

forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft

forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft



1/2004 ▶ Die Welt der Lebenden und die Welt der Toten
▶ Wenn sich die Feldlerche vom Acker macht ▶ Wahrheit,
Würde und Versöhnung ▶ Die Mundwerk-
zeuge der Sporenfresser ▶ Leibniz-Preise 2004

DFG

Im Querschnitt

Impulse für klinische Studien

Zur Unterstützung der klinischen Forschung haben das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft gemeinsam ein neues Programm aufgelegt. Es soll dazu dienen, die patientennahe medizinische Forschung an deutschen Universitätskliniken zu fördern. Das Programm ist in den nächsten vier Jahren mit insgesamt 40 Millionen Euro ausgestattet. **Seite 28**

Neue Fenster ins Universum

Die moderne astronomische Forschung hat in den letzten Jahren bahnbrechende Fortschritte erzielt. Darauf weist eine neue Denkschrift der Deutschen Forschungsgemeinschaft hin. Sie bietet nicht nur eine Bestandsaufnahme der astronomischen und astrophysikalischen Wissenschaft in Deutschland, sondern diskutiert zugleich deren Perspektiven. **Seite 30**

Möglichkeiten und Grenzen erkennen

Die DFG hat die Ombudsgremien von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu einem Erfahrungsaustausch eingeladen. Im Rahmen eines Symposiums in Bonn wurde der Problembereich „wissenschaftliches Fehlverhalten“ umfassend diskutiert. Dabei ging es auch um die Möglichkeiten und Grenzen des Ombudsverfahrens als Instrument zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis. **Seite 31**

Der Kommentar

Jörg Hinrich Hacker

Ein „Jahr der Innovation“ auch für die Gentechnik? S. 2

Naturwissenschaften

Peter Aufmuth

Ein Horchposten ins Universum S. 4

Geisteswissenschaften

Peter Pfälzner

Die Welt der Lebenden und die Welt der Toten S. 8

Ralf K. Wüstenberg

Von Wahrheit, Würde und Versöhnung S. 13

Ingenieurwissenschaften

Roger Grundmann

Das Fagott und die Strömungsmechanik S. 16

Biowissenschaften

Oliver Betz

Die Mundwerkzeuge der Sporenfresser S. 21

Claus Mückschel, Hans Georg Frede, Wolfgang Köhler, Friedrich Kuhlmann, Annette Otte, Volkmar Wolters

Wenn sich die Feldlerche vom Acker macht S. 24

Leibniz-Preise 2004

Ein Gütesiegel für Spitzenleistungen S. 18



Ein neues Kapitel der altsyrischen Kultur

Archäologen haben das Königsggrab von Qatna entdeckt. Dort wurde auch eine feingliedrige, aus Goldblech geformte Hand gefunden, mit der einstmalig Opfergaben dargebracht wurden (Seite 8).

Titelbild: Konrad Wita

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; Redaktionsassistentin: 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**

Der Bundeskanzler hat 2004 zum „Jahr der Innovation“ ausgerufen. Zudem wird derzeit nicht nur in Talkrunden und Feuilletons viel über Eliteuniversitäten, Spitzenforschung und ihre Voraussetzungen diskutiert. Dabei wird oft gefragt: Welche Rahmenbedingungen benötigen Spitzenforschung und innovative Wissenschaft in Deutschland? Konsens herrscht hierzulande über den materiellen Aspekt. Schließlich sind wir noch weit von dem Ziel entfernt, drei Prozent des Bruttoinlandsproduktes für die Forschung aufzuwenden, wie dies bereits in anderen Ländern der Fall ist. Fazit: Die Wissenschaft in Deutschland ist unterfinanziert. Wer Innovationen will, muss hier also eingreifen.

Doch wie steht es um die immateriellen Bedingungen für die Forschung? Ist Deutschland überhaupt ein forschungsfreundliches Land? Nehmen wir das Beispiel Gentechnik. Vor fast 30 Jahren fanden Forscher heraus, dass man das Erbmateriale von Organismen – Bakterien, Pflanzen, Tieren – isolieren und im Labor gezielt verändern kann. Von dieser Innovation, für die recht bald mehrere Nobelpreise vergeben wurden, haben viele profitiert: die Wissenschaft, weil grundlegende Lebensprozesse besser analysierbar wurden, die Wirtschaft und nicht zuletzt die praktische Medizin, weil neue, sichere Medikamente, etwa das Humaninsulin entwickelt werden konnten. Die medizinisch relevante Genforschung, salopp als „rote Gentechnik“ bezeichnet, ist alles in allem eine Erfolgsgeschichte.

Zu Beginn der neuen Ära der Gentechnik wurde auch über Risiken, etwa die Entstehung neuer Krankheitserreger, debattiert. Deshalb verständigten sich Wissenschaftler auf ein „Moratorium“, an dessen Ende Regularien standen, die gentechnisch veränderte Organismen in verschiedene Risikoklassen unterteilen, für die jeweils bestimmte Arbeitsbedingungen gültig sind. Diese Regularien haben sich bewährt. Die rote Gentechnik hat sich nicht nur als eine äußerst effiziente, sondern auch als eine sichere Technologie erwiesen. Weltweit, auch in Deutschland, ist die Akzep-

tanz für diese Technik gewachsen, so dass die Gesetzgebung im Laufe der Zeit liberalisiert wurde, was zu relativ verlässlichen Rahmenbedingungen geführt hat.

Neben der roten Gentechnik hat sich eine „grüne Gentechnik“ entwickelt, in deren Mittelpunkt die Forschung mit gentechnisch veränderten oder „transgenen“ Pflanzen steht. Mittlerweile sind weltweit fast 70 Millionen Hektar Fläche mit gentechnisch veränderten Pflanzen registriert worden. Dies entspricht einer Fläche doppelt so groß wie die Bundesrepublik Deutschland. Mit

veränderte Pflanzen in großem Umfang angebaut werden, gibt es in Europa nach wie vor erhebliche Vorbehalte gegen „genefood“.

Worum geht es nun in der Forschung bei der grünen Gentechnik? Mit Hilfe gentechnisch veränderter Pflanzen lassen sich zahlreiche wissenschaftlich höchst interessante und relevante Fragen beantworten. So wird etwa das Entstehen von Pflanzenkrankheiten erforscht. Nach wie vor werden große Teile der Ernte von Pflanzenschädlingen vernichtet, man denke nur an die Reblaus, die Weinreben angreift,



den Verfahren der grünen Gentechnik werden neue Sorten von Nutzpflanzen gezüchtet, die resistent gegen bestimmte Krankheitserreger beziehungsweise gegen Insektenbekämpfungsmittel sind, oder die neue Inhaltsstoffe, zum Beispiel Vitamine oder Eiweiße, bilden. Mittels transgener Pflanzen lässt sich deshalb oft kostengünstiger und mit weniger Pflanzenschutzmitteln produzieren. In den USA beläuft sich die Ernte von transgenen Sorten bei Mais, Baumwolle oder Sojabohnen schon auf über 50 Prozent. Während in vielen außereuropäischen Ländern gentechnisch

oder an den Mehltau, der Getreide zerstören kann. Das Wissen um die Mechanismen dieser Pflanzenkrankheiten kann zur Entwicklung neuer und resistenterer Arten beitragen. Man kann aber auch studieren, wie sich Pflanzen entwickeln, wie zum Beispiel aus einem Keimling unterschiedliche Gewebe entstehen. Aber auch Probleme des Stoffwechsels von Pflanzen können analysiert werden. So verwundert es nicht, dass über 30 Prozent aller so genannten „Freisetzung“ von transgenen Pflanzen in Deutschland von wissenschaftlichen Instituten, etwa der Max-Planck-Gesellschaft,

den Universitäten oder der Leibniz-Gemeinschaft vorgenommen werden. Viele dieser Projekte werden auch von der DFG gefördert.

Wie zuvor bei der „roten“ werden auch bei der „grünen“ Gentechnik Risiken diskutiert: von der Möglichkeit des Überspringens vermeintlich „schädlicher“ Gene auf Wildpflanzen bis hin zu der Vermutung, gentechnisch veränderte Pflanzen könnten gesundheitliche Probleme beim Menschen auslösen. Viele dieser Szenarien beruhen allerdings nur auf Mutmaßungen und werden nicht durch die Erfahrun-

an das neue Gesetz groß. Vor allem richten sich diese auf die Etablierung verlässlicher Rahmenbedingungen. Ob dieses Ziel mit dem neuen „Gentechnikgesetz“ erreicht werden kann, ist jedoch mehr als fraglich. Aus Sicht der Deutschen Forschungsgemeinschaft liegt dies an zwei zentralen Punkten: Zum einen ist es ein Anliegen des neuen Gentechnikrechts, ein „Eindringen“ von gentechnisch veränderten Pflanzen ins konventionelle Saatgut zu verhindern. Dabei spielt überhaupt keine Rolle, ob die transgenen Pflanzen von den Zulassungs-

zu hoffen, dass im Rahmen des Gesetzgebungsverfahrens, bei dem Bundestag und Bundesrat zustimmen müssen, eine Regelung gefunden wird, die den Anliegen der Wissenschaft ebenso Rechnung trägt wie denen der Landwirtschaft.

Noch ein zweiter Punkt ist wichtig: die Anmelde- und Genehmigungsprozeduren werden aufwendiger und nicht unbürokratischer. Statt schlankere Strukturen zu schaffen, wird die „Zentrale Kommission für Biologische Sicherheit“, die sich sehr bewährt hat, neu strukturiert und quasi verdoppelt. Darüber hinaus werden das Antragsprozedere und die begleitenden Protokollierungen aufwendiger als bisher. Das heißt unter dem Strich: statt Verschlankung und Entbürokratisierung mehr Kommissionen und mehr unproduktive Schreibtischarbeit! Auch hier erwartet die Wissenschaft, dass das Gesetzgebungsverfahren Verbesserungen erbringen wird.

Es stellt sich also die Frage: Ist Deutschland ein Land, das Innovationen auch auf dem Gebiet der Gentechnik will, oder werden einseitig die Risiken in den Mittelpunkt der Diskussion gerückt? Wird die grüne Gentechnik unter Generalverdacht gestellt oder können Wissenschaftler mit einem Vertrauensvorschuss rechnen? Gilt die grundgesetzlich geschützte Forschungsfreiheit auch für die grüne Gentechnik? Auch von der Beantwortung dieser Fragen wird abhängen, ob 2004 als „Jahr der Innovation“ im Gedächtnis bleiben wird.



Prof. Dr. Dr. h.c. Jörg H. Hacker

Jörg Hinrich Hacker, Professor für Molekulare Infektionsbiologie an der Universität Würzburg, ist Vizepräsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Das Präsidium der DFG setzt sich zusammen aus dem Präsidenten und acht Vizepräsidenten sowie dem Vorsitzenden des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft.

Prof. Dr.
Jörg Hinrich Hacker

Ein „Jahr der Innovation“ auch für die Gentechnik?

gen beim großräumigen Anbau im Ausland gedeckt. Dennoch gab es für bestimmte Bereiche der grünen Gentechnik in der EU ein „Moratorium“, das inzwischen ausgelaufen ist. In der Bundesrepublik wird momentan eine allgemein gefasste Richtlinie der EU in deutsches Recht umgesetzt. Der deutsche Gesetzesentwurf wurde mittlerweile vom Bundeskabinett verabschiedet und dem Bundestag sowie dem Bundesrat zugeleitet. Kürzlich hat auch eine erste Anhörung stattgefunden.

Angesichts der großen Bedeutung der grünen Gentechnik für die Wissenschaft sind die Erwartungen

behörden als unbedenklich eingestuft wurden. Allein die Tatsache, dass es zu Übertragungen von gentechnisch veränderten Pflanzen kommt, wird berücksichtigt. Und der Anwender muss haften, wenn ein bestimmter Schwellenwert an transgenen Pflanzen überschritten wird. Dies gilt für kommerzielle Produzenten, aber auch für Wissenschaftler. Damit ist klar: Sollte diese Haftungsregelung in Kraft treten, würde die faktische „Innovation“ auf dem Gebiet der grünen Gentechnik darin bestehen, dass diese Arbeiten künftig außerhalb Deutschlands stattfinden. Es bleibt

Von der Schwerkraft haben wir noch immer die Vorstellung im Kopf, die der englische Physiker Isaac Newton vor dreihundert Jahren geprägt hat: Er beschrieb sie als eine zwischen allen Massen wirkende Anziehungskraft. Wer aber Massen im freien Fall betrachtet, stellt fest, dass es sich dabei um eine kräftefreie Bewegung handelt, die an der selben Stelle des Raums immer unabhängig von der Größe und Zusammensetzung der beteiligten Massen ist. Albert Einstein zog daraus den Schluss, dass es sich bei der Gravitation um einen Effekt handelt, der von der geometrischen Struktur des Raums abhängt. Die Ausarbeitung dieser Idee führte 1915 zur Allgemeinen Relativitätstheorie.

Nach Einsteins Ansicht ist der physikalische Raum kein starres Gerüst oder lediglich die Arena für die in der Natur ablaufenden Vorgänge, sondern er nimmt selbst am Geschehen teil: Der Raum wird durch die Anwesenheit von Massen verformt. Die dadurch erzeugte Krümmung des Raums bestimmt die Bewegung anderer Massen und wirkt so scheinbar als ablenkende Kraft. Bewegen sich Massen beschleunigt, so breiten sich die dadurch hervorgerufenen Änderungen in der Raumkrümmung mit Lichtgeschwindigkeit wellenförmig nach allen Seiten aus; so entstehen Gravitationswellen. Allerdings erkannte schon Einstein, dass nur sehr große Massen mit sehr großen Beschleunigungen messbare Gravitationswellenausschläge, Amplituden genannt, erzeugen. Als mögliche Quellen kommen daher nur astrophysikalische Objekte oder Ereignisse in Frage wie etwa Systeme aus Schwarzen Löchern und Neutronensternen oder Supernovae.

Die Wirkung dieser Wellen äußert sich als eine Verzerrung des Raums, als Dehnung und Stauchung seiner geometrischen Struktur. Bei zwei senkrecht aufeinander stehenden Messstrecken führt dies zu einer unterschiedlichen Längenänderung dieser beiden Richtungen. Ein Gerät, das den Längenunterschied sichtbar macht, ist das so genannte Michelson-Interferometer. Man vergleicht damit die



Ein Horchposten ins Universum

Laufzeitunterschiede von Lichtstrahlen in den beiden Messstrecken. Das Problem für den Experimentalphysiker besteht darin, dass die zu erwartenden Längenänderungen extrem klein sind. Eine Supernova-Explosion in einer benachbarten Galaxie ändert beispielsweise die Länge einer ein Kilometer langen Teststrecke auf der Erde nur um ein Tausendstel eines Protonendurchmessers – und auch das nur für einige Millisekunden.

Seit 40 Jahren wird versucht, Gravitationswellen nachzuweisen,

aber erst heute besitzen wir die dazu notwendige empfindliche Lasermesstechnik. Der Gravitationswellendetektor GEO600 ist ein Gemeinschaftsprojekt deutscher und britischer Forschergruppen. Es handelt sich dabei um ein Michelson-Interferometer mit 600 Meter langen Messstrecken, das auf dem Gelände der Universität Hannover in Ruthe südlich von Hannover errichtet wurde. Federführend sind Wissenschaftler aus Hannover, Gollm, Glasgow, Garching und Cardiff. Man erwartet Gravitationswellen-



Erst seit wenigen Jahren ist es möglich, Gravitationswellen nachzuweisen. Ein neu entwickelter Gravitationswellendetektor zeichnet sich durch besondere Empfindlichkeit aus. Mit seiner Hilfe lassen sich wichtige Informationen über Schwarze Löcher, dunkle Materie und den Ursprung des Alls gewinnen

frequenzen im hörbaren Bereich – GEO600 ist also buchstäblich ein Horchposten ins All.

Die Beobachtung von Gravitationswellen wird durch viele Effekte erschwert. Sie führen zu Änderungen in der Lichtwegdifferenz zwischen den beiden Armen und täuschen dadurch ein Signal vor. Dies sind zum Beispiel akustische Störungen (Luftdruckschwankungen); daher sind alle optischen Aufbauten in großen Vakuumtanks untergebracht. Die Messstrecken selbst verlaufen in evakuierten Edelstahl-

rohren mit einem Durchmesser von 60 Zentimetern. Hier wird ein Vakuum wie im erdnahen Weltraum benötigt.

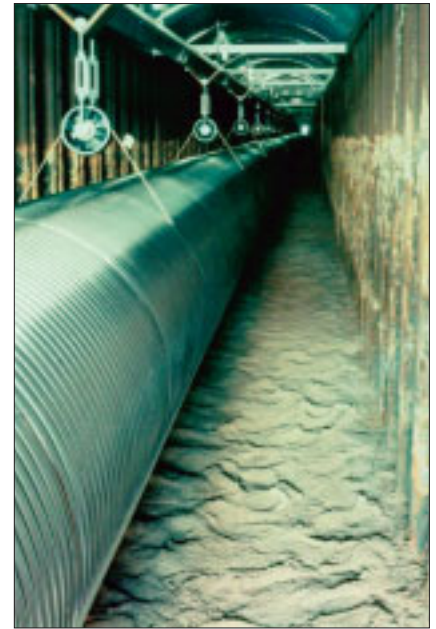
Nahe liegende Störquellen sind ferner Bodenerschütterungen aller Art, die Wärmebewegung in den optischen Komponenten, aber auch technische Schwankungen in der Lichtintensität, die zu Rauscheffekten führen. Um die erforderliche Empfindlichkeit zu erreichen, müssen diese Störquellen hinreichend abgeschwächt oder in einen Frequenzbereich außerhalb des Mess-

fensters verschoben werden. Eine besondere Herausforderung stellte die Entwicklung eines geeigneten Lasers für GEO600 dar. Laser für Gravitationswellendetektoren müssen nicht nur besonders leistungsstark sein, sondern auch extrem stabil bezüglich Frequenz, Amplitude und geometrischer Verteilung des Lichts. Außerdem müssen sie monatelang im Dauerbetrieb arbeiten können. Zusammen mit dem Laser Zentrum Hannover wurde in den letzten Jahren ein Laser mit einer Ausgangsleistung von 17 Watt Dauerleistung auf der Basis eines

Um Gravitationswellen nachzuweisen, bedarf es einer hoch empfindlichen Lasermesstechnik, die erst in den letzten Jahren entwickelt werden konnte. Im Zentralhaus des neuen Gravitationswellendetektors GEO600 werden alle optischen Komponenten in evakuierbaren Edelstahl tanks untergebracht.



GEO600 aus der Vogelperspektive: Vom kastenförmigen Hauptgebäude des Gravitationswellendetektors gehen zwei jeweils 600 Meter lange Messstrecken ab, die durch Endhäuser abgeschlossen werden. Die Messstrecken selbst (rechts) verlaufen in Edelstahlrohren, die in einem Graben aufgehängt sind.



speziellen Lasersystems entwickelt. Da die optimale Lichtleistung für GEO600 aber im Kilowatt-Bereich liegt, musste eine Möglichkeit gefunden werden, die umlaufende Lichtleistung im Detektor zu erhöhen: Das Interferometer arbeitet mit einer so genannten Nullmethode; durch Regelkreise wird der Ausgang dunkel gehalten (erst bei Eintreffen einer Gravitationswelle gelangt ein wenig Licht zum Ausgang). Das bedeutet, dass das Laserlicht nach dem Durchlaufen der Arme zurück zum Eingang gelenkt wird. Durch einen zusätzlichen Spiegel kann dieses Licht erneut in die Arme eingespeist und mit dem einfallenden Licht überlagert werden („Power-Recycling“). GEO600 kann auf diese Weise effektiv mit zehn Kilowatt arbeiten. Das „Signal-Recycling“ sorgt mit einer ähnlichen Methode für die Überhöhung des Signals.

Seit 1995 wird weltweit der Bau von großen Laserinterferometern

zum Gravitationswellennachweis vorangetrieben. Im Rahmen des US-amerikanischen Projekts LIGO wurden Detektoren mit vier Kilometer langen Armen gleich an zwei Standorten errichtet, einer im Nordwesten der USA (Washington) und einer im Südosten (Louisiana). In der Nähe von Pisa ist das französisch-italienische Projekt VIRGO mit drei Kilometer Armlänge gerade fertiggestellt worden. Trotz seiner kürzeren Armlänge hat GEO600 etwa die gleiche Empfindlichkeit wie die großen Detektoren, da es im Unterschied zu ihnen bereits in der ersten Ausbaustufe die in den letzten Jahren entwickelten fortschrittlichen Technologien nutzt. Das Signal-Recycling, die Aufhängung der optischen Komponenten an Quarzglasfasern und die Möglichkeit, den Detektor auf eine gewünschte Frequenz optimal abzustimmen, werden bisher einzig bei GEO600 eingesetzt.

Die verschiedenen Projekte sind auf Kooperation angewiesen. Erst im Zusammenwirken mit einem weit entfernten Detektor kann sichergestellt werden, keinen lokalen Störungen aufzusitzen. Um

aber Informationen über die Richtung der Quelle sowie über die Schwingungsform der Signale zu erhalten, ist ein weltweites Netz von wenigstens vier Detektoren erforderlich. Daher haben die verschiedenen Stationen den Austausch und die gemeinsame Auswertung der Daten vereinbart. Besonders eng ist die Zusammenarbeit zwischen GEO600 und LIGO. Von Ende Dezember 2001 bis Mitte Januar 2002 fand ein paralleler

Probelauf beider Detektoren statt, in dem erfolgreich die Systemstabilität und Programme zur Datenaufnahme und Datenauswertung getestet wurden. Erste Ergebnisse werden

gerade veröffentlicht. Da keine der Anlagen bisher die geplante Empfindlichkeit erreicht hat, sind allerdings nur Abschätzungen möglich. Die Detektoren werden laufend verbessert. Ende 2003 und Anfang 2004 gab es wieder eine gemeinsame Datenaufnahme von GEO600 und LIGO. Ab 2004 soll der reguläre Messbetrieb aufgenommen werden.

Mit der Beobachtung von Gravitationswellen wird sich ein neues Gebiet der Astronomie eröffnen. In

Eine herausfordernde Forschungsaufgabe war das Entwickeln eines leistungsstarken Lasers für GEO600

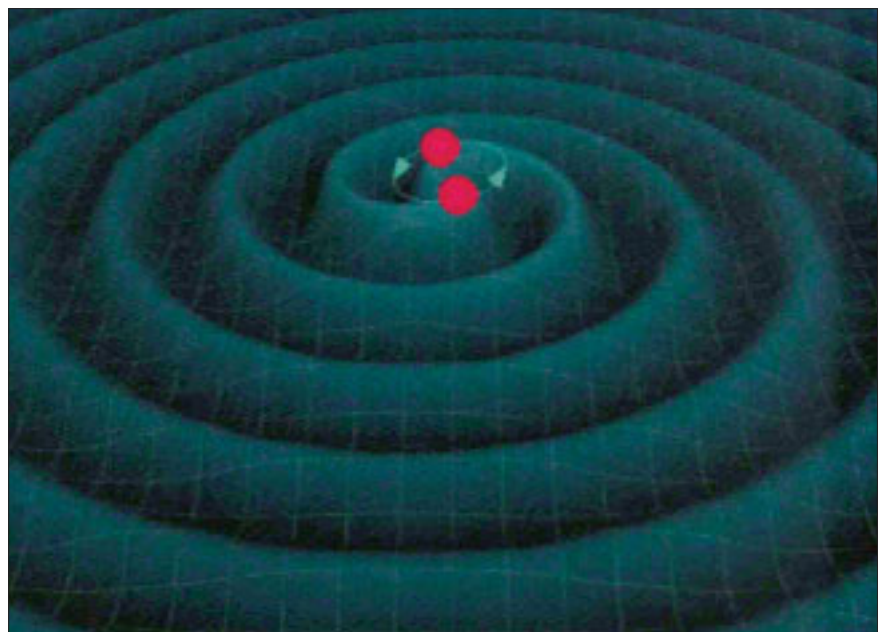
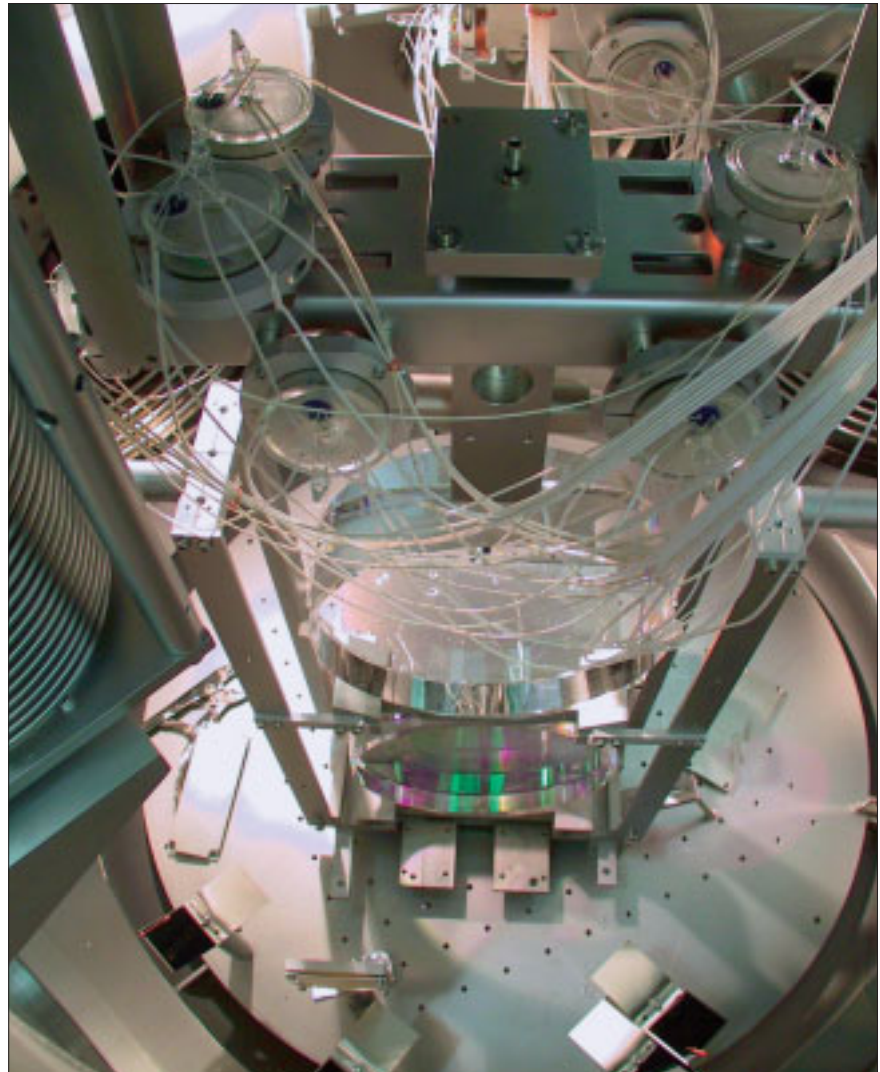
Damit GEO600 nicht auch Boderschütterungen überträgt, werden Spiegel und Strahlteiler als mehrstufige Pendel aufgehängt. Unten: Zwei einander umkreisende Neutronensterne erzeugen Gravitationswellen, die mit Lichtgeschwindigkeit zur Erde gelangen.

der Struktur der Wellen bildet sich der astrophysikalische Vorgang, der sie erzeugt hat, genau ab. Wir werden so Informationen über das Universum erhalten, die völlig anderer Art sind als die aus der klassischen Astronomie mit Licht, Radiowellen oder Röntgenstrahlung. Die meisten Quellen von Gravitationswellen senden keine elektromagnetische Strahlung aus und umgekehrt. Die Informationen über das All, die mit diesen Zweigen der Astronomie gewonnen werden, ergänzen sich also. Zudem besteht der größte Teil des Universums aus dunkler Materie, die nur über eine mögliche Gravitationsstrahlung erfasst werden kann.

Gravitationswellen besitzen praktisch keine Wechselwirkung mit Materie. Das erschwert einerseits ihren Nachweis, macht sie aber andererseits zu idealen Informationsträgern. Das gesamte Universum ist transparent für Gravitationswellen. Deshalb erwarten Forscher Gravitationswellen auch aus den bisher verschlossenen, durch Wolken verdeckten Bereichen des Universums sowie aus seiner Entstehungszeit. Die beim Urknall entstandenen Gravitationswellen sollten heute noch als Hintergrundstrahlung zu beobachten sein. Die Aufnahme dieser Signale gibt Auskunft über das Universum unmittelbar nach seiner Geburt – man lauscht gewissermaßen dem ersten Schrei unserer Welt.

*Dr. Peter Aufmuth
Universität Hannover*

Physikalische Grundlagenuntersuchungen für das Projekt wurden von der DFG im Rahmen der Sonderforschungsbereiche „Quantenlimitierte Messprozesse mit Atomen, Molekülen und Photonen“ und „Gravitationswellenastronomie: Methoden – Quellen – Beobachtungen“ unterstützt. Weiterführende Informationen unter www.geo600.uni-hannover.de.



Die Welt der Lebenden und die Welt der Toten

Das erste ungeplünderte Königsgrab Syriens entdeckten Archäologen bei Ausgrabungen der Palastanlage von Qatna. Die Grabkammern erlauben neuartige Einblicke in Ahnenkult und Bestattungspraktiken des alten Orient

Eigentlich hätten die Ausgrabungen im syrischen Palast von Qatna, einer der größten Palastanlagen der altorientalischen Welt, im Oktober 2002 zu Ende sein sollen. Doch dann gab es einen Aufsehen erregenden Fund: das erste ungeplünderte Königsgrab in der Archäologie Syriens war entdeckt worden. Damit bot sich plötzlich eine Fülle an neuen Informationen über die Welt der Lebenden und die Welt der Toten im Königtum von Qatna.

Qatna war eine Königsresidenz des zweiten Jahrtausends vor Christus. Sie liegt im heutigen Ruinenhügel Tell Mishrife begraben. Der Ort befindet sich in der Nähe

8

westlichen Teil Syriens am Übergang von den fruchtbaren Ackerfeldern zur großen Weite der syrisch-arabischen Wüstensteppe. Qatna lag am Kreuzungspunkt wichtiger Verkehrswege.

Die Könige gründeten ihre Macht deshalb vor allem auf den Handel. Sie regierten über ein Reich, das seine größte Ausdehnung zwischen 1800 und 1600 vor Christus hatte. In dieser Periode konnte das Königtum seinen Einfluss bis weit in den Norden Syriens, nach Ebla, sowie in den Süden Syriens, bis nach Damaskus, ausdehnen. Sogar Städte im Norden Palästinas standen zeitweise unter Qatnas Vorherrschaft.

In der Folgezeit, zwischen 1600 und 1340 vor Christus, waren die



Könige von Qatna vom mächtigen Mittani-Reich in Nordmesopotamien abhängig. Die politische Bedeutung Qatnas wurde dadurch zwar stark reduziert, aber sein Reichtum blieb in dieser Periode bestehen, sicherlich dank der kontinuierlichen Bedeutung des Handels. Deshalb war Qatna auch eines der Objekte in den Auseinandersetzungen zwischen dem Hethitischen Reich Anatoliens und dem Ägyptischen Pharaonenreich um die Vorherrschaft in Syrien. Im Verlauf der

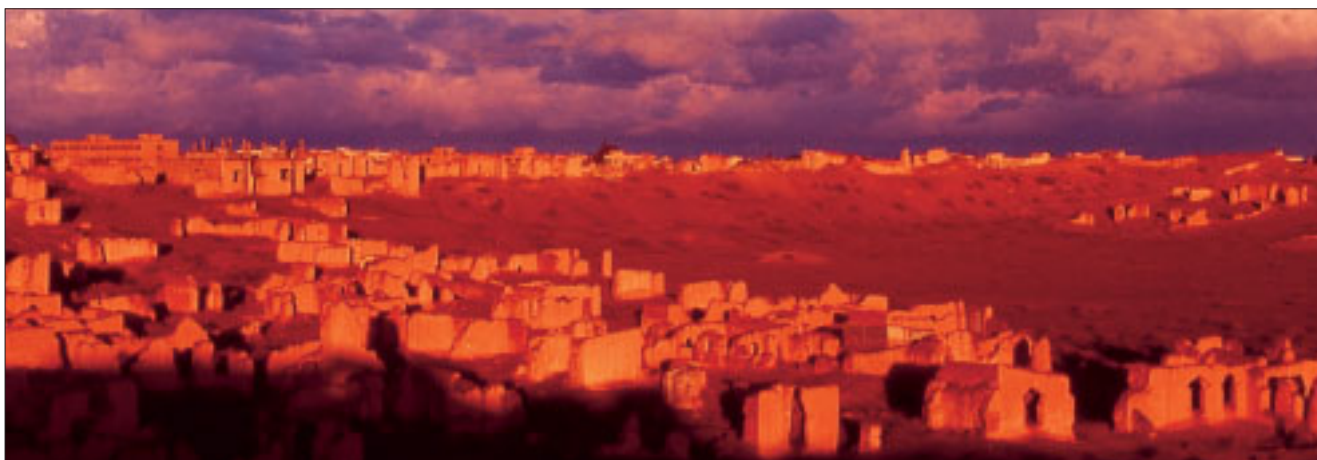
Feldzüge der Hethiter in Syrien, wahrscheinlich um 1340 vor Christus, wurde Qatna zerstört, der Palast geplündert und die Stadt in der Folge verlassen.

Dieses tragische Schicksal Qatnas ist das Glück der Archäologen. Die Zerstörer hatten das Gebäude in Brand gesetzt, die schweren Dachbalken aus Zedernholz stürzten herab, die Wände des Gebäudes fielen darüber ein.

Der Palast wurde schon vor 80 Jahren ausgegraben: Der französi-

der Universität Tübingen. Der mittlere und der westliche Teil der Palastruine wird seit 2000 von den deutschen, der östliche Teil von den italienischen Archäologen ausgegraben. Die italienischen und die syrischen Wissenschaftler untersuchen ferner mit viel Erfolg weitere Teile des ausgedehnten Ruinengeländes der alten Stadt Qatna.

Allerdings war der erste Eindruck bei den neuen Grabungsarbeiten ernüchternd. Du Mesnil du Buisson hatte in den größten Teilen des Ge-



Links: In der Hauptkammer einer unterirdischen Grabanlage fanden Archäologen einen Sarkophag aus Basalt. Hier sind die Gebeine der königlichen Familie von Qatna bestattet. Die intensive Grabungsarbeit in Syrien ging stets mit ihrer begleitenden Dokumentation (oben) einher. Darüber: Die Ruinen des neuzeitlichen Dorfes Mishrife, deren Bewohner umgesiedelt wurden, um die Ausgrabung des bronzezeitlichen Palastes zu ermöglichen.

sche Archäologe Comte Robert Du Mesnil du Buisson führte zwischen 1924 und 1929 Grabungen durch. Für die Erforschung mit modernen wissenschaftlichen Methoden boten sich im Jahr 1999 neue Möglichkeiten, als eine internationale Kooperation zur Ausgrabung Qatnas ins Leben gerufen wurde. An dieser beteiligten sich die Antikendirektion Syriens, die italienische Universität Udine und ein Team von Archäologen des Altorientalischen Seminars

bäudes bis auf die Fußböden der Räume hinab gegraben und die Funde, soweit vorhanden, geborgen. Nach Beendigung der Ausgrabungen hatten die Bewohner des auf den Ruinen entstehenden Dorfes alle oberirdisch anstehenden Mauerreste des Palastes abgetragen, neue Lehmziegel daraus geformt und ihre modernen Häuser direkt auf den alten Fußböden des Palastes errichtet. Was sollte noch an originalen Funden aus dem



Prächtige Grabbeigaben wurden im Königsgrab von Qatna entdeckt, darunter zwei plastisch gearbeitete Goldenten, eine feingliedrige, aus Goldblech geformte Hand sowie eine künstlerisch gestaltete kleine Dose in Form eines Löwenkopfes. Rechts: Zwei Basalt-Statuen, die verstorbene Könige darstellen, sitzen zu beiden Seiten einer Felstür, die zur Hauptkammer der Grabanlage führt.

bronzezeitlichen Palast erhalten sein?

Die wichtigsten Anhaltspunkte für die Erforschung des Palastgebäudes sind die Fundamente. Diese bestehen aus Lehmziegeln und sind vier bis fünf Meter tief eingelassen. Sie sind ein untrügliches Indiz für den Verlauf des ehemaligen Mauerwerks und damit für den gesamten Grundriss. Raum für Raum des Palastes lässt sich durch die Freilegung der Fundamentmauern nachzeichnen. Eine große Halle diente wahrscheinlich für Audienzen. Ihr Innenmaß von 36 mal 36 Metern übersteigt alle Dimensionen des bisher bekannten bronzezeitlichen

Palastbaus. Die Überdachung dieses Riesensaales gelang mit Hilfe von vier großen Säulen, die im Abstand von zwölf Metern zueinander in Form eines Quadrates im Rauminneren aufgestellt waren.

Im Innenbereich des Palastes lag auch eine Zisterne, die die Wasserversorgung der Bewohner und Bediensteten sicherstellte. Ihr großes Speichervermögen ergibt sich aus dem Loch, das unter dem Palast in den Fels geschlagen wurde. Auf allen Seiten der Zisterne trugen große Terrassenmauern die dahinter anschließenden Räume. Einer dieser Räume ist in die Tiefe gestürzt, nachdem die Terrassenmau-

er fast komplett umgefallen war. Dieses Ereignis fand wahrscheinlich im Zusammenhang mit der endgültigen Zerstörung des Palastes statt. Die Fußbodenplatten des Raumes, Reste seines Inventars und vor allem die in dem Raum ehemals angebrachten Wandmalereien fanden sich in einem Schuttkegel in der Zisterne.

Die Fragmente der Wandmalereien erregen wissenschaftliches Aufsehen. Ihre Farben und Motive erinnern an die minoische Malerei der kretischen Paläste und der Häuser auf der Ägäis-Insel Thera aus der Zeit zwischen 1800 und 1550 vor Christus. Ihre Technik verrät, dass sie eigenständige syrische Schöpfungen und nicht etwa von kretischen Künstlern ausgeführt waren. Dennoch werden durch die Malereien des Palastes von Qatna die engen Beziehungen zwischen der Ägäis und Syrien in der Mitte des zweiten vorchristlichen Jahrtausends deutlich.

Die spektakulären Entdeckungen der Grabungskampagne 2002 begannen, als ein mit Lehmziegeln gemauerter Gang gefunden wurde, der aus dem Thronsaal des Palastes in die Tiefe, das heißt in den Bereich der Palastfundamente führte. Zunächst gelangte man über eine lange Treppe aus Lehmziegelstufen mit Holzbohlenu Auflagen hinab. Am Ende der Treppe, etwa vier Meter unter dem Palastfußboden, befand sich eine Tür, deren Rahmen und Wandverankerungen sich in Form von verkohlten Hölzern noch deutlich abzeichneten. Hinter dieser Tür setzte sich der Korridor zwischen engen Fundamentmauern noch rund 30 Meter weit fort.

Der Brandschutt aus dem Erdgeschoss des Palastes war hier herab-

gefallen. Darunter fanden sich 73 Tontafeln, mit Keilschrift beschrieben und in einer aus akkadischen und hurritischen Worten zusammengesetzten Mischsprache. Alle diese Texte gehörten zum Archiv des Königs Idanda, dem vermutlich letzten Herrscher von Qatna vor der Zerstörung des Palastes. Die Keilschrifttafeln müssen ehemals über dem unterirdischen Korridor in flachen Keramikschalen aufbewahrt worden sein. Die Texte geben weitreichende Einblicke in das politische Geschehen und die Aktivitäten des Palastes in der Zeit kurz vor 1340 vor Christus.

Die Keilschrifttafeln waren in den Korridor hineingefallen. Mit der ehemaligen Funktion dieses unterirdischen Ganges hatten sie aber

nichts zu tun. Die Überraschung war: Der Korridor endete im Vorraum der königlichen Grabkammer.

Mit großem Einsatz von Arbeitskräften wurde der Brandschutt, der den Schacht füllte, herausgenommen. Auf dem Fußboden zeigte sich die erste große Überraschung: zwei Statuen aus Basalt, die Sitzbilder von verstorbenen Königen darstellen. Sie waren als Ahnenbildnisse verehrt worden, vor ihnen lagen noch einige zerbrochene Opferschalen. Zwischen den beiden nebeneinander aufgestellten Figuren öffnete sich eine Felstür, die den Zugang in eine große rechteckige Felskammer bildete. Von ihr gingen drei weitere Kammern auf verschiedenen Seiten ab. Der erste Blick in die Kammern war atemberaubend.



Sie waren nicht verfüllt, und es ließen sich zwei Sarkophage, Vasen, Keramikgefäße und goldene Schmuckteile erkennen. Damit war sicher: Das Grab war nicht geplündert!

Bevor die Arbeiten im Inneren der Kammern begonnen werden konnten, wurden Proben der Luft und von Pilzbefallstellen genommen und mit Hilfe des Robert-Koch-Instituts in Berlin untersucht. Auszuschließen war die Gefahr von gefährlich erhöhten Pilzsporenkonzentrationen, die vor 80 Jahren einigen der Entdecker des Tut-Anch-

musste. Es ließen sich Knochen von Erwachsenen und Kindern, von Frauen und Männern unterscheiden. In den Sarkophagen waren außerdem Kalzitgefäße, Keramikschalen, eine Goldschale, ein Zep-ter aus Elfenbein und goldene Schmuckscheiben deponiert.

In der Hauptkammer waren die Reste von hölzernen Bahren deutlich zu erkennen. Darauf waren einstmals weitere Bestattungen vorgenommen worden. Deren Knochen waren schlecht erhalten, dafür aber mit Grabbeigaben übersät: ein kleines Elfenbeindöschen in Form

die auf die Bahren gestreut waren, Bündel von bronzenen Lanzenspitzen, der goldene Beschlag eines ebenfalls mit Reliefs verzierten Köchers, Rollsiegel und anderes mehr.

An den Rändern der Hauptkammer standen steinerne Bänke. Auf ihnen konnte man sitzen, wenn kultische Feiern stattfanden. Achtlos unter die Bänke geworfene Tierknochen sind Zeichen für kultische Mahlzeiten. Vorratsgefäße und Essschalen auf den Bänken zeigen ebenfalls an, dass hier Lebensmittel aufbewahrt und verzehrt worden sein müssen. Die Lebenden und die Toten hielten sich zu gemeinsamen Mahlzeiten in der Hauptkammer auf. Dies verbindet sich mit der als „Kispu“ bekannten altorientalischen Vorstellung, dass die Toten über einen langen Zeitraum regelmäßig mit Speisen versorgt werden mussten, um deren positive Kräfte für die Nachwelt zu erhalten. Noch nie in der Vorderasiatischen Archäologie ließ sich das Kispu-Ritual so deutlich nachweisen wie hier.

In einer der Nebenkammern fand sich eine dichte Ablagerung von Knochen. Hier war die endgültige Ruhestätte der Gebeine der königlichen Dynastie von Qatna. Auch hier wurden die Toten noch mit Speisen versorgt, wie Opferschalen auf diesem Knochenberg nachweisen. Die Anhaltspunkte verdichteten sich, dass das unterirdische Gewölbe 400 Jahre durchgehend als königliche Grabstätte benutzt wurde.

Die Funde der Kampagne 2002, allein 1900 Einzelobjekte aus den Grabkammern, werden eine lange Phase der Dokumentation, Auswertung und Interpretation nach sich ziehen. Schon jetzt ist aber deutlich, dass zwei neue wissenschaftliche Kapitel der Erforschung altsyrischer Kulturen aufgeschlagen werden konnten: das eine über die altorientalischen Bestattungspraktiken und den damit verbundenen Ahnenkult, das andere über die Kunstgeschichte Westsyrrens im zweiten Jahrtausend vor Christus.

*Prof. Dr. Peter Pfälzner
Universität Tübingen*

Die Studien werden von der DFG im Normalverfahren gefördert



Amun-Grabes in Ägypten zum Verhängnis geworden waren. Die Proben zeigten keine erhöhten Werte. Dennoch wurde zusätzlich ein vollständiger Austausch der Luft vorgenommen, bevor die Anlage zum ersten Mal betreten wurde.

Im ersten großen Sarkophag aus Basalt konnte der Anthropologe des Tübinger Teams die Knochen von mindestens drei verschiedenen Individuen feststellen. Im zweiten Sarkophag war die Situation ähnlich. Dies wies darauf hin, dass es sich nicht um das Grab eines einzelnen Königs, sondern um die Grablege der königlichen Familie handeln

Die fünf Meter tiefe Vorkammer der unterirdischen Grabanlage von Qatna. Die Archäologen hatten im Herbst 2002 die entscheidende Spur gefunden, als sie auf einen Gang stießen, der aus dem Thronsaal des Palastes in die Tiefe und zu den Fundamenten führte. Mit Hilfe zahlreicher Arbeitskräfte wurde zunächst dieser Zugang, dann die Vorkammer frei gelegt.

eines Löwenkopfes, eine runde Schmuckrosette aus Gold mit Einlagen aus Karneol und Elfenbein, kleine goldene Schmuckplatten mit figürlichen Reliefs verziert, zahlreiche Perlen aus Gold, Glas und Stein,

Von Wahrheit, Würde und Versöhnung

An welche Bedingungen ist politische Versöhnung geknüpft? Eine theologische Studie zeigt, dass das Aufarbeiten der Vergangenheit zwischen Opfern und Tätern immer das bewusste Überwinden von Schuld voraussetzt

Wenn ein Land seine Vergangenheit aufarbeitet, wird nicht selten der Ruf nach Versöhnung laut. So hofften Konrad Adenauer und Charles de Gaulle auf eine deutsch-französische Versöhnung. Nelson Mandela sprach nach dem Ende der Apartheid von der Versöhnung zwischen Weißen und Schwarzen in Südafrika. Nach dem Fall der Berliner Mauer wurde die Versöhnung zwischen Tätern und Opfern in Ostdeutschland gefordert. Globale Konflikttherde verweisen auf die Brisanz der Thematik in der Gegenwart: Ob im Irak und in Nahost, ob in Afghanistan, in Ost-Timor, in Zentralafrika oder auf dem Balkan – überall stellt sich das Problem der Überwindung von Schuld bei der Suche nach einer friedlichen Nachkriegsordnung. Vor diesem Hintergrund fragt sich, inwiefern die Theologie noch Orientierung in konkreten Konfliktlagen geben kann.

Das theologische Projekt „Die politische Dimension der Versöhnung“ ging von der Beobachtung aus, dass Versöhnung als zentraler Begriff der christlich-theologischen Lehre im Zusammenhang mit der Politik wiederkehrt. Dort wie hier wird von Versöhnung gesprochen. Wird aber auch dasselbe darunter verstanden? Besteht über die gemeinsame Verwendung von Worten wie Schuld und Versöhnung in Politik und Theologie auch eine Gemeinsamkeit in der Bedeutung? Wo und unter welchen Bedingungen sind Übersetzungen von theologischer Sprache in die politische und umgekehrt möglich? Der universale

Charakter der biblischen Verheißung, dass Gott „die Welt“ mit sich versöhnt habe (2. Korinther 5,17f.), lässt zunächst die Suche nach Übereinstimmung dieser Versöhnung in der politischen Wirklichkeit legitim erscheinen. Man könnte fragen, ob Elemente des christlichen Versöhnungsgedankens, wie die Vergebung der Sünden, die Tilgung menschlicher Schuld, die Überwindung von Feindschaft durch Freundschaft sowie die Wiederherstellung von Gemeinschaft in politischen Versöhnungsprozessen wiedererkannt werden können.

Ziel des Projektes war es, die Bedingungen für Versöhnung im politischen Raum exemplarisch zu untersuchen und den politischen Aspekt der Versöhnung in seinem theologischen Ernst zu reflektieren. Das ethische Interesse gilt einer theologischen „Qualitätsprüfung“ der politischen Rede von Versöhnung, die bei der Aufarbeitung der Vergangenheit nach den Systemumbrüchen in Deutschland und Südafrika stattfand.

Den ursächlichen Zusammenhang zwischen den Übergangsprozessen in Südafrika und Deutschland stellte der ehemalige Präsident Südafrikas de Klerk in seiner berühmten Parlamentsrede vom 2. Februar 1990 her. In dieser kündigte er die Freilassung Nelson Mandelas mit dem Hinweis an, dass man sich nun, nach dem Fall der Berliner Mauer, nicht mehr in gleicher Weise wie zuvor durch das System der Apartheid vor dem Kommunismus schützen müsse. Bei der Frage nach Versöhnung „außer-

halb“ der christlichen Lehre waren zunächst methodische Probleme zu bewältigen. Wie kann eine Zustandsbeschreibung politischer Wirklichkeit gelingen, ohne die darzustellenden Vorgänge von vornherein religiös zu instrumentalisieren, also theologische Einsichten bereits zum Auswahlkriterium bei der Wahrnehmung politischer Wirklichkeit zu machen? Methodisch half in dieser Frage der Transfer der in den Sozialwissenschaften bereits seit längerem verbreiteten Arbeit mit Fallstudien weiter. Die Fallstudienmethodik erlaubt eine Entflechtung der Darstellung von politischer Wirklichkeit und ihrer Interpretation. Die Fallstudienanalyse wurde in der Übertragung auf das theologische Projekt weiter verfeinert, indem zusätzliche Methoden aus der qualitativen Sozialforschung Anwendung fanden. Neben der Textanalyse wurde beispielsweise mit Interviews gearbeitet.

Die so genannte Transformationsforschung in der Gesellschafts- und Rechtswissenschaft legt nahe, politische Übergangsprozesse entlang von fünf Handlungsoptionen zu analysieren: Je nach Machtverhältnissen kann eine junge Demokratie gegenüber früherem Unrecht die Strafverfolgung einleiten (Option 1), Amnestien erlassen (Option 2), den Weg der Aufklärung durch Wahrheitskommissionen beschreiten (Option 3), den Opfern gegenüber eine Wiedergutmachungspolitik einleiten (Option 4) oder Sanktionen außerhalb des Strafrechts – wie die

Säuberung des öffentlichen Dienstes – anstreben (Option 5). Welche Handlungsoption letztlich durchgesetzt wird, hängt maßgeblich vom Charakter des Systemwechsels ab.

Die genannten Handlungsoptionen verbinden sich in der politischen Debatte mit einem bestimmten Verständnis von Versöhnung, das dann in einem zweiten Durchgang auf seine Übereinstimmung mit Inhalten des christlichen Versöhnungsgedankens überprüft wurde. Innere Verbindungen sollten hergestellt werden zwischen den mannigfaltigen Zusammenhängen politischer Versöhnung und der theologischen Versöhnungslehre. Dabei schien eine unüberbrückbare Lücke zu klaffen zwischen dem in den Fallstudien analysierten politischen Versöhnungsbegriff einerseits und den quer durch die Traditionsgeschichte zu verfolgenden Ausbildungen des christlichen Versöhnungsgedankens andererseits. Letztere handeln sämtlich vom Verhältnis Gott-Mensch, erstere vom Verhältnis Mensch-Mensch. In beiden Fällen geht es zwar um die Überwindung von Schuld durch Versöhnung. Aber die soziale und politische Dimension der Versöhnung Gottes mit den Menschen wurde über Jahrhunderte in der theologischen Versöhnungslehre nicht mitgedacht. Sie

erwies sich insofern als für eine theologische Interpretation politischer Wirklichkeit nicht anschlussfähig.

Als theologisch interpretierbar erwiesen

sich weniger die traditionsgeschichtlich fundierten Versöhnungslehren als vielmehr die Analyse von Versöhnungswegen aus der biblischen Tradition. Welche Momente sind in einem zwischenmenschlichen Versöhnungsprozess nach den einschlägigen biblischen Versöhnungsgeschichten wesentlich? Inwiefern spiegeln sie sich in Versöhnungswegen zwischen Tätern und Opfern auf politischen Foren, wie die der Südafrikanischen

14 Wahrheits- und Versöhnungskom-

mission, wider? Die Analyse ergab, dass zentrale Elemente des biblischen Versöhnungsweges, wie das Angebot der Versöhnung in Form eines Schuldeingeständnisses, seine Annahme in Form der Vergebung und die neue Beziehung der Versöhnten etwa in der Form von Wiedergutmachung, im gesellschaftspolitischen Zusammenhang wiederkehren. Dabei zeigte sich, dass der erfolgreiche Versöhnungsweg biblisch wie politisch alle Etappen durchschreitet. Wenn beispielsweise das Schuldeingeständnis auf Seiten des Täters fehlt, konnte sich in den seltensten Fällen eine Versöhnungsperspektive für das Opfer eröffnen. Versöhnung schließt die Aufarbeitung von Schuld ein – in der Hoffnung auf Vergebung. Aufarbeitung beschreibt insgesamt einen Prozess der geistigen Durchdringung der Vergangenheit mit dem Ziel, die gemeinsame Zukunft von dieser Belastung zu befreien. Ein kritisches Licht fiel auf die medienwirksam inszenierte Debatte um die Schuldverstrickung ehemaliger inoffizieller Mitarbeiter der Stasi, weil sie nicht das einmalige Schuldeingeständnis, sondern eine Art „Dauerreue“ abverlangt. Die Versöhnungsperspektive ist ausgeblendet. Vergebung kommt nicht vor. Theologisch kann ein solches

Verständnis

weder evangelisch noch katholisch legitimiert werden.

Neben der interpersonalen war die intrapersonale Versöhnung fähig für eine theologische

Interpretation. Bei diesem Versöhnungsaspekt geht es um die Versöhnung mit sich selbst, genauer mit der eigenen, oft traumatischen Geschichte von erlebten Entwürdigungen in einem unterdrückenden System. Heil werden soll der Mensch mit seinen Erinnerungen. Bei dieser Versöhnung wird nicht der Ausgleich zwischen den Konfliktparteien erwartet, sondern innerhalb der Wirklichkeit, die den Gekränkten oder Geschädigten betrifft, innerhalb „des Schicksals“.

Einprägsame Bilder der politischen Aussöhnung: Mit einem symbolischen Händedruck bekräftigen Helmut Kohl und François Mitterand in Verdun die Freundschaft zwischen Deutschland und Frankreich. Am Denkmal für die Opfer des Warschauer Ghettoaufstandes kniet Willy Brandt unerwartet nieder und erregt mit dieser Geste weltweites Aufsehen und Respekt.

Die Erzählungen der Opfer auf dem Forum der südafrikanischen Wahrheits- und Versöhnungskommission handeln von Entwürdigungen. Auf dem Forum der Wahrheitskommission sollen Beiträge zur *Wiederaufrichtung* ihrer Würde geleistet werden. Besonders eindrücklich sind dabei die symbolischen Vorgänge, die die Kommission begleitet. Beim Einzug der Opfer *erheben* sich alle Versammelten. Dieser Vorgang kann als symbolische Darstellung dessen interpretiert werden, dass die Würde der Person unantastbar ist, obwohl sie „mit Füßen“ getreten wurde. Im Vorgang ihres öffentlichen Erzählens treten die Opfer als authentische Berichtersteller über das auf, was ihnen geschehen ist. Durch Namensnennung werden sie zu unverwechselbaren Personen. Die Namen der über zwanzigtausend Opfer, die ihre Geschichte gegenüber der Kommission bekannt machten, werden eindrucksvoll auf 80 Druckseiten im Abschlussbericht aufgelistet. Erwähnenswert ist, dass etwa auch das Gedenkstättenkonzept der Enquete-Kommission „Überwindung der Folgen der SED-Diktatur im Prozess der deutschen Einheit“ vorsieht, den Opfern ihren Namen zurückzugeben – dem biblischen Vers entsprechend: „Ich habe dich bei deinem Namen gerufen, du bist mein“ (Jesaja 43,1). Das Ergebnis ist, dass politische Übergangsprozesse Elemente enthalten, die auf eine Wirklichkeit verweisen, in der Versöhnung bereits Realität geworden ist. Das Reich Gottes macht nicht an den Kirchenmauern halt. Es gibt Verbindungen zwischen der politischen Versöhnung und der Versöhnung als theologischer Kategorie. Die gesellschaftliche Orientierungskraft der Theologie hat somit drei Dimensionen: Sie klärt zu-



nächst über die möglichen Bedingungen von Versöhnung auf. Versöhnung kann als ein Zeichen gesehen werden, das über das Materielle in dieser Welt hinausweist, in eine andere Welt. Diese Zeichen tauchen wie „Sternschnuppen“ auf, sind als greifbare Spur in der politischen Wirklichkeit wahrnehmbar, produzieren aber keine eigene Wirklichkeit. Es gibt keine Methode zur Voraussage, wann sie kommen oder wo sie aufleuchten.

Sie mahnt weiter dazu an, menschliche Ordnungen „offen“ zu halten für ein Geschehen, das außerhalb ihrer Möglichkeiten steht. Das Mittel der Strafverfolgung als „menschliche Ordnung“ sollte auch in gegenwärtigen und künftigen Übergangsgesellschaften verbunden sein mit der Einrichtung einer Wahrheitskommission, die die zwischenmenschliche Begegnung von Täter und Opfer ermöglicht. Die Todesstrafe für Täter ist nicht nur nach politischen Umbrüchen kategorisch abzulehnen, weil sie eine Versöhnungsperspektive für immer ausschließt. Diese Sichtweise fällt in theologischer Perspektive ein klares Urteil über den fahrlässigen Gebrauch der Vokabel „Versöhnung“ in der politischen Sprache: Wer Versöhnung fordert, muss sich darüber im Klaren sein, dass es sich um einen „teuren“ Begriff handelt. Er ist nicht zu verwechseln mit „Schwamm drüber“. Zur Versöhnung gehören Rahmenbedingungen, die nicht vorschnell übersprungen werden können. Dies sind beispielsweise die Bereitschaft des Täters, persönliche Schuld einzugestehen, und die Bereitschaft der Opfer, zu vergeben. Die Begegnung von Täter und Opfer im Rahmen einer Wahrheitskommission kann darüber hinaus helfen, einen Prozess einzuleiten, in dem das Opfer mit seinem Schicksal abzuschließen beginnt und der Täter seine Menschlichkeit zurückgewinnt.

*PD Dr. theol. Ralf K. Wüstenberg,
Universität Heidelberg*

Das Projekt wurde durch ein Habilitationsstipendium der DFG unterstützt. Die Habilitationsschrift des Autors ist soeben als Buch erschienen unter dem Titel: Die politische Dimension der Versöhnung, Gütersloh 2004

Das Fagott und die Strömungsmechanik

Weil der Reibungswiderstand beträchtlich reduziert wird, muss der Fagottspieler weniger kräftig blasen: eine Optimierung des „S-Bogens“ am Mundstück des Instruments macht es möglich

Es ist nicht einfach, dem knapp eineinhalb Meter langen Fagott volle, wohlklingende Töne zu entlocken: Über das Mundstück bläst der Musiker Luft in einen doppelt gekrümmten dünnen Metallbogen, den so genannten S-Bogen. Zur Erzeugung des Tons muss die Luft durch das eine Rohr des Fagotts nach unten und durch das parallel liegende Rohr wieder nach oben gepresst werden. Die ganze Strecke ist über 2,5 Meter lang.

Wahrscheinlich werden Fagottisten protestieren, wenn man ihnen sagt, der wunderschön geformte S-Bogen sei ein Diffusor. Aber technisch gesehen ist der S-Bogen in der Sprache der Strömungsmechanik genau das: ein gemäß seiner Aufgabe geschwungener Diffusor.

Was macht ein Diffusor? Seine Aufgabe ist es, die Eintrittsgeschwindigkeit einer Strömung zu verlangsamen und damit den Druck zu erhöhen. Das bewerkstelligt ein Diffusor mit einer Querschnittsveränderung: Am Anfang ist er klein, er wächst mit zunehmender Lauflänge.

Ebenso funktioniert der S-Bogen beim Fagott. Er führt zunächst über ein kurzes gerades Rohrstück im großen Radius nach oben, wendet dann in einem kleineren Radius und mündet über ein weiteres gerades Rohrstück in den so genannten Flügel. Dabei erweitert sich der Querschnitt um das Vierfache. Diese hornähnliche Erweiterung kommt bei verschiedenen Blasinstrumenten vor.

Der Musiker baut durch sein Blasen einen hohen Druck auf. Dieser

erzeugt im Mundstück einen Ton, der durch ein bestimmtes, offen gelassenes Tonloch in der richtigen Höhe entweicht. Das Blasen bewegt eine Strömung durch das Innere des Instruments. Diese Strömung lässt sich mittels der numerischen Strömungsmechanik berechnen und somit in passender Weise sichtbar machen.

Die numerische Strömungsmechanik erlebte in den fünfziger Jahren des letzten Jahrhunderts ihren Aufschwung. Die Luftfahrtforschung nutzte diese Methode als erste, und zwar, um teure und aufwendige Windkanalversuche zu ersetzen oder zu ergänzen. Denn selbstverständlich sind bis heute experimentelle Forschungen in der stets überraschenden Strömungsmechanik unverzichtbar. Diese nunmehr seit dreißig Jahren in der Industrie angewandte Technik nutzt die Möglichkeit, Räume, in denen Strömungen stattfinden, in unterscheid- und beschreibbare Netzpunkte zu zerlegen. An diesen Netzpunkten kann jedwede Eigenschaft der Strömung, sei es ihre Geschwindigkeit, der Druck oder die Temperatur, mit Zahlen belegt und daher auch sichtbar gemacht werden. Das sehr komplexe gekoppelte Gleichungssystem, das aus so genannten partiellen Differentialgleichungen besteht, wird durch Zerlegungs-

Kleiner Unterschied, große Wirkung: Der neue S-Bogen am Mundstück des rechten Fagotts spart dem Spieler viel Lungenkraft. Die optimierte Krümmung des Rohrs verringert den Reibungswiderstand um bis zu 40 Prozent.



methoden in einfacher lösbare Gleichungssysteme umgeschrieben. Diese können dann mit Hilfe von Personalcomputern oder Hochleistungsrechnern einzeln gelöst werden.

Natürlich kann man auch eine Strömung in Diffusoren berechnen, also etwa in einem Blasinstrument. Beispielhaft wurde das zunächst für den S-Bogen des Fagotts durchgeführt. Die Krümmungen des Rohres führen zur Beschleunigung der durchströmenden Luft, also zum Gegenteil dessen, was ein

technischer Diffusor zu leisten hat. In jeder Krümmung wird bei gleichmäßig gleitender Strömung ein sekundärer Wirbel angeregt, der beschleunigt wird und eine erhöhte zusätzliche Reibung an der Innenwand des S-Bogens erzeugt. Diese muss von dem Fagottisten durch zusätzliche Anstrengung überwunden werden.

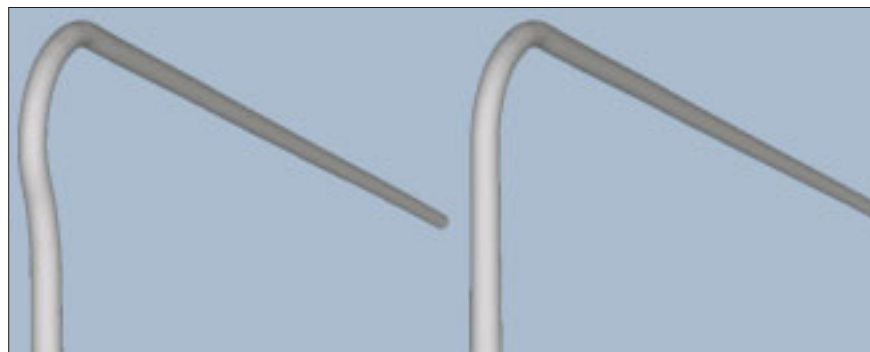
Numerische Untersuchungen haben in einem Optimierungsverfahren zu einer neuen S-Bogenkontur geführt, die tatsächlich um bis zu 40 Prozent weniger Reibungswiderstand aufweist. Dadurch muss der Musiker weniger kräftig blasen. Naturgemäß weicht diese neue Form erheblich von der herkömmlichen, historischen ab. Man hätte erwarten können, dass professionelle Fagottisten diese Veränderung als Sakrileg auffassen. Aber wer von ihnen einen neuen S-Bogen unter Konzertbedingungen testete, fragte sich, warum dieser nicht schon früher entwickelt worden sei.

Ohne Änderung des Krümmungsverlaufs eines S-Bogens wird

eines handgefertigten Blasinstruments spielt eine Vielzahl von Aspekten eine Rolle. Eine objektivierbare, das heißt von fremden Faktoren unbeeinflusste Betrachtung einzelner Elemente ist daher sehr schwierig. Dennoch ist es möglich, durch Experimente und mit Hilfe der Numerik einzelne Parameter zu isolieren und das objektiv zu beurteilen.

Selbstverständlich wird ein S-Bogen auf unterschiedlichen Fagotten jeweils eine andere Wirkung haben, da diese alle individuell sind und folglich jeweils ein eigenes Strömungsverhalten besitzen. Es bleibt jedoch die Möglichkeit, einige generelle Aussagen zur Strömung in Blasinstrumenten und ihrer Entwicklung zu machen. Verbesserung

Klassische Instrumente und High-Tech-Innovation müssen kein Widerspruch sein. Diese beiden geometrischen Konturen neu entwickelter S-Bögen sind das Ergebnis zahlreicher strömungsmechanischer Experimente. Die neue Form weicht deutlich vom überlieferten doppelt gekrümmten Metallbogen des Fagotts ab und erinnert somit kaum noch an den charakteristischen S-Bogen.



es aus strömungsmechanischer Sicht keine Verringerung des Widerstands geben. Aber der Widerstand beim Anblasen des S-Bogens eines Fagotts ist nur ein objektives Kriterium. Die Klangfarbe dagegen zählt zu den subjektiven Empfindungen, die eine objektive Entsprechung haben.

Der S-Bogen ist ein höchst wichtiges Bauelement des Fagotts. Das subjektive Empfinden, dass ein bestimmter S-Bogen qualitative Mängel aufwies, führte zu den numerischen Untersuchungen. Beim Bau

rungen im Blasinstrumentenbau durch das Einbeziehen der Strömungsmechanik scheinen nach den hier aufgezeigten Erfahrungen durchaus von Bedeutung zu sein. Insbesondere die Kopplung der Akustik mit der Strömungsmechanik ist ein neu zu erschließendes Forschungsgebiet.

*Prof. Dr.-Ing. Roger Grundmann,
Technische Universität Dresden*

Das Projekt wird von der DFG mit einer Sachbeihilfe gefördert



Ein Gütesiegel für Spitzenleistungen

Zwei Wissenschaftlerinnen und neun Wissenschaftler wurden bei einem Festakt in Berlin mit dem höchstdotierten deutschen Förderpreis ausgezeichnet. Jeder Preisträger erhält bis zu 1,55 Millionen Euro für seine Forschung

In einer Feierstunde im Leibniz-Saal der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin ehrte DFG-Präsident Professor Ernst-Ludwig Winnacker die diesjährigen Preisträgerinnen und Preisträger im Gottfried Wilhelm Leibniz-Programm. Zwei Wissenschaftlerinnen und neun Wissenschaftler erhielten den mit je 1,55 Millionen Euro höchstdotierten deutschen Förderpreis. In seiner Rede begrüßte Winnacker die aktuelle Debatte um Eliteuniversitäten und Spitzenförderung in Deutschland. „Es ist gut und richtig, dass in diesem Lande mehr für die Universitäten getan wird“, erklärte er. Mit Blick auf die 18 Unterfinanzierung der Hochschu-



len unterstrich Winnacker die Bedeutung einer mittelfristig konstanten Etatsteigerung für die Forschungsorganisationen im Sinne der Planungssicherheit. Die Entscheidung der Staatschefs der EU, die Ausgaben für Forschung und Entwicklung bis zum Jahre 2010 auf drei Prozent des Bruttoinlandsproduktes anzuheben, begrüßte Winnacker ausdrücklich. Im Zusammenhang mit der Diskussion um die Neuordnung der Finanzströme zwischen Bund und Ländern warnte der DFG-Präsident davor, das bewährte System der Bund-Länder-Finanzierung zu verändern, und betonte die gemeinsame Verantwortung. „Die Dinge nur um des Veränderns willen zu ändern, macht sie nicht immer besser“, so Winnacker wörtlich.

Forschungsministerin Edelgard Bulmahn betonte in ihrem Grußwort die Rolle herausragender Wissenschaftler. „Vorbilder motivieren und Konkurrenz belebt das Ge-

schäft – das gilt auch und gerade in der Wissenschaft“, erklärte sie. Mit dem von ihr initiierten „Brain up!“-Wettbewerb der Hochschulen wolle sie eine positive Leistungsspirale in Gang setzen und zu einem Wettbewerb um die besten Ideen und besten Konzepte anregen. „Nur wenn es Deutschland gelingt, einige Spitzenzentren aus den vorhandenen Stärken heraus aufzubauen, werden wir die klügsten Köpfe nach Deutschland holen und hier halten können“, warb sie für ihr Konzept. Um dieses Ziel zu erreichen, seien auch strukturelle Weiterentwicklungen des deutschen Wissenschaftssystems notwendig. „Es geht um eine bessere Verknüpfung von Wissenschaft, Gesellschaft und Wirtschaft auf der einen Seite, um weniger Bürokratie, weniger staatliche Vorschriften und mehr wissenschaftliche Autonomie auf der anderen Seite“, konkretisierte sie ihre Vorstellungen.

Auch der rheinland-pfälzische Wissenschaftsminister Professor Jürgen Zöllner begrüßte die Initiative der Forschungsministerin, schränkte jedoch gleichzeitig ein, dass die in Aussicht gestellten 250 Millionen Euro für die Spitzenförderung nicht ausreichen, um das angepeilte Ziel erreichen zu können. Es gehe in erster Linie darum, die im Wettbewerb erfolgreichen Hochschulen besser zu fördern und die Potenziale und Qualitäten deutscher Universitäten auch internatio-

nal deutlich sichtbar zu machen, um auch in Zukunft wettbewerbsfähig zu bleiben. Dabei hob Zöllner hervor, dass der Wettbewerb auf der Ebene der Fachbereiche und Fakultäten sowie der Wissenschaftsbereiche einer Universität stattfinden müsse, da sich Exzellenz in den konkreten Arbeitszusammenhängen manifestiere und nicht in der Hochschule als Gesamtheit. Außerdem bekannte sich Zöllner eindeutig zum bestehenden System der gemeinsamen Hochschulfinanzierung von Bund und Ländern, forderte allerdings die Länder zu stärkerem finanziellem Engagement auf.

Im Namen aller Preisträger dankte die Heidelberger Neurobiologin Professor Hannah Monyer für den Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis. In ihrer Rede erinnerte sie an den Forschergeist des Namensstifters und Universalgelehrten Gottfried Wilhelm Leibniz und erläuterte, dass das von Leibniz geprägte Motto „*theoria cum praxi*“ auch in der heutigen Forschung weiter Gültigkeit besitze.

Die Fördersumme von 1,55 Millionen Euro ist für Forschungsarbeiten in einem Zeitraum von fünf Jahren vorgesehen und kann nach den Bedürfnissen der Wissenschaftler flexibel eingesetzt werden. In diesem Jahr wurden mit dem Leibniz-Preis ausgezeichnet:

Frank Allgöwer (41). Der Regelungstechniker widmet sich an der Universität Stuttgart der nichtlinearen System- und Regelungstheorie. Sein Schwerpunkt liegt dabei in der Regelung technischer Systeme, die heute sehr komplex und dynamisch sind, wie etwa Energieversorgungsnetze, das Internet oder Verkehrssysteme. Er entwickelt Methoden zu ihrer Analyse und Beeinflussung, wobei seine Forschungsarbeiten zu den jüngsten Fortschritten auf diesem Gebiet entscheidend beigetragen haben.

Gabriele Brandstetter (49). Die an der Freien Universität Berlin forschende Theaterwissenschaftlerin gilt als Vorreiterin der Tanzwissenschaft, deren Etablierung als universitäre Disziplin maßgeblich mit ihrer Person verbunden ist. Gemäß ihrer interdisziplinären Ausrichtung

Linke Seite: Zusammen mit DFG-Präsident Ernst-Ludwig Winnacker und der Bundesministerin für Bildung und Forschung, Edelgard Bulmahn, stellen sich die elf Leibniz-Preisträger dem Fotografen. Ein Blick in das Auditorium während der Festveranstaltung in Berlin. Umringt von Gratulanten (unten): die Leibniz-Preisträgerin Hannah Monyer mit Ernst-Ludwig Winnacker, Edelgard Bulmahn und dem rheinland-pfälzischen Wissenschaftsminister Jürgen Zöllner (v.l.).





Das Männerquartett MÄQ sorgte bei der Feierstunde im Leibniz-Saal der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften in Berlin für den musikalischen Rahmen.

bezieht sie in ihren Studien Theater-, Musik-, Kunst- und Literaturwissenschaft aufeinander.

Thomas Carell (37). Der Vertreter der Organischen Chemie an der Universität München schlägt in seiner Arbeit den Bogen von der Synthese zur Biologie bis hin zur Medizin. Seine Arbeiten zur DNA-Reparatur etwa bieten ein großes Potenzial für die Krebstherapie, seine Forschungen zum Transport von Elektronen sind zentral für die Photonik. Außerdem nutzt er seine Expertise, um spezielle Nukleotid-Stränge herzustellen und in die DNA einzubauen, auch dies ein Gebiet mit hohem Anwendungspotenzial.

Karl Christoph Klauer (42). Der Sozial- und Kognitionspsychologe, hat an der Universität Bonn forschend, hat auf verschiedenen Forschungsfeldern neue Techniken und Methoden zur Durchführung von Tests, zur Datenerhebung und zur Analyse entwickelt. Dabei hat er auch das so genannte propositionale Schlussfolgern untersucht. Hierbei geht es um den „Response Bias“ beim Umgang mit Schlussfolgerungen. Damit ist gemeint, dass Menschen zum Beispiel eine durchaus richtige

20 Argumentation oft als falsch anse-

hen, wenn das Ergebnis nicht zu ihrem Wissen und ihren Vorstellungen passt.

Hannah Monyer (46). Die Neurobiologin an der Universität Heidelberg beschäftigt sich mit der molekularen Grundlage synchroner und oszillatorischer Netzwerkaktivität. Sie untersucht, wie sich Nervenzellen im Verbund zeitlich aufeinander abstimmen, so dass im Gehirn kohärente, sinnvolle Bilder der Außenwelt entstehen. Dabei konzentriert sie sich unter anderem auf die Erkennung der molekularen Mechanismen und die aktivitätsabhängige Ausreifung von Hirnstrukturen.

Nikolaus Pfanner (47), gemeinsam mit *Jürgen Soll* (50). Der Biochemiker und Zellbiologe Pfanner und der Zellbiologe Soll haben wesentlich zum Verständnis des Proteinimportes in die Abteilungen von Zellen höherer Organismen beigetragen. Der an der Universität Freiburg forschende Pfanner hat eine große Zahl der für die Proteintransportmaschinerie notwendigen Bestandteile in den Mitochondrien, den „Zellkraftwerken“, entdeckt, ihre Funktion aufgeklärt sowie Vorstellungen zum Mechanismus des Protein-Eintransports entwickelt. Der an der Universität München tätige Soll ist mit seiner Arbeitsgruppe auf dem Gebiet des Proteinimports in Chloroplasten national wie international führend.

Klaus Pfeffer (41). Der Infektionsimmunologe an der Universität Düsseldorf erforscht die Reaktion

des Immunsystems nach einer Infektion mit bakteriellen Erregern. Er hat wesentlich zur Aufklärung der biologischen Funktion von verschiedenen Immunstoffen des Körpers (Zytokinen) beigetragen. Darüber hinaus hat er die Methodik des Genetargeting mit entwickelt, die für das Verständnis des Immunsystems grundlegend ist.

Dierk Raabe (38). Der Werkstoffwissenschaftler erforscht am Max-Planck-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf den Zusammenhang zwischen der Mikrostruktur und den Eigenschaften metallischer Materialien. Seine im interdisziplinären Grenzbereich zwischen Materialwissenschaften, Physik und Mathematik angesiedelten Grundlagenarbeiten sind von hoher technischer Relevanz, unter anderem für industrielle Fertigungsprozesse. Seine jüngsten Arbeiten zur Mechanik von Grenz- und Oberflächen sind von außerordentlicher Bedeutung für das neue Gebiet der Nanomaterialien.

Konrad Samwer (51). Der Festkörperphysiker an der Universität Göttingen widmet sich einem breiten Forschungsspektrum: der Hochtemperatursupraleitung, dem so genannten Kondo-Effekt, den Unordnungsphänomenen und dem Magnetismus. Alle seine Arbeiten greifen materialwissenschaftliche Aspekte auf, wobei Studien zur Physik der Gläser hervorzuheben sind. Bahnbrechend war die Entdeckung des kolossalen Magnetwiderstandes in Manganat-Schichtstrukturen, die international ein neues Forschungsgebiet eröffnet hat.

Mantred Strecker (48). Der Geowissenschaftler an der Universität Potsdam widmet sich dem Wechselspiel zwischen Tektonik, Klima und Oberflächenprozessen. Vor diesem Hintergrund hat er grundlegende Erkenntnisse zum „Globalen Wandel“ erarbeitet, wobei er Methoden aus der Strukturgeologie, der Physischen Geographie und der Paläontologie disziplinübergreifend fruchtbar macht.

Detaillierte Porträts der Preisträger sind unter www.dfg.de/aktuelles/presse/preise/leibniz-preis/2004/index.html abrufbar.

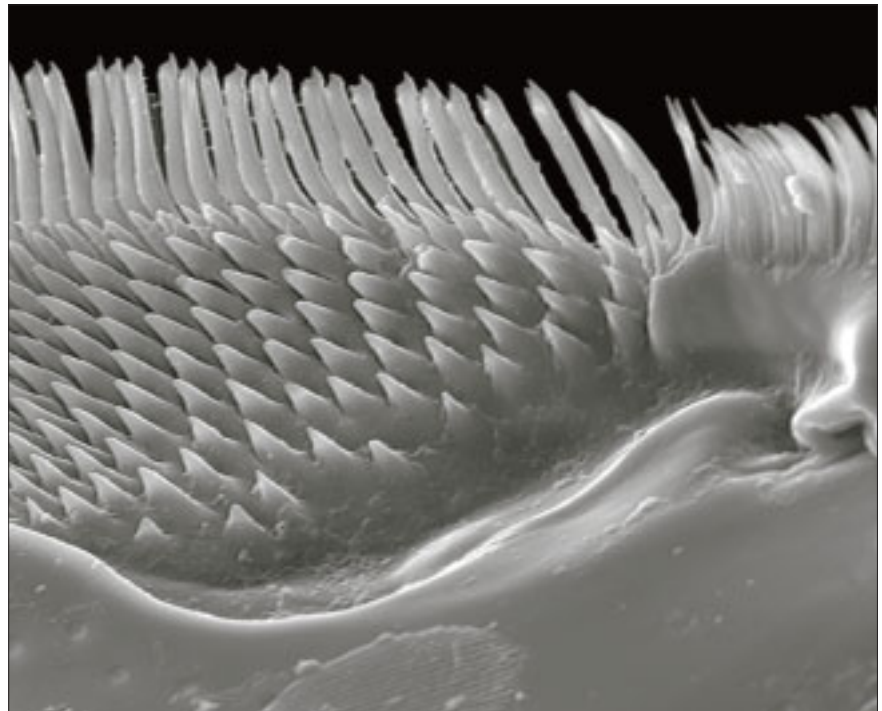
Die Mundwerkzeuge der Sporenfresser

Das Erforschen der Mundwerkzeuge von Insekten ist für den Biologen aufschlussreich. Das komplexe Wechselspiel zwischen Nahrungsvorlieben und körperlichen Strukturen gibt Aufschluss über den Prozess der Evolution

Wie schaffen es Insekten, winzig kleine Nahrungspartikel wie etwa Pilzsporen einzusammeln? Haben sich deren Mundwerkzeuge vielleicht im Laufe der Evolution an die Nahrung angepasst?

In der 400 Millionen Jahre währenden Entwicklungsgeschichte der Insekten veränderten sich ihre Mundwerkzeuge in mannigfaltiger Weise. In Anpassung an besondere Nahrungsstoffe und Techniken der Nahrungsaufnahme entstanden mehr als 34 verschiedene Grundtypen. Aufgrund dieser enormen Vielfalt stellen die Mundwerkzeuge von Insekten ideale Modellsysteme dar. Mit ihnen kann der Einfluss von körperlichen Strukturen bei Tieren auf deren Evolution und Ökologie untersucht werden. Der Vergleich der Mundwerkzeuge verschiedener Insektengruppen ermöglicht Hinweise darauf, inwieweit bestimmte Nahrungsvorlieben eine ganz bestimmte körperliche Struktur erfordern. Umgekehrt kann auch gefragt werden, in welchem Ausmaß eine vorgegebene Struktur der Mundwerkzeuge die Nutzung des Nahrungsangebots bedingt oder sogar einschränkt

Eine besondere Vielfalt des Nahrungserwerbes zeigen Käfer aus der Überfamilie der so genannten *Staphylinoidea*. Mit weltweit mehr als 57 000 beschriebenen Arten gehören sie in den gemäßigten Klimazonen und in den Tropen zu den artenreichsten Tiergruppen überhaupt. Jedes Jahr werden von Zoologen allein aus dieser Käfergruppe 400 neue Arten beschrieben. Diese



Tiergruppe besitzt eine geringe Körpergröße von nur wenigen Millimetern und lebt verborgen in der Bodenstreu. Die Käfer ernähren sich räuberisch oder von toter zerfallender und organischer Substanz und von Pilzen. Innerhalb der Pilzfresser spezialisierten sich einige Vertreter der Federflügler, Trüffelkäfer und Kurzflügelkäfer auf das Einsammeln von Pilzsporen.

Pilze verbreiten sich unter anderem über einzellige Sporen. Meist sind diese Sporen von einer derben Zellwand umgeben, die sie vor Austrocknung schützt. Ihr Inneres ist sehr reich an Nährstoffen und daher für Sporenfresser attraktiv. Diese

Baumeister Evolution: In Millionen von Jahren hat sich der Oberkiefer des Kurzflügelkäfers an seine Nahrung angepasst. Mit der kammartigen Struktur im Mund sammelt der Käfer vor allem Pilzsporen, die er wie Nüsse aufknackt.

müssen jedoch zunächst die Zellwand mechanisch durchbrechen oder enzymatisch aufschließen.

Sporen treten den Käfern in ganz unterschiedlicher Weise gegenüber. Bei den bekannten Hutpilzen finden sie sich in einer speziellen Fruchtschicht, die bei Röhrlingen entweder in engen Röhren einge-



Tête-à-tête am Blütenstand: Nicht nur zum Fressen der schmackhaften Blütenpollen versammeln sich Kurzflügelkäfer im Frühling und Sommer auf Brombeerblüten; dort warten auch paarungswillige Artgenossen. Unten: Das Kurzflügelkäfer-Weibchen stammt aus Mexiko und ernährt sich wie ihre europäische Verwandtschaft von Blütenpollen.

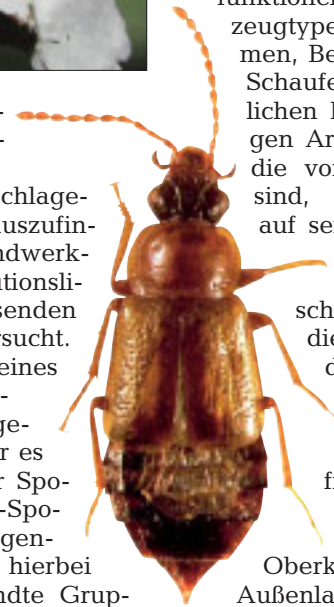
geschlossen ist oder bei Blätterpilzen frei auf der Oberfläche von Lamellen sitzt. Auch oberflächlich wachsende Pilze wie Schleimpilze, Schimmel oder Mehltaue entwickeln in speziellen Fruchtkörpern Sporen, die für darauf spezialisierte Insekten attraktiv sind. Daneben haben sich verschiedene Käferarten auf die Aufnahme von Pollen spezialisiert. Pollen erfüllen den männlichen Part bei der Befruchtung von Pflanzen. Viele dieser Käfer sind in den Frühjahrs- und Sommermonaten daher in den Blüten von Pflanzen anzutreffen.

Durch Darminhaltsanalysen ist die Ernährung mit Sporen und Pollen einfach und zweifelsfrei nachzuweisen. Dabei sind verschiedene Anpassungsprobleme zu lösen. Die Sporen sind häufig locker über eine Oberfläche verteilt und müssen von dort regelrecht eingefegt werden. Sporen können aber auch in eine Fruchtschicht integriert sein, mit der sie zusammen abgeweidet werden müssen. Des Weiteren müssen die Sporen im Mundraum konzentriert werden und in Regionen der Weiterbearbeitung nahe der Mundöffnung transportiert werden. Zuletzt ist ihr Weitertransport in den Vorderdarm zu gewährleisten. In der Regel muss ihre Wand jedoch

zuvor mit Hilfe besonderer Werkzeuge zerbrochen werden.

Um die dabei eingeschlagenen Lösungswege herauszufinden, wurden die Mundwerkzeuge sämtlicher Evolutionslinien der sporenfressenden *Staphylinoidea* untersucht. Dies geschah mithilfe eines Rasterelektronenmikroskops. Für die Aussagekraft der Analysen war es wichtig, immer wieder Sporenfresser und Nicht-Sporenfresser einander gegenüberzustellen und hierbei möglichst eng verwandte Gruppen miteinander zu vergleichen.

Die Mundwerkzeuge von Insekten sitzen als Anhänge an der Kopfkapsel und werden über Muskeln bewegt. Im Allgemeinen bestehen sie aus den kräftigen paarigen Oberkiefern, den ebenfalls paarigen Unterkiefern sowie der unpaaren Unterlippe. Die Oberkiefer dienen dem Ergreifen und Zerkleinern der Nahrung. Hierfür sind ihre Innenkanten oft als scharfe Leisten ausgebildet und mit Zähnen versehen. An der Basis der Oberkiefer findet sich eine raspelartige Kaufläche. Dagegen sind die Unterkiefer wesentlich komplizierter ge-



baut und dienen in erster Linie dem Nahrungstransport, helfen den Oberkiefern aber auch bei der Zerkleinerung der Nahrung. Die Unterlippe schließlich riegelt das Mundfeld nach hinten ab und ist zudem am Nahrungstransport beteiligt.

Sporenfresser haben für die einzelnen Erfordernisse bei der Nahrungsaufnahme vielfältige Feinstrukturen ausgebildet. Sie ähneln funktionell verschiedenen Werkzeugtypen wie Bürsten, Kämmen, Besen, Rechen, Raspeln, Schaufeln sowie unterschiedlichen Mahlflächen. Bei einigen Arten dirigieren Rinnen, die von Borsten umstanden sind, den Nahrungsstrom auf seinem Weg zur Mundöffnung. Bürsten-, besen-, rechen- und schaufelartige Werkzeuge dienen in erster Linie dem Einfegen des feinen Sporenmaterials von den Oberflächen der Pilze. Daher findet man solche Strukturen vor allem an der Spitze der Oberkiefer, der Innen- und Außenlade der Unterkiefer sowie dem Endabschnitt der Unterlippe. Von dort werden die Sporen auf Bürstenfelder und Borstenkämme auf weiter innen gelegene Abschnitte des Ober- und Unterkiefers sowie der Ober- und Unterlippe übertragen, indem sie einfach daran abgestreift werden. Diese Vorrichtungen verhindern gleichzeitig ein seitliches Ausweichen der Sporenmassen, indem sie diese in der Mitte des Mundraumes konzentrieren. Von hier werden die Sporen schließlich zwischen die Mahlflächen an der Basis des rechten und linken Oberkiefers gefegt. Dort werden ihre Wände aufgebro-

chen. Der abschließende Transport in die eigentliche Mundöffnung erfolgt vermutlich im Wesentlichen durch Saugkräfte, die vom Vorderdarm erzeugt werden. Als zusätzliche Hilfsstrukturen für diesen Transport dienen jedoch auch raspelartige Zahnreihen zwischen dem Munddach und der Oberseite der Oberkiefer sowie weitere kamm- und besenartige Strukturen an der Innenseite ihrer Mahlf lächen.

Vergleiche ergaben, dass dieses Schema des Nahrungseintrags und der damit verbundenen Werkzeugtypen nicht allein bei Sporenfressern vorkommt, sondern bereits zum Grundplan aller *Staphylinoidea* gehört. Die meisten Vertreter dieser Gruppen ernähren sich zwar ebenfalls von feinem Material, haben aber ein breiteres Nahrungsspektrum. Hierzu gehören vor allem Pilzfäden, abgestorbenes pflanzliches und tierisches Feinmaterial sowie die darin lebende mikroskopische Flora und Fauna. Dieser Ernährungstyp bildet bei vielen Gruppen die Ausgangssituation für die Evolution von sporenfressenden Mundwerkzeugen. Dieses Grundmuster ist in häufig unveränderter Form auch bei der Mehrzahl der bereits spezialisierten Sporenfresser anzutreffen. Wenn sich Nahrungsvorlieben ändern, müssen sich somit nicht unbedingt die körperlichen Strukturen auch verändern. Vielmehr sind offenbar zunächst physiologische oder Verhaltensänderungen entscheidend.

In einigen Verwandtschaftsgruppen haben allerdings Teile der Mundwerkzeuge, die für das Einsammeln und das anschließende Zermahlen der Sporen verantwortlich sind, besondere Abwandlungen erfahren. Da sich viele davon mehrfach unabhängig bei verschiedenen Gruppen ausschließlicher Sporenfresser entwickelt haben, lassen sie sich als spezielle Anpassungen an diesen Ernährungstyp deuten. Bei den Oberkiefern betrifft dies insbesondere die Ausstattung der inneren Mahlf lächen mit feinen Ausstülpungen und Zähnen. Im Bereich der Unterkiefer gehören hierzu besonders komplexe „Sporenbürsten“, die das Einbürsten großer

Sporenmengen ermöglichen. Dabei ist es erstaunlich zu sehen, welche hochgradige Übereinstimmungen selbst feinsten struktureller Details sich in vollkommen unabhängiger Weise in den verschiedenen Teilgruppen dieser Käfer herausbilden. Die Biologie spricht in solchen Fällen von Konvergenzen, also Ähnlichkeiten, die auf gleicher Funktion, nicht aber gemeinsamer Abstammung beruhen.

Eine andere Ausgangssituation liegt bei sporenfressenden Vertretern stammesgeschichtlich jüngerer

Optimale Bedingungen für den Kurzflügelkäfer bieten die Lamellen des australischen Austernpilzes. Gleich mehrere Tausend der ein bis zwei Millimeter großen Käfer können einen einzelnen Pilz besiedeln, von dessen Sporen sie sich ernähren. Auch die Ablage der Eier findet hier statt.



Kurzflügelkäfer vor. Diese Gruppen wechselten von einer Detritus fressenden zu einer räuberischen Ernährungsweise. In diesem Zusammenhang wurden ausgedehnte Mahlf lächen an den Oberkiefern nicht mehr benötigt und daher vielfach wieder reduziert. Diese Situation stellte offenbar eine viel größere Barriere für die Evolution sporenfressender Arten dar als bei den Gruppen, die sich von feinem, pflanzlichem Material ernähren. Doch sind auch räuberische Mundwerkzeuge mit von vornherein fehlenden Mahlf lächen an den Oberkiefern kein unüberwindbares Hindernis für die Entwicklung sporenfressender Mundwerkzeuge. So sind bei verschiedenen Vertretern sekundäre Mahlf lächen an anderen Stellen der Oberkiefer oder sogar an den Unterkiefern entstanden.

Eine besondere Gruppe der sporenfressenden Kurzflügelkäfer sind die so genannten *Gyrophaenini*. Man findet die Tiere meist in größerer Zahl zwischen den Lamellen von Hutpilzen. Da auch bei dieser Gruppe die Vorfahren räuberisch lebten, mussten die Mahlf lächen bei den Sporenfressern ebenfalls neu entwickelt werden. Allerdings finden sich diese nicht an der Innen-, sondern auf der Unterseite der Oberkiefer. Dies bedeutet, dass die Sporen nicht – wie sonst üblich – zwischen den Mahlf lächen des rechten und linken Oberkiefers zerrieben werden, sondern zwischen der Unterseite des Oberkiefers und einem Teil der Unterlippe. Dieser ist zu diesem Zweck wie ein Mörser geformt, in dem die Sporen zunächst gesammelt und dann zerrieben werden. Eine ungewöhnliche Konstruktion, die mit erheblichen Umbildungen des Ernährungsapparates einhergegangen ist. Dies ist ein gutes Beispiel, dass es im Tierreich oft mehrere Lösungswege für das gleiche funktionelle Problem gibt.

Prof. Dr. Oliver Betz
Universität Tübingen

Das Projekt wurde von der DFG mit einem Forschungsstipendium am Field Museum of Natural History (Chicago, USA) gefördert.

23



Wenn sich die Feldlerche vom Acker macht



Die moderne Landwirtschaft schadet der Tier- und Pflanzenwelt, indem sie deren Artenvielfalt in Gefahr bringt. Neue computergestützte Modelle helfen, eine Landnutzung zu entwerfen, die sowohl den Bedürfnissen des Menschen als auch dem Bewahren des natürlichen Ökosystems dient

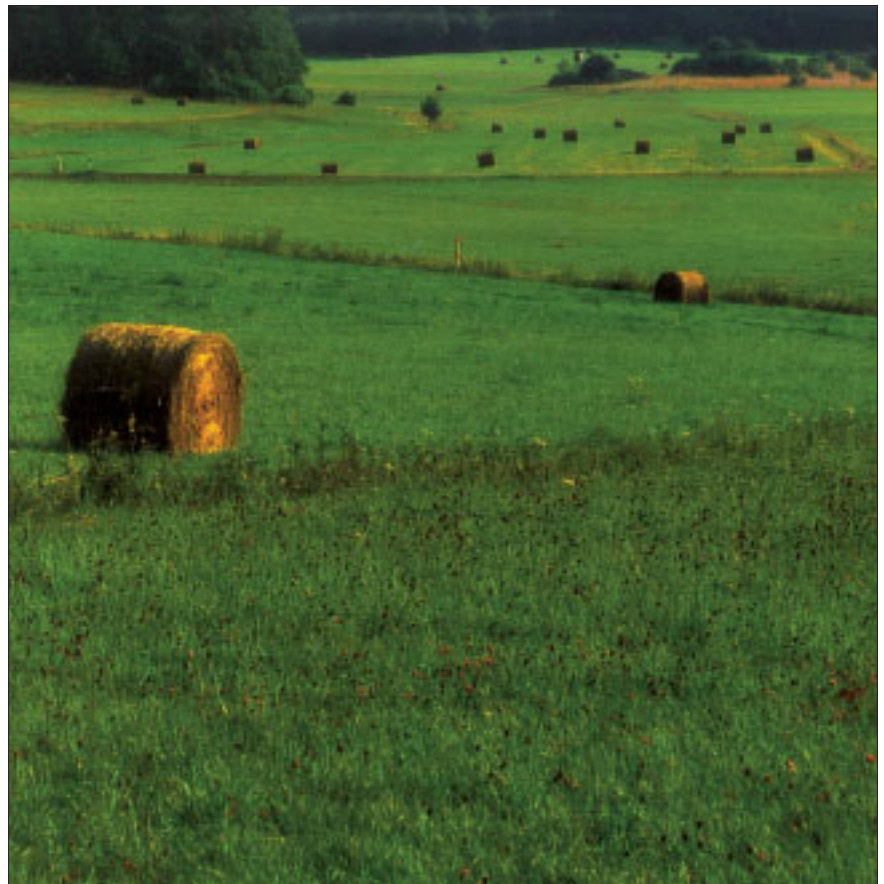
Seit Jahrhunderten hat der Mensch das Erscheinungsbild europäischer Landschaften verändert. Dabei ist die Landwirtschaft für einen Großteil dieser Veränderungen verantwortlich. Fanden die Eingriffe anfangs lokal und regional nur eng begrenzt statt, so nahmen sie bis zur Gegenwart ständig an Umfang und Intensität, Schnelligkeit und Reichweite zu. Zunächst bewirkte die Schaffung von offenen Landschaften eine Erhöhung der Vielfalt von Tier- und Pflanzenarten, dies betraf vor allem Arten der Wiesen, Weiden und Äcker und damit Offenlandarten. Ab den 50er Jahren des 20. Jahrhunderts wurde dieser positive Trend gestoppt. Ausgelöst durch eine verstärkte Nachfrage und Produktion agrarischer Güter wurde die Landwirtschaft intensiviert und ausgeweitet. Dies führte zu einer Verarmung an Tier- und Pflanzenarten sowie zu einer Gleichförmigkeit der Landschaft. Bis heute wurden etwa 25 Prozent der gesamten Erdoberfläche in agrarwirtschaftliche Nutzflächen umgewandelt und nur 10 Prozent der ursprünglichen Landschaften blieben unverändert. So werden nachhaltige Landnutzungskonzepte dringend benötigt. Diese müssen sowohl den ökonomischen und sozialen Bedürfnissen der Menschen als auch dem Erhalt der biologischen Vielfalt Rechnung tragen. Modelle können hierbei ein hilfreiches Mittel zur Darstellung und Risikoabschätzung komplexer Zusammenhänge sein. Im Sonderforschungsbereich „Landnutzungskonzepte für periphere Regionen“ an der Justus-Liebig-Universität in Gießen werden solche fächerübergreifenden Modellansätze entwickelt.

Die Folgen dieses Wandels in der Landnutzung sind mannigfaltig: Änderungen in der Landschaft wirken sich unmittelbar auf die Struktur und Funktion von Ökosystemen sowie auf die mit ihnen in Berührung stehenden Systeme aus. Diese komplexen Prozesse und insbesondere deren Veränderungen und ihre Folgen sind oftmals nur unter einem erheblichen zeitlichen und kostenintensiven Aufwand empirisch zu erfassen. Hier kommt der

ökologischen Modellierung eine wichtige Rolle zu. Modelle bilden in vereinfachter Form die Wirklichkeit ab und geben so einen besseren Überblick über komplexe Zusammenhänge. Nach und nach können diese einfachen Modelle dann um weitere Prozesse der natürlichen Systeme ergänzt werden. Die Biodiversitätsforschung befasst sich mit der biologischen Vielfalt auf unserer Erde, und die Populationsökologie untersucht die Schwankungen in der Individuenzahl einzelner Arten. Modelle in diesen beiden Disziplinen analysieren dabei sowohl komplexe Strukturen und Abläufe von Ökosystemen als auch ganz konkrete Fragen, beispielsweise die Überlebenswahrscheinlichkeit ausgewählter Tier- oder Pflanzenarten. In Verbindung mit Geographischen Informationssystemen (GIS) werden Modelle bereits heute als wichtige Planungs- und Entscheidungshilfe im Umwelt- und Landschaftsmanagement eingesetzt. Sie ermöglichen es, die Effekte von veränderten wirtschaftlichen, technischen, rechtlichen oder klimatischen Rahmenbedingungen in der Landnutzung zu beschreiben. Dies gelingt umso genauer, je besser die Modelle aus den unterschiedlichen Disziplinen miteinander verknüpft werden. Die zentrale Hypothese der Studien lautet, wenn Agrarflächen nicht mehr landwirtschaftlich genutzt werden, dann erfüllt die Landschaft wesentliche Funktionen nicht mehr. Welche Landschaftsfunktionen davon betroffen sind, in welchem Umfang, welche Areale und welche Politikmaßnahmen geeignet wären, um diesen Entwicklungen gegenzusteuern, diese Fragen werden mit Hilfe verknüpfter Modellansätze beantwortet.

Das in Mittelhessen gelegene Lahn-Dill-Bergland bildete die Untersuchungsregion. In ihr wurden beispielsweise die Verteilung und Überlebenswahrscheinlichkeiten von Tierarten wie Fuchs, Feldlerche und Goldammer unter verschiedenen Szenarien für die Landnutzung simuliert. Grundlage dafür waren jeweils digitale

26



litenaufnahmen abgeleitet wurden. Die Verknüpfung dieser Karten mit Computermodellen stellte den räumlichen Bezug zur Landschaft her. Änderungen in der Landnutzung wurden simuliert und die sich daraus ergebende mögliche Verbreitung der Tierarten berechnet.

Ein typischer Bewohner offener Landschaften ist die Feldlerche. Wie wirkt sich eine Erhöhung des Grünlandanteils in einer Landschaft (so genanntes Grünland-Szenario) auf ihre Populationsgröße aus? Wird sich der Lebensraum, in dem sie brüten kann, dadurch vergrößern? Die Simulationen des Grünland-Szenarios zeigten überraschende Ergebnisse. Obwohl der Anteil des Waldes – dieser wird von der Feldlerche gemieden – zugunsten von Acker- und Grünlandflächen verkleinert wurde, verminderte sich die mögliche Fläche für ihr Brutrevier in der untersuchten Region. Offensichtlich hatten andere Faktoren, beispielsweise die Zergliederung des Waldes, einen größeren Einfluss auf die Auswahl des Brut-

Grünlandflächen wie das in Mittelhessen gelegene Lahn-Dill-Bergland (oben) sind empfindliche Ökosysteme. Die in kleinen Parzellen traditionell geführte Bewirtschaftung hat eine für den Naturschutz bedeutende Kulturlandschaft hervorgebracht. Diese Flächen bieten vielen Arten einen Lebensraum (rechts), der jedoch durch die Aufgabe der landwirtschaftlichen Nutzung gefährdet ist.

reviers als die bloße Zunahme des Offenlandanteils. Ökologen vermuten seit langem, dass die Zusammensetzung und das räumliche Muster einer Landschaft einen hohen Stellenwert für die Artenvielfalt und die Biodiversität eines Gebietes haben. Die räumliche Anordnung von Lebensräumen ist von großer Bedeutung für die Stabilität einer Population. Das bedeutet, dass sowohl ihre Überlebenswahrscheinlichkeit als auch ihre Ausbreitung in der Landschaft davon beeinflusst wird. Wie sich die Artenvielfalt von Tier- und Pflanzengruppen insgesamt in unterschiedlich

ausgeprägten Landschaften entwickelt, ist allerdings noch weitgehend ungeklärt.

Das Modell ANIMO soll diesem Phänomen auf die Spur kommen. Das Grundgerüst des Modells besteht aus virtuellen Landschaften, die 100 mal 100 Zellen umfassen. Jede Zelle entspricht dabei in der Natur einem Landschaftsausschnitt von jeweils 25 mal 25 Metern. Diese Landschaften setzen sich aus Acker, Grünland und Brache zusammen und stellen die Hauptnutzungstypen der Offenlandschaft im Lahn-Dill-Bergland dar. Durch Veränderung der Flächenanteile und der räumlichen Verteilung der drei Nutzungstypen wurden mit dem Computer verschiedene Landschaften erzeugt und der jeweilige Einfluss auf die Artenvielfalt untersucht. Dazu wurde der relative Flächenanteil der drei Nutzungstypen verändert, ausgehend von einem gleichen Anteil aller drei Typen bis hin zur Vorherrschaft einer der Nutzungstypen. Bezüglich der räumlichen Nutzungsmuster wurde von einer relativ gleichmäßigen bis zu einer stark geklumpten Anordnung



der einzelnen Nutzungen unterschieden.

Jedem Nutzungstyp wurde hinsichtlich der Tier- und Pflanzenwelt ein spezifisches Artenspektrum zugewiesen, mit einem Anteil an Generalisten, also weit verbreiteten und häufigen Arten, und einem Anteil an Spezialisten, also auf diesen Lebensraum oder Nutzungstypen spezialisierte Arten.

Dieser Anteil der so genannten Habitatspezialisten und -generalis-

ten wurde für verschiedene Simulationsläufe variiert. In späteren Simulationsläufen wurden dazu auch die vor Ort erhobenen Daten der ökologisch ausgerichteten Teilprojekte einbezogen, um eine Realitätsnähe der Ergebnisse zu gewährleisten. Es zeigte sich, dass die Anordnung und Verteilung der drei verschiedenen Nutzungstypen einen entscheidenden Einfluss auf die Artenvielfalt der Landschaft ausübt: Je großräumiger die einzelnen Nutzungstypen in einer Landschaft auftraten, das heißt je mehr benachbarte Zellen zu einer Nutzungsform gehörten, desto niedriger waren die Artenzahlen pro Zelle und desto ähnlicher waren die angrenzenden Zellen in ihrem Arteninventar in Zusammensetzung und Zahl. Zusätzlich war das Verhältnis von Generalisten zu Spezialisten relevant: Mit steigender Anzahl an Generalisten in einer Landschaft nahm erwartungsgemäß die Artenvielfalt pro Zelle zu.

Zudem wurden Daten der Flora und Fauna eines Testgebietes als Ausgangsbasis für die Simulationsläufe genommen. Entscheidend für

die Artenvielfalt war neben der räumlichen Anordnung der verschiedenen Nutzungen insbesondere auch der relative Flächenanteil der jeweils artenreichsten Nutzungsform. In einem weiteren Schritt soll nun das Modell ergänzt und auf reale Landschaften angewendet werden.

Die angeführten Beispiele zeigen, wie wichtig es bei dem gegenwärtigen Stand der Forschung ist, die Daten aus verschiedenen Wis-

senschaftsdisziplinen – in unserem Fall Landschaftsökologie, Tierökologie, Ökonomie und Modellierung – in integrativen Ansätzen zu kombinieren. Hierdurch kann ein tieferes Verständnis des Einflusses der komplexen und dynamischen Agrarlandschaft auf die Biodiversität erzielt werden, als dies durch alleinige Felduntersuchungen möglich wäre. Miteinander verknüpfte Modelle, so genannte gekoppelte Modellansätze, haben sich zu einem Instrument der Landschaftsanalyse entwickelt. Sie gestatten es, Prozesse auf der Maßstabebene von Regionen in vereinfachter Form darzustellen und ökonomische Faktoren mit ökologischen zu verknüpfen. Der Einsatz derartiger Modelle ermöglicht es, die antreibenden und steuernden Größen der Landnutzung abzubilden und die Auswirkungen politikgesteuerter Eingriffe in Landnutzung, Biodiversität sowie Wasser- und Stoffhaushalt vorherzusagen und zu bewerten.

Veränderte agrarpolitische Rahmenbedingungen, ein kritischeres Verbraucherverhalten, neue Bewertungskriterien für die Vergabe von Beihilfen an die Landwirtschaft in der EU und andere Faktoren machen es notwendig, die Auswirkungen von Landnutzungen und ihren Änderungen vorherzusagen. Simulationsmodelle können dabei eine wichtige Entscheidungsgrundlage bilden. Zusätzlich entwickeln sie brauchbare Hypothesen für weitere Untersuchungen direkt vor Ort und helfen, aus dem komplexen Informationsgefüge einfache Strukturen herauszuarbeiten. So werden sie in Zukunft dazu beitragen, den Erfassungsaufwand erheblich zu verringern.

*Dr. Claus Mückschel
Prof. Dr. Hans Georg Frede
Prof. Dr. Wolfgang Köhler
Prof. Dr. Dr. h.c.
Friedrich Kuhlmann
Prof. Dr. Dr. Annette Otte
Prof. Dr. Volkmar Wolters
Universität Gießen*

Die Projekte werden von der DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs „Landnutzungs-Konzepte für periphere Regionen“ gefördert. www.sfb299.de.

Ausbau der klinischen Forschung

Patientennahe medizinische Wissenschaft: Das Bundesministerium für Bildung und Forschung und die Deutsche Forschungsgemeinschaft starten ein gemeinsames Programm – Impulse für nachhaltige klinische Studien in Deutschland

Bundesforschungsministerin Edelgard Bulmahn und der Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Professor Ernst-Ludwig Winnacker, haben eine gemeinsame Initiative für die patientennahe medizinische Forschung in Deutschland vorgestellt. Damit können klinische Studien unabhängig von ihrer Fragestellung oder von der jeweiligen Krankheit finanziert werden. Das Programm ist in den nächsten vier Jahren mit insgesamt 40 Millionen Euro ausgestattet.

„Klinische Studien sind unverzichtbar, um die Ergebnisse der Humangenomforschung in die Anwendung zu bringen und für die Weiterentwicklung von Prävention, Diagnose und Therapie zu nutzen. Besonders neue Medizintechnik oder Diagnostika müssen im Rahmen klinischer Studien evaluiert werden, bevor ihr Einsatz beim Patienten verantwortet werden kann“, sagte Bulmahn. Die Bundesministerin wies darauf hin, dass die dafür notwendige Studienkultur in Deutschland bislang nur unzureichend etabliert sei. Deshalb verlagere die pharmazeutische Industrie ihre Forschung zunehmend ins anglo-amerikanische Ausland.

Professor Winnacker erklärte: „Wir erwarten, dass durch die koordinierte Vorgehensweise besonders nachhaltige Effekte erzielt werden. Nur mit Hilfe dieses Programms können Studien finanziert werden, bei denen kleine Patientengruppen untersucht werden, an denen die Pharmaindustrie keine wirtschaftlichen Interessen hat. Ein Beispiel ist die Behandlung von Hirntumoren mit etwa 3000 Neuerkrankungen pro Jahr.“ Mit dem neuen Programm wird der systematische Ausbau der klinischen

des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) konsequent weiter geführt. Insgesamt hat das BMBF in den letzten vier Jahren 280 Millionen Euro für die klinische Forschung bereit gestellt. An zwölf medizinischen Fakultäten sind seit 1999 „Koordinierungszentren für Klinische Studien“ aufgebaut worden, die eine Infrastruktur für die Durchführung bereitstellen, aber auch Ärzteschulen und beraten. Ebenfalls

seit 1999 sind bislang 17 „Kompetenznetze in der Medizin“ gegründet worden, in denen die für ein bestimmtes Krankheitsbild am besten ausgewiesenen Forscher und Ärzte klinische Studien gemeinsam durchführen. „Damit haben wir den Grundstock gelegt, auf dem wir nun gemeinsam mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft klinische Spitzenforschung in Deutschland etablieren können“, stellte Bulmahn fest.

DFG bewilligt sieben neue Klinische Forschergruppen

Vernetzung von Grundlagenforschung und klinischer Anwendung – Insgesamt werden 21 Gruppen gefördert

Die DFG hat die Einrichtung von sieben neuen Klinischen Forschergruppen beschlossen. Nachdem im Jahr 2001 aufgrund der Empfehlungen der Denkschrift zur Klinischen Forschung erstmals zwölf Klinische Forschergruppen eingerichtet wurden, finanziert die DFG nun insgesamt 21 Gruppen an 15 Hochschulen. Das Ziel Klinischer Forschergruppen ist, die Vernetzung von Grundlagenforschung und klinischer Anwendung zu intensivieren, forschungsorientierte Strukturen an den Universitätskliniken aufzubauen und dort dauerhaft zu etablieren. Im Zentrum des Programms steht zum einen die Förderung besonders ausgewiesener Gruppen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern. Zum anderen sollen innovative Forschungsvorhaben in den medizinischen Fakultäten gefördert werden. Aus den 25 bei der DFG eingegangenen Projektskizzen wur-

den folgende sieben Gruppen ausgewählt:

„Optimization of Living Related Liver Transplantation“, Universität Duisburg-Essen, Campus Essen; „Pathomechanismen und Therapie der Lungenfibrose“, Universität Gießen; „Lungentransplantation“, Medizinische Hochschule Hannover; „Molekulare Grundlagen und konsekutive Therapieansätze beim hepatozellulären Karzinom“, Medizinische Hochschule Hannover; „Selektive interne Radiotherapie: Wirkmechanismen und klinische Wirksamkeit bei hämatologischen Neoplasien und neuroendokrinen Tumoren“, Universität Ulm; „Aufmerksamkeitsdefizit-/Hyperaktivitätssyndrom: Molekulare Pathogenese und Endophänotypen im Therapieverlauf“, Universität Würzburg; „Das Tumormikromilieu: Zielstruktur und Modulator von Immunantworten“; Universität Würzburg.

Neue Lösungsansätze für Probleme im Schienenverkehr

DFG-Schwerpunktprogramm legt Abschlussbericht vor – Grundlagen für zukünftige technische Entwicklungen

Schneller, stärker, schwerer. Im Eisenbahnverkehr ist in den letzten Jahrzehnten die Fahrgeschwindigkeit, die Antriebsleistung und die Achslast kontinuierlich erhöht worden. Diese wachsenden Belastungen führen zu Schädigungen und Verschiebungen der Schottersteine unter den Schwellen sowie im gesamten Untergrund. Die dabei entstehenden Gleisverformungen verursachen einen ungleichförmigen Profilverschleiß an den Rädern sowie Schäden auf Lauffläche von Rad und Schiene. Dies beeinträchtigt nicht nur den Fahrkomfort, sondern auch die Sicherheit und kann im Extremfall zu katastrophalen Unfällen wie 1998 in Eschede führen. Zusätzlich werden Wartungsarbeiten entlang der Gleise in immer kürzeren Abständen nötig. Dies führt zu hohen Instandhaltungskosten. Das Schwerpunktprogramm „Systemdynamik und Langzeitverhalten von Fahrwerk, Gleis und Untergrund“ setzte sich zum Ziel, diese Belastungsvorgänge wissen-

Hohe Auszeichnung für Professor Steglich

Der Vizepräsident der DFG, Professor Frank Steglich, erhält die „Stern-Gerlach-Medaille 2004“. Steglich, Direktor des Dresdner Max-Planck-Instituts für Chemische Physik fester Stoffe, wird ausgezeichnet für die bahnbrechende Entdeckung einer besonderen Form der Supraleitung sowie seine herausragenden Beiträge zur Physik der kondensierten Materie, insbesondere zum Magnetismus und zur Supraleitung „stark korrelierter“ Elektronensysteme, wie die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG) mitteilt. Die Stern-Gerlach-Medaille ist die höchste Auszeichnung auf dem Feld der Experimentellen Physik, die von der DPG verliehen wird.

schaftlich zu beschreiben und mit den erarbeiteten Lösungsansätzen langfristig zu Verbesserungen im Bahnverkehr beizutragen. Die DFG förderte das Schwerpunktprogramm von 1996 bis 2002 mit mehr als sechs Millionen Euro.

Im Gegensatz zu den bisher eher detailorientierten Untersuchungen nahmen die Forscher in diesem Schwerpunktprogramm das Gesamtsystem in den Blick. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von 15 Universitäten und weiteren wissenschaftlichen Einrichtungen untersuchten dabei die dynamischen Wechselwirkungen von Fahr-

zeug, Gleis und Untergrund sowie das Langzeitverhalten der Komponenten des Gesamtsystems.

Bei Zugfahrten wirken starke Kräfte auf Schienen, Schwellen und Untergrund ein. Diese verursachen unter den Schwellen so genannte Setzungen. Das bedeutet, dass die einzelnen Schottersteine sich nach unten und zur Seite verschieben und somit unter den Schwellen Hohlräume entstehen. Führt ein Zug darüber, führt dies zu hohen dynamischen Belastungen an Rädern und Schienen, die wiederum auf den Schotter zurück übertragen werden.

Die Untersuchungen aus den einzelnen Teilprojekten des Schwerpunktprogramms lieferten Ergebnisse, die mögliche Grundlagen für zukünftige technische Entwicklungen in Konstruktion, Wartung und Reparatur bieten und damit langfristige Problemlösungen im Bahnverkehr versprechen.

Innovative Anstöße für die Ingenieurwissenschaften

Zwei neue Großkammer-Rasterelektronenmikroskope – Moderne Technologie mit vielen Anwendungsmöglichkeiten

Die DFG hat der ingenieurwissenschaftlichen Forschung zwei Großkammer-Rasterelektronenmikroskope (GK-REM) zur Verfügung gestellt. Sie gehören zu einer neuen Klasse von Rasterelektronenmikroskopen und werden mit einer Gesamtsumme von 3,23 Mio. Euro gefördert.

Die neue Technologie wurde in Deutschland entwickelt und steht nun anwendungsreif zur Verfügung. Der Einsatz eines GK-REM ermöglicht es, die Oberfläche von Objekten zu untersuchen, deren Durchmesser bis zu 700 mm und deren Masse bis zu 300 kg betragen kann. Dadurch kann bei rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen jetzt erstmals auf die Probenentnahme aus einem Untersuchungsobjekt und auf zerstörende oder artefaktbildende Präparationsschritte verzichtet werden. Dies hat auch den Vorteil, dass der Untersuchungsgegenstand unbe-

schädigt bleibt und nach der Untersuchung weiterverwendet werden kann.

Für den Einsatz von GK-REM ergeben sich innerhalb der Ingenieurwissenschaften vielfältige Anwendungsmöglichkeiten, so unter anderem für Oberflächenanalysen von großen Proben oder Untersuchungen der Wirksysteme bei werkstoff- und fertigungstechnischen Prozessen und Prüfversuchen. Darüber hinaus lassen sich diese Geräte auch erfolgreich bei Versuchen zur Materialermüdung und zu Analysen von Prozessen in der Mikrotechnik einsetzen.

Nach interdisziplinärer Begutachtung von insgesamt elf Anträgen entschied der zuständige Beauftragte Ausschuss der DFG, die Anträge von Professor Mathias Göken (Erlangen) und Professor Joachim Mayer (Aachen) mit einer Gesamtsumme von 3,23 Mio. Euro zu fördern.

Wichtige Fortschritte auf dem Weg zu den Sternen

Stand und Perspektiven der Astronomie und Astrophysik in Deutschland – DFG legt eine neue Denkschrift vor

Die moderne astronomische Forschung befasst sich mit faszinierenden Fragen: Wie ist das Universum entstanden? Welchem Schicksal geht es entgegen? Wie bilden sich Sterne, Galaxien und Schwarze Löcher? In den letzten Jahren wurden bei der Beantwortung dieser Fragen außerordentliche Fortschritte erreicht. Gleichzeitig haben technische Innovationen neue Fenster ins All aufgestoßen, die weitere überraschende Entdeckungen und Erkenntnisse versprechen. Die bisher erzielten Fortschritte sind bahnbrechend und stoßen häufig auf großes öffentliches Interesse. Deutsche Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sind an diesen Erfolgen mitbeteiligt. Im internationalen Verbund leisten sie in vielen Bereichen astrophysikalischer Forschung hervorragende Arbeit.

Nach 1962 und 1987 legt die DFG nun zum dritten Mal eine Denkschrift zur Astronomie vor: „Status und Perspektiven der Astronomie in Deutschland 2003 bis 2016“. Sie wurde vom Rat Deutscher Sternwarten erarbeitet und identifiziert auf der Basis einer Bestandsaufnahme die wichtigsten Schwerpunkte astrophysikalischer Forschung der nächsten 10 bis 15 Jahre. Zugleich werden Empfehlungen gegeben, deren Umsetzung dazu beitragen soll, dass deutsche Wissenschaftler auch künftig in diesem stark international vernetzten Feld eine wichtige Rolle spielen. Damit richtet sich die Denkschrift nicht nur an ein Fachpublikum, sondern auch an die politischen Entscheidungsträger in Bund und Ländern.

Die Autoren haben die Entstehung und Entwicklung des Universums als Ganzem, die Erforschung von Galaxien und Schwarzen Löchern sowie von Sternen und Planetensystemen als wichtigste Themen der Zukunft identifiziert. Konkrete Aufgabenstellungen sind hierbei

30 unter anderem die Bestimmung der



exakten Geometrie des Universums, die Entdeckung der ersten Galaxien und die Entstehung von Planetensystemen. Auch die Suche nach biologischer Aktivität auf Planeten außerhalb unseres Sonnensystems ist dabei eine interessante Zielsetzung. Die neue Denkschrift gliedert sich in fünf Kapitel. Auf eine allgemein verständliche Einführung in die aktuelle Entwicklung der Astrophysik folgt die Beschreibung derjenigen Forschungsschwerpunkte, die nach der Einschätzung der Autoren die wichtigsten Themen zukünftiger Forschung darstellen. Im dritten Teil werden die Observatorien und Projekte vorgestellt, welche die Astrophysik in den kommenden zwei Jahrzehnten prägen werden. Das vorletzte Kapitel diskutiert die Struktur der astronomischen Forschung in Deutschland. Der letzte Teil umfasst eine Reihe von Empfehlungen, deren Umsetzung die Beteiligung deutscher Astronomen und Astrophysiker an internationalen Forschungsprojekten auch weiterhin sicherstellen soll.

Mathematische Experimente faszinieren Museumsbesucher

Das Gießener „Mathematikum“ beging sein einjähriges Bestehen – Erfolgreiche Wege der Wissensvermittlung

Das weltweit erste Mitmach-Museum für Mathematik, genannt Mathematikum, feierte in Gießen sein einjähriges Bestehen. Über 130 000 Besucher haben sich seit der Eröffnung von den mathematischen Experimenten faszinieren lassen. Der Leiter und Initiator des Museums ist Professor Albrecht Beutelspacher, der im Jahr 2000 als erster Preisträger den Communicator-Preis erhielt. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft vergeben diesen persönlichen Preis jährlich an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich in herausragender Weise um die Vermittlung ihrer wissenschaftlichen Ergebnisse in die Öffentlichkeit bemühen.

Mathematik gilt als staubtrocken und langweilig – das Mathematikum beweist das Gegenteil. Denn nicht Formeln und Belehrungen warten auf die Besucher, sondern Seifenblasen, Knobelspiele und Kugelbahnen. Die originellen Experimente greifen Alltagserfahrungen der Menschen auf und stellen den Bezug zur Mathematik her. Beutelspacher beschreitet damit neue Wege in der Wissensvermittlung. Sein Konzept hat sich als so erfolgreich erwiesen, dass Anfang November bereits ein Erweiterungsbau eingeweiht werden konnte. Jetzt laden 100 Exponate auf insgesamt 1000 Quadratmetern zum Ausprobieren ein. Nähere Informationen zum Mathematikum unter www.mathematikum.de.

Über die Möglichkeiten des Ombudsverfahrens

Wissenschaftliches Fehlverhalten: Ein Symposium bot Ombudsgremien die Gelegenheit zum Erfahrungsaustausch

Fälle wissenschaftlichen Fehlverhaltens haben in den vergangenen Jahren immer wieder für Aufsehen gesorgt und sind – begleitet durch ausführliche Berichterstattung in den Medien – weit über die Grenzen der Wissenschaft hinaus diskutiert worden. Dabei standen nicht nur Überlegungen zu Ursachen und Motiven im Mittelpunkt, sondern auch die Frage, wie Hochschulen und andere Forschungseinrichtungen mit wissenschaftlichem Fehlverhalten umgehen und wie wirksam die Verfahren zur Untersuchung konkreter Fälle sind. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft und der Ombudsman der DFG haben nun erstmals die Ombudsgremien von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zu einem Erfahrungsaustausch eingeladen.

Im Rahmen eines Symposiums in Bonn wurde der Problembereich „wissenschaftliches Fehlverhalten“ umfassend erörtert. In dem Zusammenhang wurde auch über die Möglichkeiten und Grenzen des Ombudsverfahrens als Instrument zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis diskutiert.

Die Berichte und Diskussionen machten deutlich, dass die Strategien im Umgang mit dem Problem des wissenschaftlichen Fehlverhaltens an verschiedenen Punkten des Wissenschaftssystems ansetzen müssen. Zuerst gilt es, bei Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern das Bewusstsein für gute wissenschaftliche Praxis zu schärfen und damit schon im Vorfeld Fehlverhalten zu verhindern. In dem Zusammenhang wurde besonders die Fürsorgepflicht der Leitungspersonen gegenüber dem wissenschaftlichen Nachwuchs betont. Eng damit verknüpft muss die Bildung von Standards guter wissenschaftlicher Praxis weitergeführt werden, beispielsweise in Fragen der Autorenschaft, die nach wie vor den

größten Teil der Auseinandersetzungen um Fehlverhalten bilden. Ein weiterer Diskussionspunkt war das Verhältnis von Ombudsgremien und Untersuchungskommissionen. Hier waren sich die Ombudspersonen einig, dass eine klare Funktionsbestimmung für beide Gremien bei allen Beteiligten für größere Transparenz und Sicherheit sorgen soll. Zudem soll ein ständiger Expertenkreis für juristische Fragen im Zusammenhang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten ein-

gerichtet werden. Für die langfristige Verbesserung der Verfahren im Umgang mit Fehlverhalten soll eine Arbeitsgruppe gebildet werden, die sich mit der Verbesserung des Schutzes von „Whistleblowern“ beschäftigt.

Erörtert wurde auch die Bedeutung der Medien. Dabei wurde die Rolle der Presse im Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten als die eines Korrektivs gesehen. In der Öffentlichkeit bestehe die Wahrnehmung, so ein Medienvertreter, dass die Feststellung wissenschaftlichen Fehlverhaltens häufig mit einer juristischen Folgenlosigkeit einhergehe. Wissenschaftliches Fehlverhalten öffentlich zu machen, sei eine wichtige Aufgabe einer kritischen und unabhängigen Berichterstattung in den Medien.

Forschung über die Grenzen der Fächer hinweg

Die DFG richtet sieben neue Sonderforschungsbereiche ein – Drei Transregio dienen der besonderen Vernetzung

Im Jahr 2004 wird die DFG sieben neue Sonderforschungsbereiche einrichten, darunter drei transregionale. Insgesamt wird die DFG ab Januar 2004 an 61 Hochschulen 264 Sonderforschungsbereiche und elf Transferbereiche fördern, für die rund 363 Millionen Euro zur Verfügung stehen. Abweichend von der Form des ortsgebundenen Sonderforschungsbereichs, der der Profilbildung einer Universität dient, werden transregionale Sonderforschungsbereiche von mehreren, in der Regel zwei bis drei Hochschulen gemeinsam beantragt. Transregio dienen dazu, einen Forschungsschwerpunkt auszubauen, der die Kooperation verschiedener Universitäten erfordert, deren Beiträge sich auf hohem wissenschaftlichem Niveau ergänzen. Die neuen Sonderforschungsbereiche im Einzelnen:

Geistes- und Sozialwissenschaften

„Governance und die Effizienz ökonomischer Systeme“ (Transregio), Universitäten Mannheim, Berlin, München und Bonn

Biologie und Medizin

„Lernen, Gedächtnis und Plastizität des Gehirns: Implikationen für die Psychopathologie“, Universität Heidelberg, DKFZ und MPI für medizinische Forschung in Heidelberg; „Dynamik makromolekularer Komplexe im biosynthetischen Transport“, Universität Heidelberg; „Membran-Mikrodomänen und ihre Rolle bei Erkrankungen des Menschen“ (Transregio), Universitäten Regensburg, Dresden und Heidelberg

Ingenieurwissenschaften

„Selbststeuerung logistischer Prozesse – Ein Paradigmenwechsel und seine Grenzen“, Universität Bremen; „Textilverstärkte Verbundkomponenten für funktionsintegrierende Mischbauweisen bei komplexen Leichtbauanwendungen“, Technische Universität Dresden; „Automatische Verifikation und Analyse komplexer Systeme“ (Transregio), Universitäten Oldenburg, Freiburg und Saarbrücken sowie MPI für Informatik in Saarbrücken.

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 ortsbundenen 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 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

Dr. Peter Aufmuth
Zentrum für Gravitationsphysik,
Universität Hannover,
Am Kleinen Felde 30,
30167 Hannover

Prof. Dr. Oliver Betz
Zoologisches Institut,
Universität Tübingen,
Auf der Morgenstelle 28,
72076 Tübingen

Prof. Dr.-Ing. Roger Grundmann
Institut für Luft- und
Raumfahrttechnik,
Technische Universität Dresden,
Mommsenstraße 13,
01069 Dresden

Prof. Dr. Dr. h.c. Jörg Hinrich Hacker
Institut für Molekulare
Infektionsbiologie,
Universität Würzburg,
Röntgenring 11,
97070 Würzburg

Dr. Claus Mückschel
Prof. Dr. Hans Georg Frede
Prof. Dr. Wolfgang Köhler
Prof. Dr. Dr. h. c.
Friedrich Kuhlmann
Prof. Dr. Dr. Annette Otte
Prof. Dr. Volkmar Wolters
Biometrie und Populationsgenetik,
Interdisziplinäres Forschungs-
zentrum, Universität Gießen,
Heinrich-Buff-Ring 26–32,
35392 Gießen

Prof. Dr. Peter Pfälzner
Altorientalisches Seminar,
Universität Tübingen,
Schloss Hohentübingen,
72070 Tübingen

PD Dr. theol. Ralf K. Wüstenberg
Schlosserweg 10,
12351 Berlin

Abbildungen

Wita (Titel, S. 8–12); Privat (S. 2); Querbach (S. 18–20, Rücktitel); Albert-Einstein-Institut (S. 4/5, 6, 7); dpa (S. 15); Grundmann (S. 16/17, 17); Betz (S. 21); Thayer / Field Museum of Natural History (S. 22); Newton-Thayer / Field Museum of Natural History (S. 23); SFB 299 / Universität Gießen (S. 24/25, 27); Steiner / SFB 299 (S. 26)



Sport hält fit. Das gilt auch für die Mitarbeiter der

DFG-Geschäftsstelle. Seit mehr als 25 Jahren bietet ihnen die Betriebs-sportgemeinschaft ein abwechslungsreiches Fitnessprogramm. Ob im Fußball oder im Volleyball, ob bei der Gymnastik oder in der Leichtathletik – der Erfolg der Bemühungen ist un-übersehbar: in einer Vitrine drängen sich die bei Wettkämpfen errungenen Pokale und Urkunden.