen-IFAS-Hand“ befinden sich drei Zylinder-Hebel-Antriebe. Sie ermöglichen dem Daumen und den äußeren Fingern ein Schwenken parallel zur Handfläche. Dabei ist die Kolbenstange mit dem einen Ende des Proximalgelenks, also des handnächsten Gelenks, verbunden und das Hebelende mit dem anderen sowie dem Handrücken.

wurden drei verschiedene pneumatische Antriebsarten implementiert. Diese sind ein normaler Zylinder, der über einen Hebel das Proximalgelenk schwenkt (Bewegung parallel zur Handfläche – 1. Freiheitsgrad), ein Schwenkflügelantrieb, der das Proximalgelenk beugt und

tigt ist und das Proximalgelenk darstellt. Der Bandantrieb schließlich befindet sich im ersten Fingerglied. Bei ihm handelt es sich um einen kolbenstangenlosen Pneumatikzylinder, dessen Linearbewegung durch ein nachgeschaltetes Band-/Rollensystem in eine Schwenkbewegung umgewandelt wird. Dabei wird die Bewegung der Umlenkrolle mechanisch abgegriffen und zum Antrieb des nachfolgenden Fingerssegmentes genutzt. Der vierte Freiheitsgrad des menschlichen Fingers, der das Schwenken des letzten Fingergliedes ermöglicht, wurde nicht mit einem pneumatischen Antrieb nachgebildet. Dies ist auch nicht unbedingt notwendig,



# Vom Minnesang in der Datenbank

*Die mittelalterlichen deutschen Handschriften der Universitätsbibliothek Heidelberg sind kulturhistorische Zeugnisse von Rang. Durch umfassende Katalogisierung wird die Sammlung für die Forschung neu erschlossen*



ine der bekanntesten Handschriften der Universitätsbibliothek Heidelberg ist der Codex Manesse, die Große Heidelberger Liederhandschrift. Sie ist eine bedeutsame Sammlung des deutschen Minnesangs und überliefert in insgesamt 5400 Liedstrophen die mittelhochdeutsche Liebeslyrik. Zur Bekanntheit der Manesse haben ihre ganzseitigen farbigen Miniaturen beigetragen, die die Lieder der 140 Minnesänger einleiten. Darunter befindet sich auch die berühmte Darstellung Walthers von der Vogelweide. Die Handschrift war Ende des 16. Jahrhunderts in den Besitz der Heidelberger Pfalzgrafen gekommen und verschwand in den Wirren des Dreißigjährigen Krieges. Die Rückerwerbung im Jahre 1888 aus dem Besitz der Bibliothèque Nationale in Paris und ihre Rückkehr in die Universitätsbibliothek Heidelberg wurde als Ereignis von nationaler Bedeutung gefeiert.

Bisher weniger bekannt sind die knapp dreihundert volkssprachigen medizinischen Handschriften, die zur Zeit in Heidelberg neu katalogisiert werden. In der Hauptsache handelt es sich um heilkundliche Rezeptsammlungen, die zum Teil von den Kurfürsten selbst zu Papier gebracht wurden. Ein bemerkenswertes Beispiel bietet das zwölfbändige Buch der Medizin, das Kurfürst Ludwig V. von der Pfalz (1478 bis 1544) eigenhändig redigiert und 10 niedergeschrieben hat. Viele Urhe-

ber der etwa 150 000 Rezepte sind allerdings nicht mehr zu ermitteln. Es handelt sich aber zweifelsohne um eine von Laien praktizierte Volksmedizin. Sie steht nur zum Teil in einem Zusammenhang mit der an der Universität gelehrt lateinischen Medizin, die zumeist theoretischen Charakter hatte und überwiegend noch auf antikem Wissen basierte.

Viele dieser Sammlungen sind auf eine umfassende Bekämpfung aller Krankheiten des menschlichen Körpers „a capite ad calcem“ – von Kopf bis Fuß – zugeschnitten. Aber ein besonderer Bezug zum Heidelberger Fürstenhof lässt sich nicht übersehen. Etliche Rezepte beschäftigen sich mit der Behandlung der Folgen von unmäßigem Essen und Trinken – diese Probleme hatte das einfache Volk dieser Zeit nicht. Tatsächlich starb der 1574 geborene Kurfürst Friedrich IV. von der Pfalz bereits 1610 an den Folgen seiner Trunksucht. Der Vorsorge diente folgendes Rezept: „Lege ein wenig saffran in eim düchlen gebunden in wein oder wasser dovon gibe eim nüchtern zu drincken, er werdt des dags nit druncken“. Das üppige Hofleben konnte Gicht nach sich ziehen, die im Mittelalter als Podagra bezeichnet wurde. Diese Krankheit ließ sich ursächlich bekämpfen, so mit dem Rezept „Welcher daz Podagra hot, dem ist der wein verboten. Er soll drincken hünig wasser“. Ein anderer Weg war die Linderung des bereits bestehenden Leidens. Gegen die gichtige Großzehe oder die schmerzende Hand halfen gestoßene Eicheln

in Ochsen-galle: „doraus mach ein Blaster das bind uff die füs oder hend das verdreibt daz Podagra“.

Beide Handschriftentypen, der Codex Manesse und die Rezepthandschriften, lassen die Bandbreite der 848 deutschen Handschriften der Universitätsbibliothek Heidelberg erkennen. Die Codices Palatini germanici bilden den ältesten gewachsenen Fonds volkssprachiger Überlieferung in dieser Größe. Diese Handschriften waren bis 1623 Bestandteil der weltberühmten Bibliotheca Palatina in der Heidelberger Heiliggeistkirche. Diese Bibliothek hatte Kurfürst Ottheinrich (1502 bis 1559) testamentarisch durch Vereinigung der Bestände der Universität mit denen des Schlosses begründet. Doch im Dreißigjährigen Krieg wurde die calvinistische kurpfälzische Residenz im September 1622 durch die Truppen der katholischen Liga erobert. Der siegreiche Bayernherzog Maximilian I. überließ dem Papst die Bibliothek als Kriegstrophäe. Auf dem Rücken von Maultieren reiste sie im Folgejahr über die Alpen. In einer günstigen politischen Konstellation nach dem Fall Napoleons gelang es 1816 dem Heidelberger Biblio-

Die Illustration zeigt die Erschaffung der Welt durch Gott, der hier als Architekt dargestellt ist. Sie stammt aus einer dreibändigen deutschen Bibel und entstand um 1477 in der Handschriftenmanufaktur von Ludwig Henfflin. Die Manufakturen versuchten, durch mehrere Schreiber und Maler die Herstellung der Handschriften zu beschleunigen.



# Worred

wert habent wyder sich harenach  
die gezintt gezugum h von de pñ  
botten. Die latinistete bücher sint  
hah gelicert dan die keruistete  
und die keruistete hah dan die  
hebreustete und also hab wir die  
dingt geredt wyder die wydystete  
Nu sit wir dat du aller liebster

meester wan du mich gehauffe  
hast das wir mich vnder wunde  
han ains solicten werets das sich  
in hebt von de buich der stöpfung  
das du mir behalffen soest in dine  
gebete das wir mit ihu gespreche .  
dise buich in latinistete sprache mit  
de selben gaust mit de die selben  
bücher sint gestreibe .1.





theksdirektor Friedrich Wilken, den Vatikan zumindest zur Rückgabe der deutschen Handschriften zu bewegen. Die lateinischen, griechischen und hebräischen Codices, die auf die Heidelberger Universität zurückgehen, sowie sämtliche Drucke mit dieser Herkunft werden bis heute in Rom aufbewahrt.

Die Codices Palatini germanici werden seit 1996 neu katalogisiert. Es handelt sich dabei um die dritte Generation von Erschließung. Unmittelbar nach der Rückkehr 1816 war ein kurzes Verzeichnis erschienen. Um 1900 katalogisierten dann zwei Fachwissenschaftler die Sammlung und teilten sie in einen älteren germanistischen und einen jüngeren pfalzhistorischen Teil ein. Nach gut hundert Jahren sind alle diese Werke überholt. Zurzeit ist bereits mehr als ein Drittel der Sammlung neu bearbeitet.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft fördert seit den 1960er Jahren die Katalogisierung der mittelalterlichen abendländischen Handschriften. Aus diesem Programm sind bisher über 150 gedruckte Kataloge hervorgegangen. Als verbindliche Erschließungsnorm dienen die „Richtlinien Handschriftenkatalogisierung“. Sie sollen dafür sorgen, dass die einzelnen Bibliotheken in Deutschland einheitliche Kataloge erarbeiten.

In der Handschriftendatenbank „Manuscripta Mediaevalia“ finden sich neben den Registerdaten schon komplette Handschriftenbeschreibungen sowie einige vollständig digitalisierte Handschriften, darunter auch

Material. Die Ergebnisse der jetzt laufenden Erschließung in Heidelberg werden projektbegleitend in diese Datenbank eingebracht.

**W**as hat man sich nun unter einer Handschriftenbeschreibung vorzustellen? Bei einer Handschrift handelt es sich im Gegensatz zu einem Druck, der Teil einer Auflage ist, in jeder Hinsicht um ein Unikat. Je nach der Komplexität eines Codex kann eine Handschriftenbeschreibung eine halbe bis zu einigen Dutzend Seiten umfassen. Es wird hierin versucht, die Handschrift äußerlich und inhaltlich für die Forschung aufzuschließen.

Ein so genanntes Katalogisat setzt sich immer aus drei Teilen zusammen: äußere Beschreibung, Geschichte der Handschrift sowie inhaltliche Aufschlüsselung. Die äußere Beschreibung behandelt die materielle Form des Objekts. Dazu gehören die Angabe des Beschreibstoffs, im Regelfall Papier oder Pergament, die Lagenformel, die den

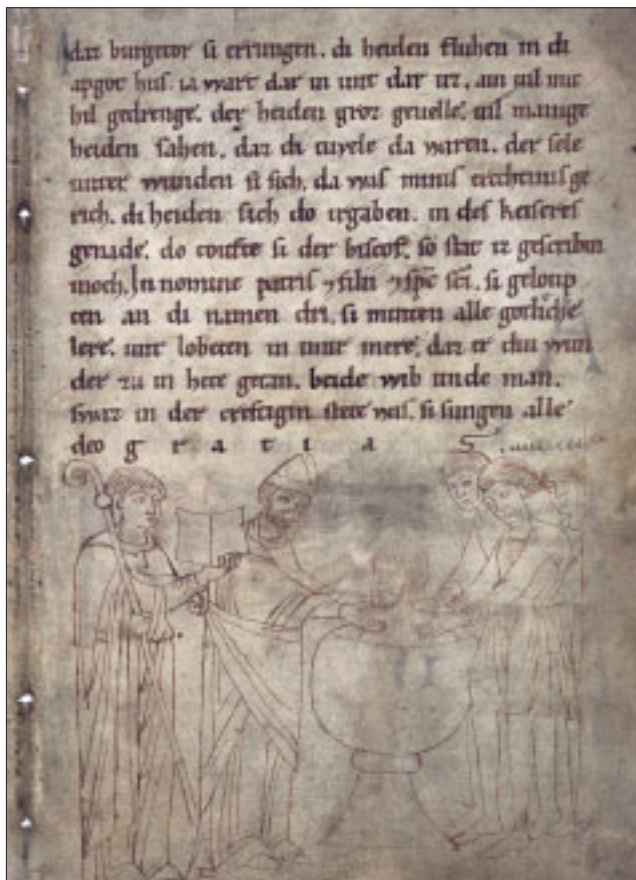
Aufbau des Buchblocks wiedergibt, die Schrift, der Buchschmuck sowie der Einband. Im Falle der Heidelberger Codices Palatini handelt es sich vor allem um Papierhandschriften. Die Abhandlung der Geschichte einer Handschrift setzt mit ihrer Entstehung ein, die im günstigsten Fall durch einen Schreibeintrag bezeugt ist oder durch die Untersuchung von Schrift, Wasserzeichen, Einband, Dialekt und anderen Gesichtspunkten ermittelt werden kann. Bei den Codices Palatini germanici endet die Heidelberger Geschichte in allen Fällen vorläufig



Das um 1170 in Regensburg durch den Kleriker Konrad gedichtete Rolandslied (links) erzählt vom Kampf Karls des Großen gegen die Araber. Die Heidelberger Handschrift überliefert die älteste Fassung des Liedes und ist mit 39 hochwertigen Zeichnungen geschmückt. Das bekannteste Bild aus einer deutschen Handschrift ist die Miniatur des Minnesängers Walther von der Vogelweide.

1623 mit dem Abtransport nach Rom.

In vielen Fällen lässt sich die frühe Geschichte einer Handschrift allerdings nicht mehr aufhellen. Dies gilt sogar für den Codex Manesse. Während die Entstehung in Zürich im ersten Drittel des 14. Jahrhunderts recht gut durch Indizien belegt werden kann, ist die weitere Geschichte der Handschrift bis ins 16. Jahrhundert, kurz vor dem Übergang nach Heidelberg, völlig unbekannt.





Die um 1430 in Nürnberg gefertigte Handschrift „Renner“ gibt Zeugnis von der christlichen Botschaft und ist das Hauptwerk des Bamberger Schulmeisters Hugo von Trimberg. Das Rundbild zeigt die Welt als Produkt der Schöpfung. Der Phönix, der aus der Asche aufersteht, deutet auf Jesus Christus hin.

An die Bibliotheksgeschichte schließt sich die Angabe der wichtigsten Literatur an. Gerade bei so prominenten Stücken wie dem Codex Manesse setzt dies eine kritische Prüfung der fast unüberschaubaren Arbeiten zu dieser Handschrift voraus. Die inhaltliche Beschreibung der Handschrift führt die einzelnen Texte in der Reihenfolge auf, in der sie die Handschrift bietet. In vielen Fällen genügt hier die Angabe einer wissenschaftlichen Edition. Vor allem unbe-

kanntere Texte haben in den Handschriften oft keine verwendbaren Titel. Dann werden die ersten und letzten Wörter, das so genannte Incipit und Explizit, angegeben. So lautet der Textanfang einer Aderslassvorschrift im Codex Palatinus 212: „Der meister Almansor spricht das von dem lassen kombt vil schaden und vil fruomen wan man es zuo rechter Zeit thuot...“. In diesem Fall lassen sich über ein jeweils analoges Incipit zwei Parallelüberlieferungen dieses Textes in anderen

Handschriften nachweisen. Die Informationen, die die Beschreibungen der einzelnen Handschriften liefern, gehen in zwei Register ein, in ein so genanntes Incipit-Register, das alle Textanfänge enthält, und ein Personen-, Orts- und Sachregister. Ohne diese Register wäre ein Handschriftenkatalog mit seiner Fülle von Detailinformationen überhaupt nicht benutzbar.

Eine gewachsene Sammlung wie die Codices Palatini germanici in Heidelberg ist ein kulturhistorisch bedeutsames Ensemble. Die einzelnen Handschriften haben im Gegensatz zu zufällig zusammengekommenen Beständen einen inneren, historisch herleitbaren Zusammenhang. Damit beschäftigt sich die Einleitung zu einem Handschriftenkatalog. Sie versucht eine Synthese der an den einzelnen Codices gewonnenen Einzelbeobachtungen. In diesem speziellen Fall ermöglichen sie eine neue Sicht auf die Schlossbibliothek der Heidelberger Kurfürsten und ihre Quellen. Als Beispiel können wieder die medizinischen Handschriften der Bibliotheca Palatina dienen, deren Zahl die große Wertschätzung erkennen lässt, die diesem Fachgebiet am Heidelberger Hof zukam. So haben historische Bibliotheken einen Quellenwert, der mit dem anderer historischer Überlieferungszeugnisse zu vergleichen ist. In ganz besonderem Maße trifft dies auf die traditionsreichen Bestände der Heidelberger Bibliotheca Palatina zu.

*Dr. Armin Schlechter  
Dr. Karin Zimmermann  
Dr. Matthias Miller  
Universitätsbibliothek Heidelberg*

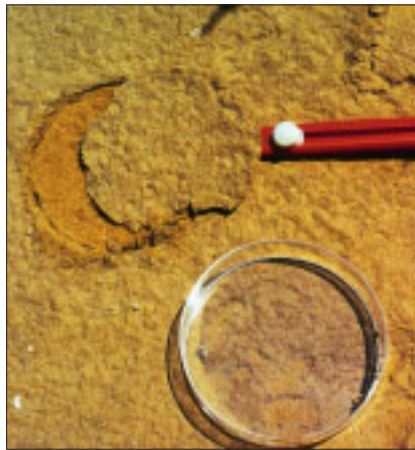
Das Projekt wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft im Rahmen des Programms „Informationssysteme zur Mittelalter- und Frühneuezeitforschung“ gefördert.



# Wenn kleine Organismen große Wirkung zeigen

*In allen warmen und kalten Trockengebieten der Erde gibt es lebende Bodenkrusten. Sie bilden nicht nur bemerkenswert ausdauernde Lebensgemeinschaften, sondern schützen den Boden effektiv vor Erosion durch Wind oder Wasser*

Die Trockengebiete der Erde sind durch eine nur lückige und streckenweise völlig fehlende Pflanzendecke gekennzeichnet. Denn in den Wüsten, Halbwüsten und Steppen, aber auch in vielen polaren Gegenden reichen die Niederschläge nicht für geschlossenen Bewuchs aus. Zwischen den Sträuchern oder Stauden liegt der Boden frei, und er scheint nackt zu sein. Aber dieser Anschein trügt. Bei genauer Analyse erkennt man, dass die Bodenoberfläche dicht von winzigen Organismen besiedelt ist. Fädige Blaualgen, genannt Cyanobakterien, durchdringen die obersten Millimeter des Bodens. Aus ihren Scheiden sondern sie schleimige Kohlenhydrate ab, durch die sie mit den Bodenpartikeln fest verkleben. Neben Bakterien und Mikropilzen wachsen Grünalgenkolonien auf oder dicht unter der Bodenoberfläche. Am auffallendsten treten Flechten in Erscheinung, die häufig bunt gefärbt sind. Flechten sind eine Symbiose-Gemeinschaft von Pilzen und Algen. Viele



Auf einer Düne in der Negev-Wüste in Israel (oben): Bei der ausgestochenen runden Scholle erkennt man die zusammenhängende Bodenkruste, die durch Cyanobakterien und Algen gebildet wird. Auf der Insel Zypern (rechte Seite): Bei der Bodenkruste in einer mediterranen Strauchgesellschaft auf Roterde dominiert eine weißliche Krustenflechte. In der Wüste in Namibia: Eine Würzburger Exkursionsgruppe bei ihrer Arbeit; der Boden ist von Krustenflechten bedeckt.

Arten bedecken den Boden mit einem krustigen Lager, andere sind schollig-schuppig, es gibt blattförmige und auch kleinstrauchige Lebensformen. Diese Flechten sind mit Anheftungsorganen verankert: Zellbündel dringen in den Boden ein und durchziehen und verfestigen ihn mit einem feinverzweigten System von Pilzfäden. Hinzu können Laub- und Lebermoose kommen, die ebenfalls fest mit dem Untergrund verwachsen sind. So entsteht der Mikrokosmos einer Lebensgemeinschaft, die große, oft landschaftsbildende Bedeutung hat. Denn durch die Tätigkeit der Organismen verfestigt sich die Bodenoberfläche wie ein zusammenhängender Teppich. Somit liegen in den obersten Millimetern oder Zentimetern die Bodenpartikel nicht mehr frei gegeneinander verschiebbar vor, sondern sind vielfach durchwoben und miteinander verklebt. Diese kompakte Schicht aus Boden und lebendigen Organismen bildet eine so genannte „biogene Bodenkruste“.







Diese Krustenbildung ist außerordentlich wichtig für die Stabilität der Bodenoberfläche, die dadurch vor Erosion durch Wind oder Wasser geschützt wird. Die amerikanische Krusten-Spezialistin Jayne Belnap hat durch Messungen im Windkanal gezeigt, dass Bodenkrusten nicht anfällig gegen Erosion sind. Sie ertragen zehnmal so hohe Windgeschwindigkeiten wie der krustenlose Vergleichsboden, ohne dass die Bodenpartikel weggeblasen werden. Wird die schützende Bodenkruste entfernt, kann auch fließendes Wasser deutlich mehr Boden mit sich fortreißen. Ohne diesen Schutz würden sich viele trockene und halbtrockene Gebiete in Staubwüsten mit ständig wechselnder Oberflächenstruktur verwandeln. Die Krusten spielen auch eine wichtige Rolle als Pioniere bei der Wiederbesiedlung gestörter Böden durch Pflanzen.

Auch andere Eigenschaften werden durch die Krustenbildung gravierend verändert. Die Organismen und ihre Absonderungen quellen gemeinsam mit den Bodenteilchen bei der ersten Regenbefeuchtung stark auf und versiegeln die Bodenoberfläche. Dadurch wird das Eindringen des Wassers in den Boden stark gemindert; stattdessen fließt es am Hang ab und ermöglicht Sturzwasserfarmen Pflanzenanbau in den Wüstentälern, so zum Beispiel im zentralen Negev-Hochland. Diese wurden dort bereits von den Nabatäern betrieben. Selbst an Sanddünen, bei denen üblicherweise der größte Teil des Wassers eindringt, kann sich auf diese Weise ein Wasserabfluss einstellen und eine Pflanzendecke in den Tro-





ckentälern ermöglichen. Biogene Bodenkrusten kommen weltweit so gut wie in allen warmen und kalten trockenen Gebieten vor. Sie sind in den Kakteenwüsten Amerikas, den Eukalyptussavannen Australiens und den Trockenrasen im Mittelmeerraum zu finden. Aber auch in offenen polaren Tundren, im Hochgebirge bis hin zu antarktischen Standorten lassen sich biogene Bodenkrusten entdecken. In kleinem Maßstab wachsen Bodenkrusten sogar in den Lücken der Trocken- und Halbtrockenrasen bei uns in Mitteleuropa.

Die Zusammensetzung der Bodenkrustengesellschaften wird hauptsächlich durch die Niederschlagsverhältnisse bestimmt. Moose und Lebermoose haben die höchsten Feuchtigkeitsansprüche, während Flechten an trockeneren Standorten hervortreten. In Wüstenbereichen mit viel Tau und Nebel, wie der Namib, dominieren Flechten mit Grünalgen, während etwa in den tauarmen Wüsten um das Tote Meer Cyanobakterien-Flechten häufiger sind.

Die Oberfläche eines sonnedurchglühten Wüstenbodens gehört zu den extremsten Standorten, die für lebende Organismen auf der Erde existieren. Die bodennahe Grenzschicht ist die Stelle des Energieaustausches, wo bei Sonnenbe-

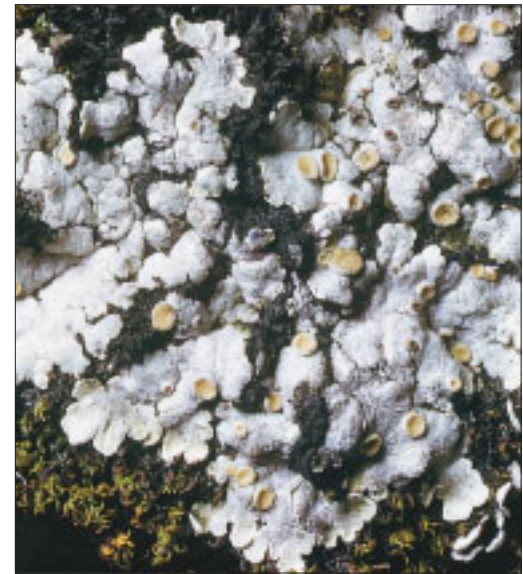
strahlung die höchsten und während der nächtlichen Ausstrahlung die tiefsten Temperaturen auftreten. Hohe Temperaturen bis nahezu 70 Grad Celsius konnten in Bodenflechten selbst in Mitteleuropa am Kaiserstuhl in Baden-Württemberg gemessen werden, wo die winterlichen Temperaturen bis minus 20 Grad Celsius fallen. In heißen Wüsten und an polaren Standorten sind die Maximal- beziehungsweise Minimaltemperaturen noch weitaus extremer. Die Bodenkrusten-Organismen müssen also eine große Widerstandsfähigkeit gegenüber Hitze und Kälte aufweisen.

Der kritischste Faktor am Bodenkrustenstandort ist das Wasser. Hohe Sonneneinstrahlung und niedrige Luftfeuchtigkeit dörren die Moose, Flechten und Algen immer wieder völlig aus. Als wechselfeuchte Organismen zeigen sie eine extreme Trockenresistenz. Selbst nach jahrelanger experimenteller

Eine blätterige weiße Bodenflechte besiedelt gemeinsam mit Moosen eine Bodenkruste im Nordharz bei Goslar. Der Boden des Colorado-Plateaus in den Vereinigten Staaten (unten) ist dicht von Flechten, Algen und Cyanobakterien überwachsen. Die Bakterien und Flechten binden den Stickstoff aus der Luft und tragen so zur Fruchtbarkeit der nordamerikanischen Wüstenböden bei.

Austrocknung sind sie noch voll lebensfähig. Das allein reicht aber nicht aus: Aufbauender Stoffwechsel ist nur im feuchten Zustand möglich. Die Organismen müssen in der Lage sein, die geringen Wassermengen und die oft nur ganz kurzen Zeiten der Befeuchtung effektiv zu nutzen.

Schon kurze Zeit nach einem Regenfall belebt sich die Oberfläche eines Wüstenbodens, der vorher keine Anzeichen von Lebenstätigkeit erkennen ließ. Fädige Cyanobakterien kriechen aus den obersten Bodenschichten an das Licht.







Bodenkrustenflechten in der Lage, zusätzliche Wasserquellen an ihrem Standort zu nutzen. Für sie reichen Nebel oder sogar Tau und Reif aus, um ihren Stoffwechsel zu aktivieren. Ausgetrocknete Grünalgenflechten schaffen es sogar, im Gleichgewicht allein mit hoher Luftfeuchtigkeit und ohne einen einzigen Tropfen Wasser, ihren Stoffwechsel zu reaktivieren. Diese Eigenschaften ermöglichen ihnen die Existenz in der küstennahen Namib-Wüste, in der so gut wie kein Regen fällt, aber regelmäßig Nebel, Tau und hohe Luftfeuchtigkeit vorkommen.



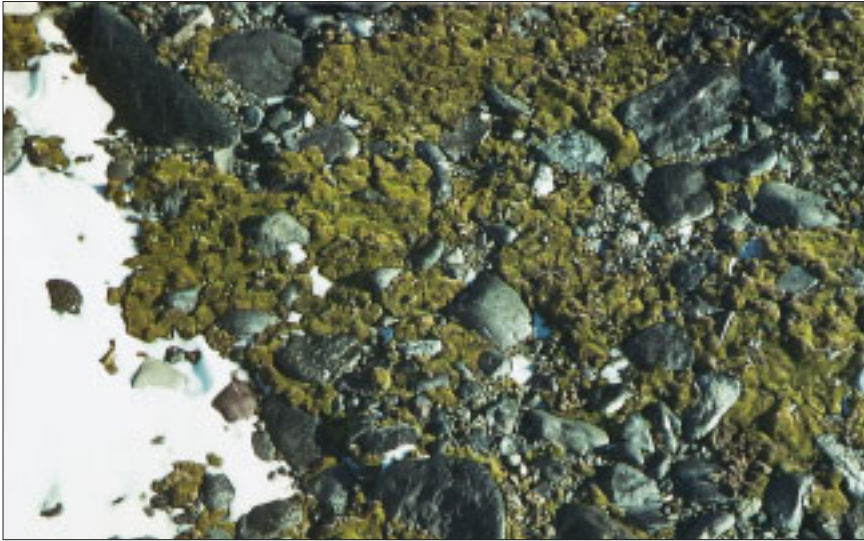
Bodenkrusten mit dominierenden Krustenflechten und zunehmendem Anteil einer bräunlich-roten Strauchflechte (ganz oben). Nachdem Mountainbike-Reifen und Tritte die Bodenkruste zerstört haben (links), setzt die Erosion durch Wind und Wasser ein. An der Messstation in der Namib-Wüste wird die Photosynthese und der Feuchtigkeitsgehalt der Flechtenproben bestimmt.

Die photosynthetische Stoffproduktion der biogenen Bodenkrusten ist der wichtigste Parameter für ihre Existenz. Registrierung ihrer Photosynthesetätigkeit an den verschiedenen natürlichen Standorten und Analyse ihrer Reaktionen unter kontrollierten Bedingungen geben Einblick in die ökophysiologischen Funktionen der hoch spezialisierten Organismen.

Sie nutzen die kurze feuchte Periode für ihren Stoffwechsel und zum Wachstum. Sobald es trockener wird, ziehen sie sich wieder einige Millimeter tief in das Innere des Bodens zurück. Aufgrund empfindlicher Sensoren können sie einen Feuchtigkeitsgradienten in ihrer Umgebung erkennen und vermeiden eine längerfristige Sonnenbestrahlung. Neben den seltenen Regenfällen sind insbesondere die

Hunderte von Quadratkilometern sind im Küstenbereich der Namib-Wüste von Bodenkrusten bedeckt. Sie erscheinen den größten Teil des Tages grau und ausgetrocknet. Jeden Morgen nach Nebel oder Taufall erwachen sie jedoch zu aktivem Leben, und die Wüste bekommt einen grünlichen Schimmer. Der flächenbezogene Chlorophyllgehalt der Bodenkrusten entspricht dem eines Buchenblattes. Auch die





Moose und Grünalgen in der Antarktis. Sie schützen die Bodenoberfläche in Gegenden, in denen der Niederschlag nicht für geschlossenen Bewuchs reicht.

Maximalraten der Kohlendioxidbindung aus der Luft durch Krustenflechten liegen in der gleichen Größenordnung. Es ist eine faszinierende Vorstellung, dass der sonst so tot erscheinende Wüstenboden wie ein riesig ausgedehntes Laubblatt zu Aktivität erwacht. Allerdings währt dieses Erwachen nur für ganz kurze Zeit, oft nur weniger als eine Stunde. Sobald sich der Nebel verzogen hat und die Sonne stärker scheint, trocknen die Organismen wieder vollständig aus und gehen in den Zustand des latenten Lebens über. An diesem Namib-Standort sind die Bodenkrusten im Verlauf des Jahres nur für etwa 10 Prozent der gesamten Zeit feucht und aktiv. Mitteleuropäische Bodenkrusten, die von ausgedehnten Regenfällen und von Schneebefeuchtung profitieren, sind 35 bis 65 Prozent ihrer Zeit aktiv.

Eine von Flechten dominierte Bodenkrustengesellschaft kann bis zu 370 Kilogramm Kohlenstoff pro Hektar in einem Jahr aus der Luft binden und in Pflanzenmasse festlegen. Das ist ein beträchtlicher Beitrag zur Bodenverbesserung in Trockengebieten, in denen die Produktivität der Blütenpflanzen gering ist. Diese Kohlenstoffbindung kann

18 auch im globalen Maßstab wichtig

sein. Genaue Angaben über die Ausdehnung der biogenen Bodenkrusten auf der Erde sind zur Zeit noch nicht möglich. Ein Schätzwert ist, dass 5 bis 15 Prozent der gesamten Landfläche der Erde von ihnen überzogen sind. Damit stellen sie ein beachtenswertes Glied im Kohlenstoffhaushalt unserer Erde dar. Für viele Standorte ist es sehr wichtig, dass sowohl freilebende Cyanobakterien der Bodenkrusten als auch Flechten, die Cyanobakterien als Partner enthalten, auch Stickstoff aus der Luft fixieren und damit die Fruchtbarkeit der Böden erhöhen. Für nordamerikanische Wüstenböden wurde eine mittlere jährliche Stickstoffzufuhr von bis zu neun Kilogramm Stickstoff pro Hektar durch die Tätigkeit der Bodenkrusten nachgewiesen. Diese Düngung kommt den gesamten Ökosystemen zugute, die unter erheblichem Stickstoffmangel leiden.

**U**nter natürlichen Bedingungen sind die biogenen Bodenkrusten in den Trockengebieten der Welt allgegenwärtig. Der Mensch ist aber zu ihrem ärgsten Feind geworden. Vor allem im trockenen Zustand sind die Krustengesellschaften mechanisch außerordentlich empfindlich. Sie zerbrechen und zerbröckeln unter menschlichen Fußtritten und unter den Hufen der Tiere bei zu starker Beweidung, sie werden durch Autoreifen und Panzerketten zermalmt. Seit einiger Zeit schiebt sich der

Mensch mit seinen Aktivitäten weiter und weiter vor allem in trockene Gebiete hinein – sei es zur Nutzung der letzten Weidereserven, sei es durch Bautätigkeit oder durch Geländefahrten-Tourismus. Die zerbrechliche Schicht der Bodenkrusten wird großräumig vernichtet, und der Boden ist dann Wind- und Wassererosion schutzlos preisgegeben. Das kann verheerende Folgen haben, und es ist notwendig, dass uns diese Gefahr bewusst wird.

Eine wichtige Aufgabe heutigen Landschaftsmanagements in Trockengebieten betrifft den Schutz der Bodenkrusten. In den Vereinigten Staaten und in Australien laufen bereits ausgedehnte Programme zu ihrer Erhaltung. Die Regeneration einmal zerstörter Krusten ist wegen ihres geringen Wachstums langwierig. Reine Cyanobakterien-Krusten können sich relativ schnell bilden, aber es dauert viele Jahrzehnte, bis sich flechtenreiche Krustengesellschaften von einer Zerstörung erholt haben. Da künstliche Bepflanzungen bisher wenig erfolgreich waren, muss sich das Management auf das Fördern und Konservieren der vorhandenen Bodenkrusten beschränken. Von den Wüsten bis in die Tropen, von der Arktis bis in die Antarktis betreten wir – oft achtlos – den Teppich der biogenen Bodenkrusten. Sie stellen ein komplexes Ökosystem vieler hoch spezialisierter Organismen in einem komplizierten Gleichgewicht dar. Biologen, Bodenkundler und Landschaftsökologen bemühen sich, die Struktur und die Funktionen dieser empfindlichen lebenden Haut zu verstehen, die sich schützend und ernährend über den Boden in den Trockengebieten unserer Erde spannt.

*Prof. Dr. Dr. h. c. mult. Otto L. Lange  
Universität Würzburg*

Die Arbeiten wurden im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Ökologie, Physiologie und Biochemie pflanzlicher und tierischer Leistung unter Stress“ und durch den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der DFG gefördert; sie werden zurzeit im Normalverfahren unterstützt. Weiterführende Informationen: [www.soilcrust.org](http://www.soilcrust.org) sowie J. Belnap und O. L. Lange (eds.), *Biological Soil Crusts: Structure, Function, and Management*, Springer-Verlag 2003.



**M**ich fasziniert es, mit Material zu arbeiten, das von irgendwo zwischen Mars und Jupiter herkommt und 4,6 Milliarden Jahre alt ist.“ Andreas Pack beugt sich über sein Mikroskop, unter dem kleine Gesteinsproben liegen. Doch im Zentrum seiner Materialforschungen steht nichts Geringeres als der Ursprung des Sonnensystems.

Gegenstand der aktuellen Forschung des Mineralogen und Kosmochemikers ist die Entstehung der ersten Silikate im solaren Nebel, von denen sich einige Spuren noch in Meteoriten finden. Konkret analysiert der 31-Jährige die Wechselwirkung zweier aus der Gasphase kondensierter Stoffe. Dabei handelt es sich um Eisen-Nickel-Metall und dem Silikat Olivin, einem sehr häufig im Erdmantel vorkommenden Mineral. Aus der Bestimmung von Spurenelementen im Olivin hofft der junge Wissenschaftler den Gasdruck in der frühen Phase unseres Sonnensystems bestimmen zu können. Dieser gilt als ein wichtiger Parameter für Modelle früher Sonnensysteme.

Nach dem Studium der Mineralogie in Bonn und Johannesburg sowie einem mehrmonatigen Post-Doc-Aufenthalt in den USA begann Andreas Pack 2001 seine eigentliche Beschäftigung mit der Kosmochemie am Institut für Mineralogie und Geochemie der Universität zu Köln. Auf grundsätzliche Erkenntnisse über die Wechselwirkung von Metall und Silikaten kann er allerdings bereits aus seiner Dissertation über Oxideinschlüsse in Stahl (2000) zurückgreifen. Prinzipiell besteht kein Unterschied zwischen der Reaktion von Metall und Silikat bei der Metallschmelze im Stahlwerk und im solaren Nebel vor 4,6 Milliarden Jahren. Seine Arbeit im Stahlwerk, etwa bei ThyssenKrupp in Dortmund, „dort, wo es so richtig raucht und

dampft“, war vor diesem Hintergrund eine Erfahrung, die der junge Wissenschaftler nicht missen möchte. Dennoch gilt sein Augenmerk nunmehr gänzlich der Grundlagenforschung.

Seit Juli 2003 forscht der Kosmochemiker im Rahmen des Emmy Noether-Programms der DFG am Centre de Recherches Pétrographiques et Géochimiques (CRPG/CNRS)

Mikroanalytik von Isotopen und Spurenelementen an kleinsten Meteoritenproben zu betreiben. Gerade aufgrund seiner kosmochemischen Ausrichtung wird das CRPG/CNRS momentan erweitert. Anders sieht es derzeit in Deutschland aus: Die ohnehin schwach institutionalisierte und nur an wenigen Standorten präsente Kosmochemie gerät zunehmend in die Bredouille. 2005 stehe

die Schließung der Abteilung Kosmochemie des Max-Planck-Instituts in Mainz bevor, und auch die Tage der Kölner Kosmochemie seien gezählt, berichtet der Wissenschaftler. „Das ist ein ziemlicher Schlag für die Meteoritenforschung“.

An der wissenschaftlichen Relevanz des Faches hingegen ändert das nichts. Die Kosmochemie fungiere als ein wichtiger „Motor der Geowissenschaften“, so Andreas Pack, denn „analytische Impulse kamen und kommen aus der Kosmochemie, weil man in der Mineralogie zu wenig Material hat. Die ganzen Altersdatierungsmethoden haben regelrecht einen Quantensprung gemacht, als die ersten Mondproben gekommen sind“.

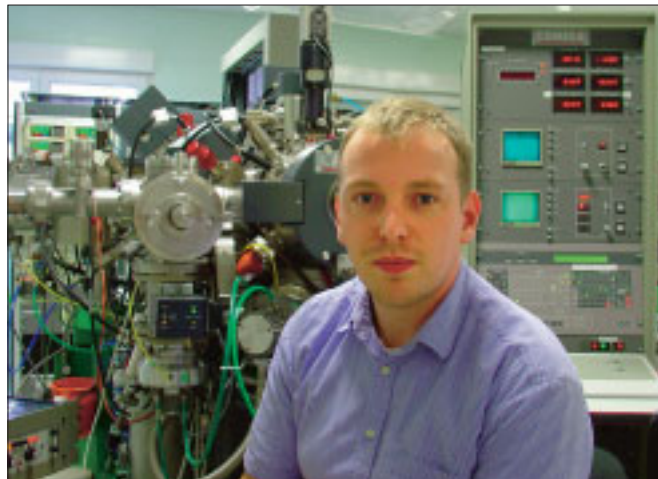
Auf der letzten Tagung der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft hat der Emmy Noether-Stipendiat für die Einrichtung einer Projektgruppe „Kosmochemie“ plädiert. Zudem hofft Andreas Pack etwa mit seiner in Kürze an der Universität Erlangen stattfindenden Blockvorlesung selbst einen kleinen Beitrag zu mehr Präsenz des Faches am Wissenschaftsstandort Deutschland leisten zu können. Zumindest in fachlicher Hinsicht scheinen für einen Ausbau der Kosmochemie die Sterne nicht schlecht zu stehen.

Sandra Többe

In unregelmäßigen Abständen porträtieren wir in dieser Rubrik herausragende Nachwuchswissenschaftler.

## Vom Ursprung des Sonnensystems

Der Mineraloge und Kosmochemiker Andreas Pack



in Nancy. Das Programm sieht seine Aufgabe in der Förderung besonders qualifizierter Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler und möchte bereits früh deren wissenschaftliche Eigenständigkeit unterstützen. Es ermöglicht den Stipendiaten eine zweijährige Forschungstätigkeit im Ausland sowie die anschließende bis zu vierjährige Leitung einer eigenen Nachwuchsgruppe im Inland.

Die Entscheidung für das Institut in Nancy fiel Andreas Pack nicht schwer. Ausschlaggebend war neben einer exzellenten Arbeitsgruppe Kosmochemie die Ausstattung des Instituts mit einer in puncto Messgenauigkeit seltenen Ionensonde. Diese ermöglicht es,

# Der Rhesusaffe und die Vermehrungsstrategie

*Das Rhesusaffenmännchen verlässt seine Geburtsgruppe, um sich fortzupflanzen. Auf der „Affeninsel“ Cayo Santiago bei Puerto Rico machten sich Forscher auf die Suche nach dem Gen, das das Wanderverhalten von Primaten steuert*

Irgendwann während seiner Pubertät stürmt der Rhesusaffenknabe – Friedrich Schiller hätte es jedenfalls in seinem berühmten „Lied von der Glocke“ so ausgedrückt – „ins Leben wild hinaus“. Er verlässt die Geborgenheit seiner Geburtsgruppe und sucht sich Anschluss an eine neue Gruppe. In Ermangelung besserer Alternativen kann er dort vorübergehend auch schon mal ein reines Männerbündnis eingehen. Doch bald merkt der Rhesusaffenjüngling, dass sich die Weibchen anderer Gruppen brennend für junge, fremde Männchen interessieren.

Das ist der positive Aspekt eines Vorgangs, der in der Verhaltensbiologie als „natal dispersal“ bezeichnet wird: die Abwanderung von der Geburtsgruppe mit dem Ziel, sich fortzupflanzen. Die Schattenseite ist, dass sich die jungen Herren während des „Durchmessens ihrer Welt“ (Friedrich Schiller) in massive Gefahr begeben. Im ersten Jahr nach Verlassen der Geburtsgruppe sterben 20 bis 40 Prozent der Rhesusaffenmännchen im Überlebenskampf.

Durch molekulargenetische Vaterschaftsanalysen zeigte sich, dass das Abwandern von der Geburtsgruppe durchaus einen biologischen Zweck erfüllt. Wir untersuchten auf der „Affeninsel“ Cayo Santiago, eine halbe Seemeile östlich von Puerto Rico, welche Nachkommen von ranghohen Männchen einer sozialen Gruppe und welche von zugewanderten rangniedrigeren Männchen abstammen. Die 20 „Affeninsel“ gehört zum Caribbean



Primate Research Center, mit dem wir seit 1988 eng zusammenarbeiten. Die Rhesusaffenkolonie auf Cayo Santiago begründete der amerikanische Zoologe Clarence Ray Carpenter im Jahr 1938. Heute leben dort etwa tausend Rhesusaffen in mehreren sozialen Gruppen.

Es konnte nachgewiesen werden, dass ranghohe Männchen einer sozialen Gruppe – obwohl sexuell besonders aktiv – keineswegs die überwiegende Zahl der Nachkommen stellen. Die Nachkommen stammten vielmehr von denjenigen rangniedrigeren Rhesusaffenmännchen, die im Zuge ihrer Abwanderung von der Geburtsgruppe versucht hatten, sich der neuen Gruppe anzuschließen. Dadurch zeigte sich, dass „natal dispersal“ den Zweck hat, Inzucht zu vermeiden und den Genfluss aufrechtzuerhalten. Für die Verfolgung solcher übergeordneter Ziele bedarf es allerdings eines Instruments, dessen sich die Evolution bei jedem einzelnen Tier bedienen kann. Auch die Tatsache, dass fast alle höheren Säugetiere und viele Vogel-



Die jungen Männchen der Rhesusaffenkolonie auf der Karibikinsel Cayo Santiago suchen meist Anschluss an eine neue Gruppe. Das birgt lebensgefährliche Risiken, fördert aber zugleich die Aussicht auf eine große Nachkommenschaft.

arten auf Wanderschaft gehen, um sich fortzupflanzen, wirft die Frage auf, welche Kräfte die Tiere in Bewegung setzen. Für Genetiker war es naheliegend, in den Genen nach einer Antwort zu suchen.

Auf dieser Suche nach dem Gen, das die Abwanderung von der Geburtsgruppe steuert, kamen Beob-



achtungen von Affenforschern (Primatologen) zur Hilfe. Ihnen war aufgefallen, dass der Zeitpunkt, an dem junge Rhesusaffenmännchen ihre Geburtsgruppe verlassen, sehr unterschiedlich ist: Manche suchen bereits im Alter von drei Jahren, andere erst viel später eine neue Gruppe. Im Alter von sechs Jahren haben etwa 90 Prozent aller Männchen ihre Geburtsgruppe verlassen. Zugleich entdeckten mehrere Forschergruppen, dass der Serotoninspiegel – Serotonin ist ein Neurotransmitter – im Hirnwasser der Affen mit dem Alter zusammen-

hängt, in dem sie ihre Geburtsgruppe verlassen.

Diese Abhängigkeit des Abwanderungsalters vom Serotoninspiegel lenkte den Verdacht auf Gene, die im Serotoninstoffwechsel eine Rolle spielen. Besonders interessierte das für den Serotonintransporter verantwortliche Gen „SLC6A4“.

Im Jahr 1996 erkannte eine Arbeitsgruppe um Klaus-Peter Lesch von der Universität Würzburg, dass die kurze Variante des Steuerungselementes dieses Gens, der so genannte SLC6A4-Promoter, beim Menschen mit „Neurotizismus“

einhergeht, einem von Angst und Depressivität geprägten Persönlichkeitsmerkmal. Die kurze Variante des Steuerungselementes führt dazu, dass im Vergleich zur langen Variante nur etwa halb so viele Serotonintransporter gebildet werden.

Auch beim Rhesusaffen wurde diese kurze Variante gefunden. Auf der Affeninsel Cayo Santiago sind ungefähr 8 Prozent aller Tiere reinerbig für die kurze Variante (ss – für reinerbig „small“), 52 Prozent sind reinerbig für die lange Variante (ll – für reinerbig „large“) und die verbleibenden 40 Prozent sind mischerbig (ls).



**W**elchen Einfluss diese Varianten auf das Abwanderungsalter haben, untersuchten wir an 532 Rhesusaffenmännchen, die zwischen 1970 und 1997 auf der „Affeninsel“ Cayo Santiago geboren wurden. Von diesen Tieren war bereits bekannt, in welchem Alter sie ihre Geburtsgruppe verlassen hatten. Beim Vergleich mit den gewonnenen genetischen Daten zeigte sich, dass es einen klaren Zusammenhang zwischen den genetischen Varianten und dem Abwanderungsalter gibt: Die ss-reinerbigen Männchen verlassen ihre Geburtsgruppe durchschnittlich im Alter von 57 Monaten, während die ll-reinerbigen Männchen bei ihrer Abwanderung im Mittel 72 Monate alt waren. Das durchschnittliche Abwanderungsalter der mischerbigen ls-Tiere lag mit 64 Monaten dazwischen. Auf diese Weise konnte zum ersten Mal gezeigt werden, dass es eine Verbindung zwischen einem genetischen und einem Verhaltensmerkmal bei nicht-menschlichen Primaten gibt. Dabei führt die lange Variante dazu, dass die Rhesusaffen sich später von ihrer Geburtsgruppe lösen. Männliche Rhesusaffen verfolgen also zwei unterschiedliche Vermehrungsstrategien: Die frühausewandernden ss-reinerbigen Männchen gehen im Überlebenskampf außerhalb der Geburtsgruppe ein beträchtliches Todesrisiko ein (20 Prozent), werden aber durch ein besonderes Entgegenkommen der Weibchen in der neuen Gruppe belohnt. Die spätaussiedelnden ll-

reinerbigen Männchen gehen zwar zunächst ein geringes Risiko ein, da sie länger in der Geburtsgruppe bleiben und dort auch Nachkommen zeugen. Wenn sie sich dann aber später noch zu einer Abwanderung aus der Geburtsgruppe entscheiden, besteht für sie ein besonders hohes Risiko, im Überlebenskampf umzukommen (40 Prozent). Wir haben daher spekuliert, dass die mischerbigen Männchen gegenüber den reinerbigen einen Selektionsvorteil haben.

Sollte diese Vermutung zutreffen, müssten die mischerbigen im Vergleich zu den reinerbigen Männchen signifikant mehr Nachkommen gezeugt haben. Die Ergebnisse unserer fortlaufenden Vaterschaftsanalysen auf der „Affeninsel“ Cayo Santiago haben diese Erwartung jedoch nicht bestätigt. Der durchschnittliche reproduktive Erfolg eines mischerbigen Männchens war vom reproduktiven Erfolg eines reinerbigen Männchens nicht zu unterscheiden. Daher verfolgt die Natur offenbar eine andere Strategie als die des klassischen „Heterozygotenvorteils“, um die Erhaltung der von uns untersuchten genetischen Variante am Serotonintransporter-Gen zu sichern. In unseren aktuellen Forschungsarbeiten versuchen wir, diese Strategie aufzuklären. Noch ist unklar, in welcher Weise die Unterschiede im untersuchten Gen einen Einfluss auf Persönlichkeit und Verhalten ausüben. Es ist denkbar, dass die Aktivität der Bildung der Serotonintransporter einen Einfluss auf den Serotoninspiegel im Hirnwasser der Affen hat. Wahrscheinlicher scheint derzeit jedoch ein Einfluss auf die vorgeburtliche Entwicklung des Gehirns zu sein.

*Prof. Dr. Jörg Schmidtke  
Medizinische Hochschule Hannover  
Dr. Peter Nürnberg  
Max-Delbrück-Centrum für  
Molekulare Medizin Berlin-Buch  
Prof. Dr. Michael Krawczak  
Universität Kiel*

Das Projekt wurde von der DFG im Rahmen des Schwerpunktprogramms „Genetische Analyse von Sozialsystemen“ und durch ein Heisenberg-Stipendium unterstützt.

# Der Kampf gegen die Retroviren

*Ein gentherapeutischer Ansatz zur Behandlung von Virusinfektionen setzt auf eingeschleuste Enzyme, um den Lebenszyklus der Viren von innen zu zerstören*

**D**ie sich weltweit immer stärker ausbreitende Immunschwächekrankheit AIDS wird von einem Virus verursacht, das zu der Gruppe der Retroviren gehört. Als Retroviren bezeichnet man eine große Gruppe verschiedenster Viren, deren genetische Information auf RNA-Molekülen gespeichert ist. In einer von einem Retrovirus infizierten Zelle wird eine DNA-Kopie der Viren-RNA hergestellt und in das Genom der Wirtszelle eingebaut. Da dies die Umkehrung der üblichen Richtung des Informationsflusses von der DNA zur RNA darstellt, spricht man von „Retro“-Viren. Infektionen mit Retroviren verursachen beim Menschen Krankheiten, die tödlich verlaufen können. Zu den aggressiven Retroviren gehört der Auslöser der Immunschwächekrankheit AIDS, das Human Immunodeficiency Virus (HIV). Infektionen mit Retroviren, insbesondere die HIV-Infektionen, stellen die biomedizinische Forschung vor große Herausforderungen.

In den letzten Jahren konnten bereits beachtliche Erfolge bei der Entwicklung medikamentöser Kombinationstherapien gegen AIDS erzielt werden. Die Wirksamkeit der antiviralen Medikamente wird jedoch häufig durch ihre starken Nebenwirkungen und aufwändige Dosierungsschemata begrenzt. Außerdem führt der durch diese Medikamente verursachte Selektionsdruck auf das Virus zur Entstehung neuer HIV-Virusstämme (Mutanten), die sich als resistent gegen das jeweilige Präparat erweisen. Aus diesem Grund ist es notwendig, neben der Suche nach Impfstoffen die Entwicklung neuer, alternativer Therapieansätze voranzutreiben. Ein neuartiger gentherapeutischer Ansatz gegen retrovirale Infektionen zeigt erste Erfolge im Tiermodell. Damit wächst die Hoffnung auf neue Therapieansätze für die Behandlung solcher Virusinfektionen beim Menschen.

Die Verwendung gentherapeutischer Ansätze zur Behandlung viraler Infektionen stellt ein relativ neues Konzept dar und wurde erstmals von dem Virologen David Baltimore im Jahre 1988 vorgeschlagen. Bei diesen Verfahren muss die durch das Virus infizierte Wirtszelle so manipuliert werden, dass sie Makromoleküle (fremde Nucleinsäuren oder Proteine) herstellt, die dann den Lebenszyklus des Virus hemmen oder unterbrechen. Derartige Strategien werden unter dem Begriff „intrazelluläre Immunisierung“ zusammengefasst. Obwohl auf diese Art und Weise bereits viel versprechende Erfolge gegen HIV-Infektionen in der Zellkultur und im Tiermodell erzielt wurden, entstanden auch in diesen Fällen Viren, die durch Mutationen einer Inaktivierung über fremde Makromoleküle ausweichen konnten.

**Infektionen mit Retroviren verursachen eine Vielzahl oft tödlich verlaufender Krankheiten**

Die Verwendung gentherapeutischer Ansätze zur Behandlung viraler Infektionen stellt ein relativ neues Konzept dar und wurde erstmals von dem Virologen David Baltimore im Jahre 1988 vorgeschlagen. Bei diesen Verfahren muss die durch das Virus infizierte Wirtszelle so manipuliert werden, dass sie Makromoleküle (fremde Nucleinsäuren oder Proteine) herstellt, die dann den Lebenszyklus des Virus hemmen oder unterbrechen. Derartige Strategien werden unter dem Begriff „intrazelluläre Immunisierung“ zusammengefasst. Obwohl auf diese Art und Weise bereits viel versprechende Erfolge gegen HIV-Infektionen in der Zellkultur und im Tiermodell erzielt wurden, entstanden auch in diesen Fällen Viren, die durch Mutationen einer Inaktivierung über fremde Makromoleküle ausweichen konnten.

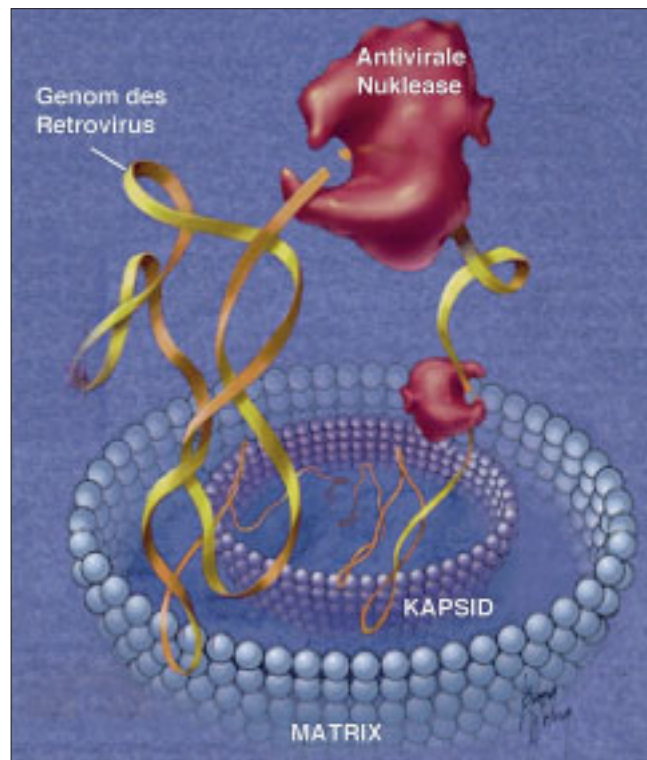


An der Johns-Hopkins-Universität in Baltimore (Maryland, USA) begonnene und am Heinrich-Pette-Institut für Experimentelle Virologie und Immunologie an der Universität Hamburg fortgeführte Arbeiten beschreiben eine neue Strategie der intrazellulären Immunisierung, die sich inzwischen im Tiermodell bewährt hat. Sie hat den Vorteil, an einer völlig anderen Stufe des viralen Lebenszyklus anzugreifen als die übrigen Ansätze der Anti-HIV-Gentherapie und gibt daher Anlass zur Hoffnung auf die Entwicklung neuer Behandlungsmethoden gegen diese bislang unheilbare Krankheit. Das dabei verwendete Konzept der so genannten kapsidgerichteten Inaktivierung (Capsid-targeted Viral Inactivation, CTVI) wurde ursprünglich in der Arbeitsgruppe von Professor Jef D. Boeke an der Johns-Hopkins-Universität an mobilen genetischen Elementen, auch Retrotransposons genannt, entwickelt. Die Vervielfachung (Replikation) dieser Elemente läuft ähnlich ab wie die der Retroviren und konnte blockiert werden, wenn man in die von ihnen hergestellten virusähnlichen Partikel zerstörerische Enzyme einschleuste. Der Angriffspunkt bei diesem Verfahren ist die das Virusgenom umgebende Proteinhülle, das Kapsid. Die intrazelluläre Immunisierung wird dadurch erreicht, dass man ein für Retroviren schädliches Protein in entstehende Viruspartikel einschleust. Dazu eignen sich beispielsweise so genannte Nukleasen, also Enzyme, die in der Lage sind, solche Moleküle zu spalten, die die genetische Information tragen. Der Mechanismus zur Ausbildung der Retroviruspartikel ermöglicht eine relativ einfache Einschleusung der

toxischen Proteine in das retrovirale Kapsid. Sie erfolgt, indem man virale Kapsidproteine mit den zerstörerischen Nukleasen koppelt. Diese sind dann, nachdem sie im Inneren des Viruspartikels zusammen mit dem viralen Genom verpackt wurden, in der Lage, das Virusgenom zu zerstören oder aber die Aktivität der viralen Proteine zu hemmen.

Um die Durchführbarkeit und Effizienz dieser neuen antiviralen Strategie zu prüfen, wurde zunächst versucht, ein bei Mäusen Leukämie erzeugendes Retrovirus (Murine Leukemia Virus, MuLV) in

Zellkulturexperimenten zu inaktivieren. Dabei wurden die zu testenden Nukleasen so gewählt, dass sie auf die Wirtszelle keinen zerstörerischen Effekt hatten. In Zusammenarbeit mit dem Virologen Mark Federspiel an der Mayo-Klinik in Rochester (Minnesota, USA) konnten wir zeigen, dass die hierbei untersuchten Nukleasen tatsächlich sämtliche infektiösen Viruspartikel in dieser mit MuLV infizierten Zellkultur inaktivierten. Die Virologen Beatrice Hahn und John Kappes von der University of Alabama in Birmingham nutzten diese Ergebnisse und führten analoge Versuche durch, wobei dieses Mal die erfolgreich getesteten Nukleasen in mit dem AIDS-Erreger infizierte menschliche Zelllinien eingeführt wurden. Das Ergebnis dieser Versuche war viel versprechend, denn die Anzahl an infektiösen Viruspartikeln war um 88 bis 99 Prozent zurückgegangen. Da Ergebnisse aus solchen Zellkulturexperimenten nicht ohne weiteres auf den lebenden Organismus

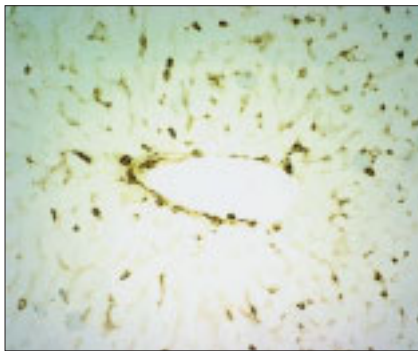
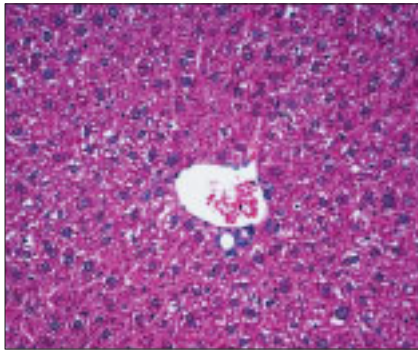


Besonders betroffen von der AIDS-Epidemie ist Afrika Ein zerstörerisches Enzym, die antivirale Nuklease, könnte dagegen helfen. Es wird in das Retrovirus eingeschleust und blockiert durch den Abbau des Virusgenoms die Vermehrung des Virus.

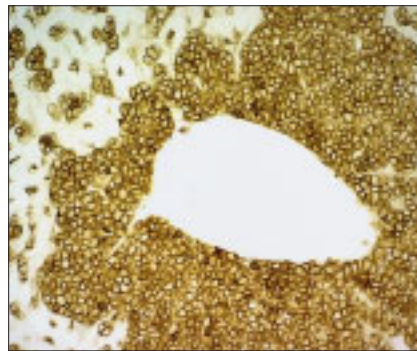
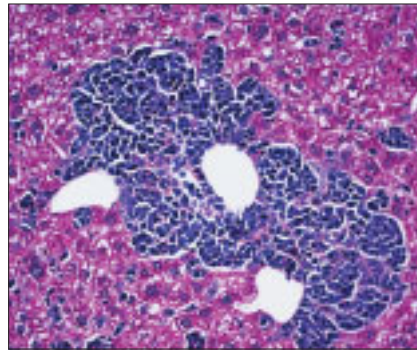


mus übertragen werden können, ist die Prüfung der Anwendbarkeit derartiger Strategien im lebenden Organismus (in vivo) unerlässlich. Für entsprechende Versuche wurden an der Johns-Hopkins-Universität in Baltimore genveränderte (transgene) Mäuse gezüchtet, die in ihren Körperzellen Fusionen aus dem MuLV Kapsidprotein und der

In genetisch veränderten Mäusen, die mit dem antiviralen Fusionsprotein ausgestattet sind, ist der Befall der Leber durch Tumorzellen entweder stark reduziert oder – wie in den beiden linken Bildern – gar nicht zu beobachten. Die rechten Abbildungen zeigen dagegen Lebergewebe einer genetisch nicht veränderten Maus mit ausgedehnten Tumorzellen.



duzierten, war jedoch die Menge an infektiösen Partikeln um das Zehnfache vermindert und führte zu erheblichen Verzögerungen bei der Entwicklung von Leukämien und zu einer gesteigerten Lebensdauer dieser Tiere im Vergleich zu ihren normalen MuLV-infizierten Geschwistern. Damit konnten wir zeigen, dass die antiviralen Fusionsproteine tatsächlich in die Viruspartikel der infizierten Mäuse eingebaut werden und zur Inaktivierung dieser Partikel führen. Das Mausmodell lieferte somit den Beweis dafür, dass das Prinzip der intrazellulären Immunisierungsstrategie CTVI nicht nur in der Zellkultur funktioniert, sondern auch in vivo. Durch die Veränderung verschiedener Faktoren wird es möglich sein,



den könnten in absehbarer Zeit auch bei der Zucht landwirtschaftlicher Nutztiere herangezogen werden, die dann gegen retrovirale Erkrankungen resistent oder zumindest weniger anfällig wären.

Die größte Herausforderung stellen jedoch weiterhin menschliche Retroviren wie das HI-Virus oder das Leukämie verursachende HTLV-1 (Human T-cell Leukaemia Virus-1) dar. Bei einer somatischen Gentherapie wäre es notwendig, das antivirale Protein in die Mehrheit der virusinfizierten Zellen einzuführen, um einen signifikanten antiviralen Effekt zu erzielen. Die oben dargestellten Ergebnisse zeigen, dass selbst eine verhältnismäßig geringe Reduzierung infektiöser Retroviren zu statistisch signifikanten Verbesserungen der klinischen Folgen führen kann. Im Falle der transgenen Mäuse zeigte sich dies in einer verzögerten Entwicklung einer Leukämie sowie in einer erhöhten Lebenserwartung. Da bei HIV-Patienten die im Körper vorhandene Virusmenge mit dem Verlauf der Krankheit eng zusammenhängt, hätte eine zwei- bis zehnfache Verringerung der infektiösen Viren, wie bei den Testmäusen beobachtet, bereits einen signifikanten, positiven Effekt auf den Krankheitsverlauf und würde die Lebensqualität des Patienten verbessern.

Aufbauend auf unsere Arbeiten ist es den Virologen Gertrud Beterams und Michael Nassal von der Albert-Ludwigs-Universität Freiburg kürzlich gelungen, die antivirale Strategie auch gegen das Menschen infizierende Hepatitis B-Virus anzuwenden. Durch Einschleusen von Nukleasen konnte die Anzahl infektiöser Hepatitis B-Partikel in der Zellkultur um 95 Prozent verringert werden.

Die kapsidgerichtete Virusbekämpfung stellt damit einen viel versprechenden Ansatz zur Therapie einer Vielzahl von viralen Infektionen dar, die den Menschen direkt oder indirekt betreffen.

*PD Dr. Gerald G. Schumann  
Paul-Ehrlich-Institut, Langen*

Testnuklease produzierten (Fusionsprotein). Es konnte nicht nur nachgewiesen werden, dass die Nukleasen nicht zerstörerisch auf den Mäuseorganismus wirkten, sondern dass sie auch einen schützenden Effekt hatten. Normalerweise entwickeln mit MuLV infizierte Mäuse bestimmte Formen von Blutkrebskrankungen (lymphatische Leukämien). Bei den transgenen Versuchsmäusen, die das antivirale Fusionsprotein pro-

die hier beobachtete antivirale Wirkung um ein Vielfaches zu steigern. Die Ergebnisse lassen erwarten, dass gentherapeutische Ansätze, die auf ähnlichen Fusionsproteinen basieren und zur Bekämpfung von HIV oder anderen Retroviren eingesetzt werden, von hohem therapeutischem Nutzen sein könnten.

Der Nachweis für die Anwendbarkeit von CTVI im Tiermodell eröffnet eine Vielzahl von Perspektiven: Die hier beschriebenen Metho-

Das Projekt wurde von der DFG im Rahmen des Postdoktorandenprogramms gefördert.



## Ausgezeichnete Aufklärungsarbeit

*Communicator-Preis 2003 für Wolf Singer – Neurophysiologe erhielt 50 000 Euro für die beste Vermittlung von Wissenschaft in die Öffentlichkeit – Preisverleihung im Rahmen des „Wissenschaftssommers“ in Mainz*

Mit dem „Communicator-Preis 2003“ wurde in Mainz der Frankfurter Neurophysiologe Professor Wolf Singer ausgezeichnet. Im Rahmen der diesjährigen Auftaktveranstaltung des „Wissenschaftssommers“ überreichten Dr. Heribert Johann, Vorsitzender des Landeskuratoriums Rheinland-Pfalz/Saarland des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, und Professor Helmut Schwarz, Vizepräsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, den mit 50 000 Euro dotierten Preis. In Anwesenheit der französischen Forschungsministerin Dr. Claudie Haigneré und Wolf Michael Catenhusen, Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung, würdigte der DFG-Vizepräsident Singers Verdienste um die Vermittlung seiner wissenschaftlichen Arbeit in die Öffentlichkeit. Der Direktor des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung stellte sich stets der gesellschaftlichen Diskussion um sein Forschungsgebiet, „auch wenn sie un bequem wird“. Durch Aufklärung bemühe er sich, die biomedizinische Grundlagenforschung für Laien transparent und nachvollziehbar zu machen. Mit seinem Projekt „Brücken schlagen – Wissenschaft in Schulen“ habe Singer ein Programm initiiert, das bei Schülerinnen und Schülern schon früh Interesse an wissenschaftlichen Themen wecken soll, betonte Schwarz. Dieses ursprünglich in Frankfurt verwirklichte Projekt werde inzwischen auch in anderen Regionen übernommen.

Dr. Arend Oetker, Präsident des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, hob in seiner Ansprache hervor, auf welche enorme Resonanz das Thema Wissenschaft in



DFG-Vizepräsident Professor Helmut Schwarz überreicht dem Communicator-Preisträger 2003, Professor Wolf Singer (Mitte), das von dem Kölner Künstler Michael Bleyenbergestaltete Hologramm. Rechts: Dr. Heribert Johann, der Vorsitzende des Gesellschafterausschusses von Boehringer Ingelheim.

der Bevölkerung stoße. Größte Aufmerksamkeit fänden auch der Communicator-Preis und seine Preisträger. Es gebe nur wenige Wissenschaftspreise, so Oetker, über die in den Medien so intensiv berichtet werde.

Der 1943 in München geborene Wolf Singer studierte an der dortigen Ludwig-Maximilians-Universität Medizin. Nach der Promotion ging er an die University of Sussex in England und habilitierte sich 1975 an der TU München. 1981 wurde er als wissenschaftliches Mitglied der Max-Planck-Gesellschaft und als Direktor an das MPI für Hirnforschung in Frankfurt berufen. Der Neurophysiologe be-

schäftigt sich mit der Entwicklung und funktionellen Organisation der Großhirnrinde sowie den neuronalen Grundlagen der Wahrnehmung. Singer ist bereits Träger zahlreicher Auszeichnungen und Preise, darunter auch des Körber-Preises für die Europäische Wissenschaft.

Der „Communicator-Preis – Wissenschaftspreis des Stifterverbandes“ wurde in diesem Jahr zum vierten Mal verliehen. Auf Vorschlag der DFG werden damit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausgezeichnet, die sich nachhaltig und in herausragender Weise um die Vermittlung ihrer Arbeit in eine breite Öffentlichkeit bemühen. Eine Jury aus Wissenschaftsjournalisten, Kommunikations- und PR-Fachleuten beurteilt die Bewerbungen nach den Kriterien Relevanz, Zielgruppe, Originalität und Nachhaltigkeit. In diesem Jahr gingen 70 Bewerbungen aus verschiedenen Fachgebieten ein, von denen zehn in die engste Wahl kamen.

# Förderung der deutsch-russischen Zusammenarbeit

Offizielle Eröffnung des DFG-Verbindungsbüros in  
Moskau – Neue Impulse für die internationale Forschung

Auf die jahrhundertelange Tradition der deutsch-russischen Wissenschaftsbeziehungen wies DFG-Präsident Professor Ernst-Ludwig Winnacker in seiner Rede zur offiziellen Eröffnung des DFG-Verbindungsbüros in Moskau hin. Vor zahlreichen Gästen aus Wissenschaft und Politik beider Länder betonte Winnacker, dass das neue Büro im Geiste des Humanismus und der internationalen Zusammenarbeit wirken solle.

Die wissenschaftlichen Beziehungen mit Russland haben sich in den vergangenen Jahren mit großer Dynamik entwickelt. Das neue Büro soll dazu beitragen, die Zusammenarbeit im Interesse beider Seiten zu verstärken. Es ist die – nach Peking und Washington – dritte Auslandsrepräsentanz der DFG und steht

unter der Leitung von Dr. Doris Schenk, langjährige Programmleiterin in der DFG für wissenschaftliche Beziehungen zu den Ländern der ehemaligen UdSSR.

Für die Russische Akademie der Wissenschaften (RAN) betonte Akademiemitglied Nikolaj Alfredovitch Plate in seinem Grußwort die gemeinsamen Aufgaben: den Austausch von Nachwuchswissenschaftlern und die komplementäre Forschung. Er gratulierte der DFG zu ihrer Entscheidung, eine so erfahrene und kenntnisreiche Kollegin wie Doris Schenk mit dieser Aufgabe zu betrauen.

In ähnlicher Weise äußerte sich Professor Michael V. Alfimov, Präsident der RFFI, der von einem Markstein auf dem Weg der Zusammenarbeit sprach. Mehr als 100 Projekte pro Jahr würden gemeinsam gefördert, mehr als 1000 gemeinsame Veröffentlichungen gebe es seit Beginn des Abkommens im Jahr 1995. Deutschland sei für die russische Wissenschaft der Partner Nummer eins. Dr. Hans-Friedrich von Ploetz, Botschafter der Bundesrepublik

Pressekonferenz vor der malerischen Kulisse Moskaus: DFG-Präsident Ernst-Ludwig Winnacker und die Leiterin des neuen Verbindungsbüros, Dr. Doris Schenk. Rechts: DFG-Abteilungsleiter Dr. Bruno Zimmermann und (links) Übersetzer Rainer Mettke.



Deutschland in der Russischen Föderation, hob den Mehrwert für die deutsche Wissenschaft durch die Verbindung zur produzierenden Wirtschaft in Russland hervor.

In seinem Festvortrag zeichnete Professor Dieter Bimberg, Technische Universität Berlin, unter dem Titel: „Von Leibniz zu Silizium“ (siehe auch die Beilage zu diesem Heft) 300 Jahre deutsch-russischer Zusammenarbeit in Wissenschaft und Technik nach. Zusammen mit seinem russischen Kooperationspartner, Akademiemitglied Zhores Alferov, Physik-Nobelpreisträger des Jahres 2000, wurde Bimberg als erster Deutscher seit 50 Jahren vom russischen Präsidenten Vladimir Putin 2002 mit dem Staatspreis für Wissenschaft und Technik ausgezeichnet. Professor Alferov lobte die aktive Rolle der DFG, die Anfang der 90er Jahre wesentlich zur Wiederherstellung der Wissenschaft in Russland beigetragen habe.

## Deutsch-moldauische Kooperationsprojekte

Seit nunmehr zehn Jahren fördert die Deutsche Forschungsgemeinschaft die Kooperation von Biowissenschaftlern des Instituts für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung in Gatersleben und dem Laboratorium für Eiweißchemie der Staatlichen Universität in Chisinau/Republik Moldau. Jetzt zogen die Forscher auf einer Tagung Bilanz. Gegenstand der gemeinsamen Arbeit sind biochemische und zellbiologische Vorgänge in keimenden Samen. Konkret geht es dabei um die Nährstoffe in den Samen von Erbsen, Bohnen und weiteren Hülsenfrüchten. Auch die Möglichkeit von züchterischen und gentechnischen Verbesserungen einiger Inhaltsstoffe wurde untersucht. Den Schwerpunkt künftiger Forschungen stellt die genetische Kontrolle von Keimungsprozessen dar. Ermöglicht wurde diese Kooperation durch einen speziellen Fonds der DFG, der die Zusammenarbeit zwischen deutschen Wissenschaftlern und Wissenschaftlern aus den Ländern Mittel- und Osteuropas unterstützt.



# Internationaler Wettbewerb um die besten Köpfe

*Symposium in Peking – Bundespräsident Rau besucht das Chinesisch-Deutsche Zentrum für Wissenschaftsförderung*

Im Rahmen seines Staatsbesuchs in China hat Bundespräsident Johannes Rau am 12. September das Chinesisch-Deutsche Zentrum für Wissenschaftsförderung in Peking besucht. Er nahm dort an einer Podiumsdiskussion zum Thema „Köpfe, Konkurrenz und Kooperation“ teil. Unter der Moderation des Präsidenten der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Ernst-Ludwig Winnacker, und seines Kollegen von der Chinesischen National Natural Science Foundation (NSFC), Chen Jia'er, diskutierten chinesische und deutsche Experten die Probleme und Chancen, die durch die weltweite Konkurrenz um

## Neue Wege der Wissensvermittlung

Die bekannte WDR-Wissenschaftssendung „Quarks & Co“ mit Ranga Yogeshwar feiert im Jahr 2003 ihr zehnjähriges Bestehen. Aus diesem Anlass fand am 22. und 23. September ein Forum zum Thema „Neue Wege der Wissensvermittlung“ statt. Die DFG war einer der Partner der Veranstaltung. Über 700 Gäste kamen an beiden Tagen in die Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland in Bonn. Unter den hochkarätigen Referenten waren auch drei Communicator-Preisträger: Der in diesem Jahr ausgezeichnete Professor Wolf Singer referierte über die Frage, wie das Wissen ins Gehirn kommt. Eine akustische Kostprobe aus der Nanotechnologie gab Professor Wolfgang Heckl, der in seinem Vortrag Atome hörbar machte. Professor Albrecht Beutelspacher bewies, dass Mathematik keine trockene Sache sein muss. Das von ihm initiierte Gießener Mathematikum ist das erste mathematische Mitmachmuseum und verzeichnet nach einem Jahr über 130 000 Besucher.

die besten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entstehen.

Die Veranstaltung behandelte die Frage, wie die beiden Schlüsselwörter Deutschland und China diese Konkurrenz jeweils wahrnehmen und sich darin positionieren. Teil-



nehmer auf deutscher Seite waren Professor Detlev Ganten, Stiftungsvorstand des Max-Delbrück-Centrums für Molekulare Medizin (MDC) Berlin-Buch, und Professor Christian Ochsenfeld, Chemiker aus Tübingen und bis vor kurzem selbstständiger Gruppenleiter im Emmy Noether-Programm der DFG. Von chinesischer Seite beteiligten sich Professor Qidi Wu, Vize-Ministerin für Bildung, und Professor Gang Pei, Präsident der Shanghai Institutes of Biological Sciences.

Das Chinesisch-Deutsche Zentrum für Wissenschaftsförderung wurde im Oktober 2000 gemeinsam von der DFG und ihrer Partnerorganisation NSFC eröffnet. Es wird von beiden Organisationen zu gleichen Teilen finanziert. Das Zentrum soll die Zusammenarbeit zwischen Na-

turwissenschaftlern und Ingenieuren beider Länder im Bereich der Grundlagenforschung erweitern und verbessern. Besondere Aufmerksamkeit gilt dabei der Förderung junger Wissenschaftler, den künftigen Trägern der bilateralen Beziehungen. Das Zentrum vermittelt durch die Veranstaltung von Symposien zu spezifischen Themen Kontakte zwischen chinesischen und deutschen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern, berät sie bei der Vorbereitung von Initiativen und beteiligt sich an der wissen-

Im Chinesisch-Deutschen Zentrum diskutierten angeregt: der Präsident der NSFC, Chen Jia'er, Bundespräsident Johannes Rau, DFG-Präsident Ernst-Ludwig Winnacker und die stellvertretende chinesische Ministerin für Bildung, Qidi Wu.

schaftspolitischen Diskussion zwischen den beiden Ländern.

DFG und NSFC möchten durch eine effektive Arbeit des Zentrums dazu beitragen, langfristig die wissenschaftlichen und persönlichen Beziehungen zwischen chinesischen und deutschen Wissenschaftlern, Wissenschaftsorganisationen, Universitäten und Forschungsinstitutionen und letztlich zwischen den Ländern selbst weiter zu verbessern und zu vertiefen.

► [www.sinogermanscience.org.cn/](http://www.sinogermanscience.org.cn/)

27

## Technische Arbeiten unter Wasser

Fertigungsprozesse unter Wasser erfordern besondere technische Verfahren, beispielsweise bei der Nutzung fossiler Rohstoffe, dem Bergen gefährlicher Güter oder dem Rückbau kerntechnischer Anlagen. Dieser Herausforderung stellte sich der Sonderforschungsbereich „Automatisierte Fertigung unter Wasser“, der von der Deutschen Forschungsgemeinschaft von 1988 bis 2000 an der Universität Hannover gefördert wurde. Die Wissenschaftler legten nun einen ausführlichen Abschlussbericht ihrer Arbeiten vor.

Im Mittelpunkt des Sonderforschungsbereichs stand die Frage, wie bestimmte technische Arbeits- und Fertigungsprozesse unter den besonderen Bedingungen unter Wasser durchgeführt werden können. Da Taucher nur bis zu einer Tiefe von 300 Metern arbeiten können, gewinnt die Automatisierung dieser Prozesse zunehmend an Bedeutung. Beim Auf- und Abbau von Bohrinseln, aber auch bei Arbeiten im Flachwasser, an Talsperren oder in kerntechnischen Anlagen erhöht die Automatisierung die Sicherheit des Personals und trägt gleichzeitig dazu bei, die Kosten für die Arbeiten zu senken. In 13 Teilprojekten untersuchten die Wissenschaftler verschiedene Unterwasserverfahren zum Trennen, Schneiden und Fügen von Bauteilen. Darüber hinaus entwickelten sie neue Sensoren-systeme, die eine genaue Positionsbestimmung von Geräten ermöglichen. Um die Forschungsaktivitäten weiter zu bündeln, hat 1997 das Unterwassertechnikum Hannover (UWTH) seine Arbeiten aufgenommen und so die Basis für den Sonderforschungsbereich vergrößert. Außerdem wurde ein begleitender Industriekreis eingerichtet, der die Untersuchungen durch die Formulierung realistischer Aufgabenszenarien unterstützt hat.

Sonderforschungsbereiche der DFG sind durch eine fächerübergreifende Kooperation der Forscher einer Hochschule gekennzeichnet und werden in der Regel über 12 Jahre gefördert.

## WISSENSCHAFTKUNST: Erde, Wasser, Sumpf

Der Künstler Helmut Dirnaichner präsentiert seine Arbeiten in der DFG-Geschäftsstelle

Wissenschaft und Kunst trafen sich wieder in der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Unter dem Titel „Erde, Wasser, Sumpf“ präsentierte die DFG Werke des in Mailand und München lebenden Künstlers Helmut Dirnaichner. Über 200 Gäste konnte DFG-Generalsekretär Dr. Reinhard Grunwald

eingeschlagene Farbformen. Es entstehen Miniaturlandschaften, deren Materialität unmittelbar greifbar ist. Jahrtausendealte Veränderungen der Erdgeschichte werden sichtbar. „Mich fasziniert an der Erde – dazu gehört auch alles unter ihr Verborgene – ihre Farbe, ihre Leuchtkraft oder Zartheit, ihre



zur Vernissage in der Geschäftsstelle begrüßen. Im Mittelpunkt der Veranstaltungsreihe WISSENSCHAFTKUNST stand diesmal die künstlerische Auseinandersetzung mit dem Thema „Erde“ – musikalisch umrahmt von den „Valencia Rhythm Boys“.

Dr. Axel-Hubertus Zienicke, Kurator der Ausstellung, stellte Helmut Dirnaichner in seiner Einführung als einen Künstler vor, der mit der Natur arbeitet. Sie liefert ihm die Materialien, die er in Kunstwerke umwandelt: Erde, Steine, Asche, Mineralien, Edel- und Halbedelsteine. Dirnaichner zerkleinert und pulverisiert sie, verwandelt sie zu Farbpigmenten. Damit färbt er seine von ihm handgeschöpften Papiere, arbeitet die Farbpulver ein in einfache, organische, in das Papier





Konsistenz und Struktur“, sagt Dirn-  
aichner: „Ich kehre zu Erden und  
Steinen als Urfarbe zurück, als dem  
Authentischen, als Maßstab. Das  
Urmaterial hat eine eigene Sprache,  
Geschichte und Ausstrahlung“.

Mit ihrer Veranstaltungsreihe  
WISSENSCHAFTKUNST will die  
DFG Mitarbeitern und deren Ange-  
hörigen, Gästen, Wissenschaftlern  
und Künstlern Gelegenheit zur  
ungezwungenen Begegnung und  
Auseinandersetzung mit Arbeiten  
zeitgenössischer Kunst geben.  
Dabei wird der Bogen geschlagen  
von der Bildenden Kunst über die  
Musik bis hin zur Literatur.

## Die DFG fördert ein neues Forschungsschiff

„*Maria S. Merian*“ soll am Eisrand der nördlichen Meere  
eingesetzt werden – „Hilfseinrichtung der Forschung“

Der Hauptausschuss der Deut-  
schen Forschungsgemeinschaft  
hat beschlossen, das Forschungs-  
schiff „*Maria Sibylla Merian*“ als  
neue Hilfseinrichtung der For-  
schung zu fördern. Das noch im Bau  
befindliche eisrandfähige Schiff soll  
zwei bereits stillgelegte For-  
schungsschiffe sowie die *Alexander  
von Humboldt* ersetzen, die Ende  
2004 außer Dienst gestellt wird. Die  
*Maria S. Merian* gehört zu den  
mittelgroßen Forschungsschiffen  
und soll vornehmlich am Eisrand  
der nördlichen Meere eingesetzt  
werden, einer Schlüsselregion zur  
Klärung aktueller Fragen im Sys-  
tem „Ozean-Klima“. Neben der  
*Meteor* ist die *Maria S. Merian* das  
zweite Forschungsschiff, das von  
der DFG im Rahmen des Förderin-  
struments „Hilfseinrichtung der

Forschung“ gemeinsam mit dem  
Bundesministerium für Bildung und  
Forschung (BMBF) finanziert wird.  
Damit sorgt die DFG für eine ge-  
rechte, an Kriterien der wissen-  
schaftlichen Leistung orientierte  
Verteilung der Forschungsressour-  
ce „Schiffszeit“. Das neue Schiff  
wird, wie die *Meteor*, allen deut-  
schen Meeresforschern und ihren  
ausländischen Partnern zur Verfü-  
gung stehen. Die DFG-Senatskom-  
mission für Ozeanographie hatte in  
ihrer Denkschrift „Meeresfor-  
schung im nächsten Jahrzehnt“ be-  
reits 1999 auf die Notwendigkeit  
der Erneuerung der mittelgroßen  
Schiffe der deutschen Forschungs-  
flotte hingewiesen, die nach An-  
sicht der Kommission den veränd-  
erten Ansprüchen der modernen  
Meeresforschung nicht mehr Rech-  
nung tragen. Damit gab die Kom-  
mission den Anstoß für die Ent-  
scheidung der Bund-Länder-Ar-  
beitsgruppe „Deutsche Forschungs-  
schiffe“ (BLAG) zum Neubau eines  
eisrandfähigen Schiffes.

Die Finanzierung des Schiffbaus  
wird gemeinsam von BMBF und  
den Ländern Bremen, Hamburg,  
Mecklenburg-Vorpommern und  
Schleswig-Holstein getragen und  
liegt bei rund 55 Millionen Euro.  
Das Schiff hat seinen Heimathafen  
am Institut für Ostseeforschung  
in Rostock-Warnemünde (IOW),  
Eigentümer ist das Land Mecklen-  
burg-Vorpommern. Betreiber des  
Schiffes wird eine noch zu grün-  
dende Betreibergemeinschaft sein,  
der die Nutzungsrechte an allen  
mittelgroßen Forschungsschiffen  
übertragen werden sollen. Um Be-  
trieb und Nutzung der *Maria S.  
Merian* bis zur Einrichtung der Be-  
treibergemeinschaft zu ermög-  
lichen, wird das Schiff in einer  
Übergangsphase entsprechend  
dem Finanzierungsmodell für die  
*Meteor* mit 70 Prozent von der DFG  
und 30 Prozent vom BMBF unter-  
stützt.

Jazz und Wein, Wissenschaft und Kunst:  
Die Vernissage in der DFG-Geschäftsstelle  
fand regen Zuspruch. Generalsekretär  
Dr. Reinhard Grunwald, Künstler Helmut  
Dirnmaichner und Ausstellungskurator  
Dr. Axel-Hubertus Zienicke (v.l.) stellten  
sich dem Fotografen.



# DFG schreibt EURYI Awards für Deutschland aus

*Konzertierter Start des neuen Nachwuchsprogramms in Europa – Förderung wissenschaftlicher Exzellenz*

Zur Förderung des exzellenten Nachwuchses aus aller Welt werden erstmals die European Young Investigator (EURYI) Awards ausgeschrieben. Das neue Nachwuchsprogramm für Europa wird gemeinsam getragen von den Forschungsförderern und Wissenschaftsorganisationen unter dem Dach von EUROHORCS (European Heads of Research Councils). In der Bundesrepublik Deutschland ist die Deutsche Forschungsgemeinschaft für das Programm zuständig. Ziel der EURYI Awards ist es, herausragende junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über einen Zeitraum von fünf Jahren in einem der teilnehmenden europäischen Länder effektiv zu fördern. Damit soll der Karriereweg der nächsten Generation führender Forscher unterstützt und zugleich die Attraktivität des europäischen Forschungsraums im internationalen Wettbewerb nachhaltig erhöht werden.

Ein EURYI Award soll einem Nachwuchswissenschaftler die Gelegenheit geben, an einem ausgewiesenen Institut in Europa eine eigene Nachwuchsgruppe aufzubauen und zu leiten. Das neue Exzellenz-Programm fußt auf dem „Memorandum of Understanding“, das 18 Wissenschaftsorganisationen aus 14 europäischen Ländern im Mai 2003 unterzeichnet haben. Das Programm ist für Wissenschaftler aller Fachdisziplinen offen und richtet sich an Kandidaten in der ganzen Welt. Die Förderung für einen Zeitraum von fünf Jahren umfasst sowohl die Finanzierung der Stelle des Gruppenleiters als auch die einer Nachwuchsgruppe (mit zwei bis drei Projektstellen für Doktoranden beziehungsweise Postdoktoranden) sowie Sach- und Reisemittel.

Bewerber um einen EURYI Award müssen einen herausragenden wissenschaftlichen Werdegang nachweisen. Sie sollen sich durch

besondere Forschungsleistungen ausgewiesen haben und das Potenzial erkennen lassen, auf ihrem Fachgebiet international eine führende Rolle spielen zu können. Vor dem Hintergrund des unterschiedlichen Promotionsalters in den einzelnen europäischen Ländern gibt es keine Altersgrenze. Stattdessen wird eine zwei- bis maximal zehnjährige Forschungserfahrung nach der Promotion vorausgesetzt. Besondere Bedeutung kommt darüber hinaus einer qualifizierten Einladung sowie der Zusage des gastge-

benden Instituts zu, die Nachwuchsgruppe aufzunehmen. Für Anträge auf Förderung in der Bundesrepublik Deutschland ist die DFG zuständig, für andere Teilnehmerländer die in der Ausschreibung genannte Organisation. Die Begutachtung und Endauswahl, die ausschließlich an Maßstäben der wissenschaftlichen Qualität orientiert ist, geschieht in zwei Schritten: Auf der ersten, nationalen Stufe begutachtet die DFG den Antrag. Kandidaten, die in dieser ersten Stufe erfolgreich waren, werden zu einem Vorstellungsgespräch in einem gemeinsamen Auswahlverfahren der beteiligten europäischen Organisationen eingeladen, für das die European Science Foundation (ESF) in Straßburg verantwortlich ist.

► [www.eurohorcs.org](http://www.eurohorcs.org)

► [www.esf.org](http://www.esf.org)

## Förderung der Geistes- und Sozialwissenschaften

*Das neue Buch „Einblicke“ porträtiert 13 DFG-Projekte allgemein verständlich für die Öffentlichkeit*

Die Lage der Geisteswissenschaften ist in den vergangenen Jahren viel diskutiert worden. Dabei stand vor allem die Frage im Mittelpunkt, wie ihre Rolle angesichts der als dominant empfundenen Lebens- und Technikwissenschaften zu bewerten sei. Darüber hinaus ging es auch um das Verhältnis der Geisteswissenschaften zu anderen Fachgebieten und nicht zuletzt um die Befürchtung, dass sie durch einen verschärften Wettbewerb um Fördermittel ins Hintertreffen geraten könnten.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat auf diese Diskussion reagiert. Im Frühjahr dieses Jahres wurde die „Förderinitiative Geisteswissenschaften“ ins Leben gerufen, die das Ziel hat, die Förderinstrumente der DFG so zu modifizieren und zu ergänzen, dass sie den Belangen der geisteswissenschaftlichen Forschung besser gerecht werden. Daneben sollen die von der DFG geförderten Projekte für die Öffentlichkeit zugänglicher und

sichtbarer werden. Einen ersten Schritt stellt das jetzt vorgelegte Buch „Einblicke – Geistes- und Sozialwissenschaften in der DFG“ dar. 13 Projekte, von Journalisten allgemein verständlich vorgestellt, geben einen Eindruck von der Themenvielfalt geisteswissenschaftlicher Forschung in Deutschland. Diese Auswahl präsentiert aktuelle Fragestellungen und lässt die Leserinnen und Leser teilhaben an ihren Lösungsansätzen. Zugleich unterstreicht Sie den hohen Stellenwert, der den Geistes- und Sozialwissenschaften innerhalb der DFG-Forschungsförderung zukommt.

Buch und Förderinitiative wurden Anfang November im Wissenschaftsforum Berlin vorgestellt. Im Anschluss an die Präsentation durch Professor Hans-Joachim Gehrke, Universität Freiburg, Mitglied des DFG-Senats, sprach Dr. Oliver Huck, Institut für Musikwissenschaft Weimar-Jena, über seine Erfahrungen als junger Geisteswissenschaftler in der DFG-Förderung.



# Berliner Vortragsreihe zieht positive Zwischenbilanz

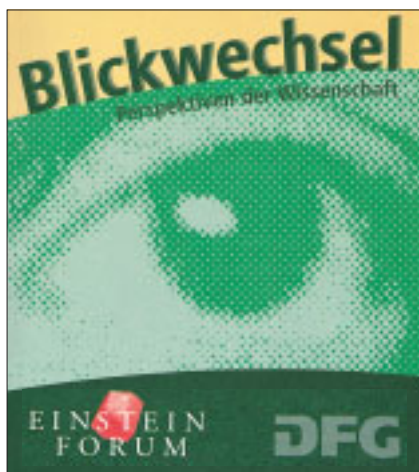
Die „Blickwechsel“-Veranstaltungen finden Zuspruch und Resonanz – Kooperation mit dem Einstein-Forum Potsdam

Unter dem Titel „Blickwechsel“ – Perspektiven der Wissenschaft“ führt die DFG seit dem Frühjahr 2001 eine neue Vortragsreihe in Berlin in Kooperation mit dem Einstein-Forum Potsdam durch. Es geht dabei um die Sicht unterschiedlicher Generationen von Wissenschaftlern auf ihr jeweiliges Fach, die einen tieferen Einblick in die Dynamik der jeweiligen Disziplin eröffnen soll. Zwei Wissenschaftlerinnen oder Wissenschaft-

zwischen deutschen Wissenschaftlern und ihren Kollegen aus dem Ausland. Ein Beispiel war der „Blickwechsel“ zwischen dem großen alten Mann der Anthropologie, Clifford Geertz, Princeton, und Karl-Heinz Kohl, Ethnologe an der Universität Frankfurt, unter dem Titel „After Writing Culture“, ein weiteres die Diskussion der beiden Hirnforscher Gerhard Roth, Bremen, und Kai Vogeley, Jülich, zur Frage des traditionellen Menschen-

bildes und der modernen Neurowissenschaft unter dem Titel „Bin ich ein Hirnzustand?“

Oliver Brüstle und Konrad Beyreuther diskutierten über die Stammzellforschung, Wolf von Engelhardt und Gregor Markl mit einem Altersabstand von 60 Jahren über Geowissenschaften im 20. Jahrhundert. Tzvetan Todorov, Paris, und Jan Philipp Reemtsma, Hamburg, tauschten sich aus zur spannenden Frage „Understanding Violence“. Die Veranstaltungen, moderiert von sachkundigen Kollegen, finden statt im Otto-Braun-Saal der Staatsbibliothek zu Berlin, je nach Gesprächspartnern in englischer Sprache. Sie finden ein reges Interesse auch bei Studenten und jungen Wissenschaftlern.



ler geben in Kurzvorträgen eine Antwort auf so unterschiedliche Fragen wie: Was war das zentrale Problem während Ihres Studiums? Welches waren Ihre einflussreichsten Lehrer? Welches viel diskutierte Thema der Gegenwart halten Sie für einen Irrweg? Welche politischen und gesellschaftlichen Folgen hat die Forschung in Ihrem Fach zurzeit?

Aus der Gegenüberstellung und der anschließenden Diskussion wird immer wieder in überraschender Weise deutlich, wie sehr Wissenschaft nicht einfach ein abstraktes Subjekt ist, sondern von den Erfahrungen der Wissenschaftler geprägt wird. Die Selbstreflexion des Faches und seine Wandlung über die Jahrzehnte wird besonders deutlich bei den „Blickwechseln“

## Rüge für Heinz Breer und Johannes Noé

Retuschierung einer Abbildung bei einer Publikation wird als wissenschaftliches Fehlverhalten gewertet

Der Hauptausschuss der Deutschen Forschungsgemeinschaft hat Professor Dr. Heinz Breer, Universität Hohenheim, und Dr. Johannes Noé, Universität Zürich, wegen wissenschaftlichen Fehlverhaltens im Zusammenhang mit der Publikation „Noé/Breer, Journal of Neurochemistry, Vol. 71, S. 2286-2293, 1998“, eine Rüge erteilt. Die Rüge ist auf der Skala der DFG-Sanktionen die mildeste Form. Der Hauptausschuss entschied auf der Grundlage einer Bewertung des zuständigen DFG-Ausschusses zur Untersuchung von Vorwürfen wissenschaftlichen Fehlverhaltens, der nach einer Anhörung der beiden Wissenschaftler und der Einsichtnahme von Originalunterlagen zu seiner Entscheidung gelangt war.

Danach ist festzuhalten, dass den Abbildungen 6b und 8b der Publikation eine Datenmanipulation zugrunde liegt. Die DFG kommt zu der Überzeugung, dass die von Breer und Noé eingeräumte Ersetzung von Primer-Banden durch Hintergrund zwar nicht zu einer Änderung der mit der Abbildung

verbundenen wissenschaftlichen Kernaussage führe, dennoch werde der Eindruck hervorgerufen, dass der dem Experiment zugrunde liegende Primer vollständig verbraucht worden sei. Auf das Entfernen hätte in der Publikation hingewiesen werden müssen. Dass dies nicht geschehen sei, wertet die Deutsche Forschungsgemeinschaft als wissenschaftliches Fehlverhalten. Da die Schönung der Daten die wissenschaftliche Aussage der Publikation nicht berühre, sei eine Rüge allerdings ausreichend.

Professor Breer hat versichert, dass alle anderen unter seiner Ko-Autorschaft veröffentlichten Publikationen frei von Fehlern seien, wie sie im Zusammenhang mit den Publikationen „Schreiber, S., Fleischer, J., Breer, H. and I. Boeckhoff, Journal of Biological Chemistry, 275, S. 24115-24123, 2000“, beziehungsweise „Noé/Breer, Journal of Neurochemistry, Vol. 71, S. 2286-2293, 1998“, gemacht worden seien. Sämtliche Publikationen seien in seinem Institut auf solche Fehler hin überprüft worden.

31

## Die Deutsche Forschungsgemeinschaft

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) ist die zentrale Selbstverwaltungsorganisation der Wissenschaft. Nach ihrer Satzung hat sie den Auftrag, „die Wissenschaft in allen ihren Zweigen“ zu fördern. Die DFG unterstützt und koordiniert Forschungsvorhaben in allen Disziplinen, insbesondere im Bereich der Grundlagenforschung bis hin zur angewandten Forschung. Ihre besondere Aufmerksamkeit gilt der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Jeder deutsche Wissenschaftler kann bei der DFG Anträge auf Förderung stellen. Die Anträge werden Gutachtern der Fachkollegien vorgelegt, die für jeweils vier Jahre von den Forschern in Deutschland in den einzelnen Fächern gewählt werden.

Bei der Forschungsförderung unterscheidet die DFG verschiedene Verfahren: Im *Normalverfahren* kann jeder Forscher Beihilfen beantragen, wenn er für ein von ihm selbst gewähltes Forschungsprojekt Mittel benötigt. Im *Schwerpunktverfahren* arbeiten Forscher aus verschiedenen wissenschaftlichen Institutionen und Laboratorien im Rahmen einer vorgegebenen Thematik oder eines Projektes für eine begrenzte Zeit zusammen. Die *Forschergruppe* ist ein längerfristiger Zusammenschluß mehrerer Forscher, die in der Regel an einem Ort eine Forschungsaufgabe gemeinsam bearbeiten. In den *Hilfseinrichtungen der Forschung* sind besonders personelle und apparative Voraussetzungen für wissenschaftlich-technische Dienstleistungen konzentriert.

*Sonderforschungsbereiche (SFB)* sind langfristige, in der Regel auf 12 Jahre angelegte Forschungseinrichtungen der Hochschulen, in denen Wissenschaftler im Rahmen eines fächerübergreifenden Forschungsprogramms zusammenarbeiten. Neben den ortsgebundenen und allen Fächern offen stehenden SFB werden Transregio angeboten, bei denen sich verschiedene Standorte zu einem thematischen Schwerpunkt zusammenschließen. Eine weitere Variante sind kulturwissenschaftliche Forschungskollegs, mit denen in den Geisteswissenschaften der Übergang zu einem kulturwissenschaftlichen Paradigma unterstützt werden soll. Eine Programmergänzung stellen Transferbereiche dar. Sie dienen der Umsetzung der in einem SFB erzielten Ergebnisse wissenschaftlicher Grundlagenforschung in die Praxis durch die Kooperation mit Anwendern.

*Forschungszentren* sind ein wichtiges strategisches Förderinstrument der DFG. Sie sollen eine Bündelung wissenschaftlicher Kompetenz auf besonders innovativen Forschungsgebieten ermöglichen und in den Hochschulen zeitlich befristete Forschungsschwerpunkte mit internationaler Sichtbarkeit bilden.

*Graduiertenkollegs* sind befristete Einrichtungen der Hochschulen zur Förderung des graduierten wissenschaftlichen Nachwuchses. Im Zentrum steht ein zusammenhängendes, thematisch umgrenztes Forschungs- und Studienprogramm. Graduiertenkollegs sollen die frühe wissenschaftliche Selbständigkeit der Doktorandinnen und Doktoranden unterstützen und den internationalen Austausch intensivieren. Sie stehen ausländischen Kollegiaten offen. In internationalen Graduiertenkollegs bieten deutsche und ausländische Universitäten gemeinsam ein strukturiertes Promotionsprogramm an. Zusätzliche Förderungsmöglichkeiten für den qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs bestehen im Heisenberg-Programm sowie im Emmy Noether-Programm.

In den neuen Bundesländern wurden *Geisteswissenschaftliche Zentren* geschaffen, um die dortigen Forschungsstrukturen zu verbessern. Sie sind zeitlich begrenzte Einrichtungen zur Förderung interdisziplinärer Forschung.

Die DFG finanziert und initiiert außerdem Maßnahmen zur Förderung des wissenschaftlichen Bibliothekswesens, stattet Rechenzentren mit Computern aus, stellt Groß- und Kleingeräte für Forschungszwecke zur Verfügung und begutachtet Anträge auf Ausstattung mit Apparaten im Rahmen des Hochschulbauförderungsgesetzes. Auf internationaler Ebene hat sie die Aufgabe der Vertretung der Wissenschaft in internationalen Organisationen übernommen, koordiniert und finanziert den deutschen Anteil an großen internationalen Forschungsprogrammen und unterstützt die wissenschaftlichen Beziehungen zum Ausland.

Eine weitere wesentliche Aufgabe der DFG ist die Beratung von Parlamenten und Behörden in wissenschaftlichen Fragen. Eine große Zahl von Fachkommissionen und Ausschüssen liefert wissenschaftliche Grundlagen für Gesetzgebungsmaßnahmen, vor allem im Bereich des Umweltschutzes und der Gesundheitsvorsorge.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft ist der Rechtsform nach ein Verein des bürgerlichen Rechts. Ihre Mitglieder sind wissenschaftliche Hochschulen, die Akademien der Wissenschaft, Max-Planck-Gesellschaft, Fraunhofer-Gesellschaft, Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz, Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren, Forschungseinrichtungen von allgemeiner wissenschaftlicher Bedeutung sowie eine Reihe von wissenschaftlichen Verbänden. Zur Wahrnehmung ihrer Aufgaben erhält sie Mittel vom Bund und den Ländern sowie eine jährliche Zuwendung des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.

## Anschriften der Autoren

*Prof. Dr. Johannes Dichgans*  
Neurologische Universitätsklinik,  
Universitätsklinikum Tübingen,  
Hoppe-Seyler-Straße 3,  
72076 Tübingen

*Prof. Dr. Michael Krawczak*  
Institut für Medizinische  
Informatik und Statistik,  
Universität Kiel,  
Brunswiker Straße 10, 24105 Kiel

*Prof. Dr. Otto L. Lange*  
Julius-von-Sachs-Institut  
für Biowissenschaften, Lehrstuhl  
für Botanik II, Universität Würzburg,  
Julius-von-Sachs-Platz 3,  
97082 Würzburg

*Dipl.-Ing. Marcell Meuser*  
*Prof. Dr.-Ing. Hubertus Murrenhoff*  
Institut für fluidtechnische  
Antriebe und Steuerungen,  
RWTH Aachen,  
Steinbachstraße 53,  
52074 Aachen

*Dr. Matthias Miller*  
*Dr. Armin Schlechter*  
*Dr. Karin Zimmermann*  
Universitätsbibliothek Heidelberg,  
Plöck 107-109, 69117 Heidelberg

*Dr. Peter Nürnberg*  
Max-Delbrück-Centrum  
für Molekulare Medizin Berlin-Buch,  
Robert-Rössle-Straße 10, 13092 Berlin

*Prof. Dr.-Ing. Günther Schmidt*  
Lehrstuhl für Steuerungs- und  
Regelungstechnik,  
TU München,  
Theresienstraße 90, 80333 München

*Prof. Dr. Jörg Schmidtke*  
Institut für Humangenetik,  
Medizinische Hochschule Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1,  
30625 Hannover

*PD Dr. Gerald G. Schumann*  
Paul Ehrlich Institut,  
Bundesamt für Sera und Impfstoffe  
Paul Ehrlich-Straße 51-59,  
63225 Langen

## Abbildungen

Querbach (S. 2, 28, 29, Rücktitel); Kron/  
Kammermeier (S. 4, 5); Nitzsche (S. 4/5);  
Riener/Hoogen (S. 6); IFAS (S. 7 o., 9);  
Archiv (S. 7 u.); Universitätsbibliothek  
Heidelberg (S. 11, 12, 13); Lange (S. 14,  
14/15, 15, 16, 17, 18); privat (S. 19);  
Schmidtke (S. 20); Rawlins (Titel, S. 21);  
Wong (S. 23 o.); dpa (S. 23 u.); Schu-  
mann (S. 24); Daum/Stifterverband für  
die Deutsche Wissenschaft (S. 25); Kai-  
ser (S. 26); Chen (S. 27)  
o. = oben; u. = unten





**Z**uständig für  
gutes „Be-  
triebsklima“

im Sommer und ausreichende Wärme im Winter ist in der Geschäftsstelle der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Bonn Hausmeister Joachim Lauhöfer.