

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft

# forschung

Das Magazin der Deutschen Forschungsgemeinschaft



**2/2004** ▶ Zhuangzi und die Pflege des Lebens ▶ Interview mit einer Honigbiene ▶ Das Geräusch, das aus der Farbe kommt ▶ Schlickwatt, Mischwatt, Sandwatt ▶ Mehr Wettbewerb im Interesse der Wissenschaft

**DFG**

**WILEY-VCH**

## Im Querschnitt

### Karrieren in der Wissenschaft

Die Abwanderung deutscher Nachwuchswissenschaftler ins Ausland ist weniger stark ausgeprägt als in der öffentlichen Diskussion oft vermutet. Darauf weist die jetzt veröffentlichte Studie „Wissenschaft und Karriere – Erfahrungen und Werdegänge ehemaliger Stipendiaten der DFG“ hin. Für die Untersuchung wurden mehr als 1400 junge Forscher befragt. **Seite 24**

### Anstöße für Kooperationen

Zur Förderung der internationalen Zusammenarbeit zwischen Geistes- und Sozialwissenschaftlern hat die Deutsche Forschungsgemeinschaft gemeinsam mit französischen und italienischen Partnern ein neues Programm aufgelegt. Es soll dazu dienen, Wissenschaftler im Rahmen von Forschungskonferenzen in der Villa Vigoni zusammenzuführen. **Seite 28**

### Sicherheit für die Ernährung

Das gezielte Verändern von Nahrungsmitteln, beispielsweise durch Zusatzstoffe, birgt Chancen und Risiken. Dies zeigt ein Symposiumsband der DFG-Senatskommission zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln. Die Publikation rückt nicht nur die Sicherheitsaspekte „Funktioneller Lebensmittel“ in den Vordergrund, sondern präsentiert auch Schlussfolgerungen und Empfehlungen für Politik und Öffentlichkeit. **Seite 31**

## Der Kommentar

Ernst-Ludwig Winnacker

**Mehr Wettbewerb im Interesse der Wissenschaft . . . . . S. 2**

## Naturwissenschaften

Jürgen Rullkötter

**Von Schlickwatt, Mischwatt und Sandwatt . . . . . S. 4**

**Das System Erde . . . . . S. 17**

## Geisteswissenschaften

Henrik Jäger

**Zhuangzi und die Pflege des Lebens . . . . . S. 9**

## Ingenieurwissenschaften

Hugo Fastl, Christine Patsouras

**Das Geräusch, das aus der Farbe kommt . . . . . S. 13**

## Biowissenschaften

Volker Herzog, Gregor Kirfel, Anton Schmitz, Ritva Tikkanen

**Ein Protein erscheint in einem neuen Licht . . . . . S. 15**

Harald Eufinger, Stephan Weihe, Michael Wehmöller

**Der Computer und die Operation Schädeldecke . . . . . S. 18**

Jürgen Tautz, Markus Riederer

**Interview mit einer Honigbiene . . . . . S. 20**

## Im Porträt

**Mit den Augen hören und den Händen sprechen . . . . . S. 11**



### Faszination China

Was bedeutet es, wenn das geistige Leben einer Kultur, wie der chinesischen, über Jahrtausende von völlig anderen Grunderfahrungen bestimmt war? (Seite 9)

Titelbild: Dieter Hüsken

## Impressum

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

ISSN 0172-1518

Der Begriff Elite hatte nicht immer Konjunktur. Während noch in den frühen achtziger Jahren nach Aussage des Deutschen Gewerkschaftsbundes „Eliten eine humane Zukunft behindern“, sind sie heute in aller Munde. Ich begrüße dies genauso wie die von der Bundesregierung angestoßene Debatte „Brain up! Deutschland sucht seine Spitzenuniversität“. Warum? Weil endlich dieses für die Zukunft des Wissenschaftssystems in Deutschland so entscheidende Thema den prominenten Platz im politischen und gesellschaftlichen Diskurs erhält, der ihm schon viel früher hätte zukommen müssen. Offensichtlich ist vielen endlich bewusst geworden, dass im internationalen Wettbewerb um Innovationen nur der bestehen kann, der die besten Köpfe gewinnt. Die Institution Universität, obwohl der geborene Träger von Forschung und Lehre, findet sich immer deutlicher als „Verlierer der Nation“, weil finanziell zunehmend geschwächt und strukturell am kurzen Zügel gehalten. „Vor lauter Rahmen“ – und dabei bezog er sich auf das Hochschulrahmengesetz, „vor lauter Rahmen sieht man das Bild nicht mehr“, so hat es der ehemalige Bundespräsident Johannes Rau einmal ausgedrückt. Als Freund der Wissenschaft und ehemaliger Wissenschaftsminister muss er es wissen.

In diesem Zusammenhang ist es nicht gerade ermutigend, wenn in einem Ranking der Jiao Tong-Universität/Shanghai unter den ersten 50 nur eine einzige deutsche Universität auftaucht: die Ludwig Maximilians-Universität München, an 48. Stelle. Ist sie wirklich so viel schlechter als die weit vor ihr positionierte University of Colorado in Boulder? Sicher nicht, genauso wenig, wie die vier anderen deutschen Hochschulen, die sich dann unter den ersten hundert befinden. Es muss dennoch die Frage erlaubt sein, ob die existierenden Forschungsstrukturen an den deutschen Universitäten noch den richtigen Rahmen setzen, um international sichtbare Ergebnisse zu erzielen, die dann auf ein Umfeld schließen lassen, dass internationale Spitzenkräfte anziehen vermag.

2



# Mehr Wettbewerb im Interesse der Wissenschaft

*Wie kann Elite effektiv gefördert werden?  
Exzellenz-Cluster können zur Stärkung  
von Spitzenuniversitäten am Forschungsstandort  
Deutschland beitragen*

Dies hat auch strukturelle Hintergründe, die auf Vorgaben neuer Entwicklungen in der Forschung zurückzuführen sind. Viele ihrer Fragestellungen betreffen heute komplexe Systeme, also Systeme wie das menschliche Genom, das menschliche Gehirn, das dynamische System Erde oder auch die Finanzmärkte. Komplex ist nicht das Gegenteil von einfach. Komplexe Systeme bestehen aus vielen miteinander verflochtenen Einzelteilen, die in der Regel mehr darstellen als die Summe ihrer Teile. Gemeint ist vor allem, dass sie „emergent“ sind, also als Systeme neue Eigenschaften entwickeln, die aus dem Verhalten ihrer Einzelteile heraus nicht voraussehbar sind. Um solche Systeme zu bearbeiten und ihren besonderen Anforderungen gerecht zu werden, bedarf es einer neuen Art der interdisziplinären Zusammenarbeit.

**D**amit tun sich in der Regel die Universitäten schwer. Zum einen hat die Institution Universität die Verpflichtung zur Lehre, die in der Regel immer noch in einem Fächerkanon organisiert ist, zum anderen muss sie Strukturen finden, die der Forschung entgegenkommen, damit diese aus ihren disziplinären Grenzen heraustritt. Am schnellsten ist diese Quadratur des Kreises noch über die Gründung forschungsnaher Studiengänge zu erreichen. Wer organisatorisch noch weiter gehen will, muss nach Strukturen suchen, die einerseits für den einzelnen Hochschullehrer die unverzichtbare Verbindung von Lehre und Forschung aufrechterhalten, andererseits aber die Forschung fächerübergreifend, entweder in Verbänden oder größeren Fakultätseinheiten, zusammenfassen.

Trägt der von der Bundesregierung ausgerufene Wettbewerb um Spitzenuniversitäten nun diesen Umständen Rechnung, und vermag er tatsächlich unsere Universitäten im internationalen Wettbewerb zu stärken?

Ich kann diejenigen gut verstehen, die diesbezüglich Zweifel hegen und äußern. Sie zielen auf den Begriff der Elite, der sich nicht

herbeireden oder gar verordnen lässt, sondern das Ergebnis individuellen und kollektiven Leistungsvermögens darstellt. Sie befürchten, dass ein solcher Wettbewerb nicht mit neuem Geld, sondern allein durch weitere Reduktionen der Beiträge des Bundes zum Hochschulbau und zur Projektförderung finanziert wird. Unter solchen Bedingungen würden dann in einer ansich auf breiter Basis durchaus soliden Hochschullandschaft von diesem Wettbewerb nur die allerwenigsten profitieren. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat daher von Anfang an darauf gedrängt, dass der geplante Wettbewerb auf zusätzlichem Geld baut, und dass er die aus unserer Sicht richtigen, also auf fachlichen und strukturellen Inhalten beruhenden Rahmenbedingungen erhält, die in einem fairen Wettbewerb auf der Grundlage wissenschaftlicher Exzellenz identifizierbar sind. In Übereinstimmung mit den in der Allianz zusammengeschlossenen Wissenschaftsorganisationen wurde daher vorgeschlagen, den Wettbewerb um Graduiertenschulen und Forschungszentren zu erweitern. Es handelt sich dabei um vertraute Instrumente der Nachwuchsförderung beziehungsweise der Netzworkebildung, die sich international für eine Stärkung und eine Profilierung von Universitäten bewährt haben.

In Graduiertenschulen werden Doktorandinnen und Doktoranden mit ihren Professoren fächerübergreifend zusammengeführt, um frühzeitig zur Selbstständigkeit in der Forschung zu erziehen und dabei dem interdisziplinären Charakter moderner Wissenschaft gerecht zu werden. In Forschungszentren kommen Gruppen hoch qualifizierter Wissenschaftler zusammen, um sich auf neue Themen hin auszurichten. Wenn es gelänge, in diese Zentrenbildung Wissenschaftler aus den außeruniversitären Forschungseinrichtungen und der Wirtschaft einzubeziehen, dann

entstünden die gewünschten Exzellenzcluster. Sofern ein solches „Unternehmen“ Erfolg hätte, würde dies den gesamten Forschungsstandort Deutschland, aber vor allem auch die Institution Universität als Ausgangspunkt und weithin sichtbares Zentrum dieser Anstrengungen stärken.

Was hat dies mit dem geplanten Wettbewerb zwischen Spitzenuniversitäten zu tun? Ich könnte es mir gut vorstellen, wenn aufbauend auf diesen beiden Instrumenten einige Universitäten zusätzlich ausgezeichnet würden, die die vorhandenen Instrumente besonders wirkungsvoll nutzen. Nach geeigneten Kriterien und unter Wahrung der

---

### Elite lässt sich nicht herbeireden oder gar verordnen – sie ist das Ergebnis besonderen Leistungsvermögens

---

Prinzipien des fairen Wettbewerbs durchgeführt, könnte es auf diese Weise gelingen, die Konkurrenz der Universitäten untereinander zu beleben sowie das Prestige des

Gesamtsystems im internationalen Umfeld zu erhöhen. Dies allerdings kann nur gelingen, wenn die zusätzlichen Mittel den Universitäten möglichst frei und ungebunden zur Verfügung gestellt werden. Nur dann würde eine solche Auszeichnung die Autonomie der Universitäten stärken – auch und gerade hinsichtlich ihrer Möglichkeiten, Profilbildung zu betreiben und damit wettbewerbsfähiger zu werden.

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft bemüht sich, Vorschlägen Gehör zu verschaffen, die den Ansprüchen der Forschung und denen des Wissenschaftsbetriebs jenseits politischer Debatten gerecht werden. Mehr noch: Sie wird alles daran setzen, mit ihren Standards und Verfahren und zusammen mit anderen Wissenschaftsorganisationen, dem Wettbewerb im Sinne der Wissenschaft zum Erfolg zu verhelfen.



Prof. Dr. Ernst-Ludwig Winnacker  
Präsident der Deutschen  
Forschungsgemeinschaft



Das Watt ist nur auf den ersten Blick lebensfeindlich. Bei der Erforschung dieses Lebensraumes kann eine neue Messstation helfen. Untergebracht in einem Arbeitscontainer sind Messgeräte und Installationen zur direkten Datenübertragung an Land.

# Von Schlickwatt, Mischwatt und Sandwatt

*Ausgedehnte Wattflächen sind das Ergebnis der Gezeiten in verschiedenen Klimazonen der Erde. Am Beispiel der südlichen Nordsee untersuchen Wissenschaftler, wie ökologische Prozesse im bedrohten „Lebensraum Wattenmeer“ ablaufen*



**W**arum gibt es in Ostfriesland Ebbe und Flut? Die Antwort ist einfach: Als die Ostfriesen ans Meer kamen, hat sich das Wasser so erschrocken, dass es sich ganz weit zurückzog. Und nun kommt es jeden Tag zweimal, um zu gucken, ob sie immer noch da sind...“ Dieser etwas angestaubte Witz verweist auf das auffallendste Merkmal des Watts: die Gezeiten. Diesem raschen Wechsel der Umweltbedingungen, zu denen als Folge auch die Änderungen in der direkten Sonneneinstrahlung und im Salzgehalt zählen, könnten voreilig als lebensfeindlich angesehen werden. Tatsächlich jedoch ist die biologische Aktivität gerade im Ökosystem Watt besonders hoch.

Wattsysteme sind ein wichtiger Bestandteil gezeitenbeeinflusster Küsten in unterschiedlichen Klimazonen und mit unterschiedlichen Strömungsbedingungen. Sie gehören zu den produktivsten natürlichen Ökosystemen der Erde und spielen im globalen bio- und geochemischen Haushalt eine wichtige Rolle. Die Watten sind nicht nur Lebensgrundlage zahlreicher Vogelarten, sondern auch Kinderstube für viele Organismen des Meeres. Da während der Flut Sedimente in Küstennähe absinken, bieten die Watten den Küsten einen wichtigen Schutz vor Erosion durch das Meer.

Auf der ganzen Welt konzentriert sich in Küstenzonen schon seit vielen Jahrhunderten ein Großteil menschlicher Aktivität. Es wird angenommen, dass im Jahr 2025 etwa 75 Prozent der Weltbevölkerung (statt heute 50 Prozent) im Küstenbereich angesiedelt sind. Der Bedarf für die Nutzung dieses Raumes wird daher zunehmen. Das betrifft sowohl industriell verwertbare Naturstoffe aus Meeresorganismen und die marine Biotechnologie als auch die Gewinnung erneuerbarer Energie durch küstennahe Windkraftanlagen. Dabei besteht die Gefahr, dass Ressourcen in einer Weise ausgebeutet werden, die Ökosysteme unwiederbringlich zerstört. Deshalb sind Kenntnisse über ökologische Prozesse und die daraus abgeleitete ökologische Gesundheit der Watten für die Küstenbewohner von erheblicher Bedeu-

tung. Die schützenswerten Besonderheiten des Ökosystems Watt haben dazu geführt, dass weite Bereiche zum Nationalpark erklärt wurden und die Nutzung durch Fischerei und Tourismus eingeschränkt ist. Politische Bestrebungen gehen dahin, das Wattenmeer in der südlichen Nordsee zum Weltkulturerbe zu erheben.

Das flache Relief der Nordsee und die ausgeprägten Gezeiten führen zu ausgedehnten Wattflächen entlang der Nordseeküsten. Mit dem so genannten Tidenhub steigt das Wasser zwischen Niedrigwasser und dem Höhepunkt der Flut in der östlichen Nordsee etwa um ein bis drei Meter. Der Lebensraum Wattenmeer umfasst die ober-

riereinseln vor den Küsten Niedersachsens und Nordhollands, während es sich bei den Inseln vor der Küste Schleswig-Holsteins vorwiegend um Überreste ehemaliger Landmassen handelt, die bei Sturmfluten nicht mit untergegangen sind. Geologisch sind die Inseln mit den dahinter liegenden Watten junge Gebilde. Bei der letzten Eiszeit vor etwa 18 000 Jahren lag die Küstenlinie weit draußen in der Nordsee. Erst mit dem Abschmelzen der kontinentalen Eismassen erreichte die Nordsee vor etwa 9 000 Jahren wieder das heutige Küstengebiet und gestaltete durch den steigenden, vorübergehend auch wieder absinkenden Meeresspiegel die Land-Ozean-



halb der mittleren Hochwasserlinie gelegenen Salzwiesen, Dünen und Strände, das bei Niedrigwasser trocken fallende Watt im eigentlichen Sinn, und die ständig vom Wasser bedeckten Priele und Tiefs, die sich wie Kanäle durch die Wattenlandschaft ziehen.

Eines der größten zusammenhängenden Gezeitengebiete der Erde erstreckt sich entlang der Nordseeküste vom dänischen Blåvands Huk an der Nordspitze Jütlands über die Küsten Schleswig-Holsteins und Niedersachsens bis nach Den Helder in den Niederlanden. Besonders prägend sind die vor einigen tausend Jahren durch Sandtransport entstandenen Bar-

Die Oberfläche des sandigen Watts hat eine einprägsame Struktur. Oben: Um neue Daten zu gewinnen, müssen Bohrungen durchgeführt werden. Dabei werden Sedimentkerne von bis zu sechs Metern Länge gewonnen. Mit einem Flachbodenschiff, das sich auf der Wattfläche „trocken fallen“ lassen kann, erreichen die Forscher ihr Studiengebiet und stecken dort das zu untersuchende Areal ab.

Grenze. Erst im Mittelalter begann der Mensch, die Küstenlinie durch den Deichbau festzulegen.

Innerhalb des Wattenmeeres unterscheidet man aufgrund der Sedimentbeschaffenheit zwischen Schlickwatten, Mischwatten und Sandwatten. Sie bieten unter-



schiedliche Lebensräume für die Organismen, die im Wattboden leben.

Durch Wechselwirkungen zwischen den Organismen entstehen komplexe biologische Strukturen. In den einzelnen Regionen des Wattenmeeres dominieren bestimmte Lebensformen, zum Beispiel der Wattwurm mit seinen typischen geringelten Kothaufen, ausgedehnte Rasen des Bäumchenröhrenwurms oder Miesmuschelbänke. Neben den etwa 60 Tierarten mit Größen von wenigen Millimetern bis Zentimetern ist die zwischen den Sandkörnern des Wattbodens lebende noch kleinere Fauna mit mehreren hundert Arten ein wichtiger Bestandteil der biologischen Vielfalt. Das Nahrungsnetz baut im Wesentlichen auf den am Boden und in der Wassersäule lebenden Mikroalgen auf. Neben den umfangreichen „Fraßbeziehungen“ innerhalb der Fauna am Wattboden erstrecken sich die Wechselwirkungen der Organismen untereinander auch auf die höheren Ebenen des Nahrungsnetzes. So nutzen viele Jungfische und Garnelen das reichliche Nahrungsangebot im Watt. Sie bieten wiederum den riesigen Schwärmen von Zugvögeln, die zweimal jährlich das Wattenmeer auf ihrem Flug zwischen arktischen Brutgebieten und tropischen Überwinterungsquartieren aufsuchen, Nahrung.

Die dynamischen Prozesse, die die Watten gebildet und anschließend verändert haben, sind außerordentlich komplex. Eine noch ungeklärte Frage ist die nach dem Sedimenthaushalt. Da mit dem Deichbau die ruhigen Auslaufzonen für das Wasser verloren gingen, wird vermutet, dass die Sedimente im Watt an feinkörnigem Material verarmen. Denn der Schlick wird in der Schwebelage gehalten und kann sich nicht absetzen. Schiffsgestützte Messungen haben dies bisher nicht bestätigen können. Mathematische Modelle zeigen jedoch, dass ab Windstärke acht, wenn die Küstenforschungsschiffe nicht mehr einsetzbar sind, Sedimente aus dem Watt ins Meer verloren gehen.

Auch der Effekt von Eiswintern, in denen Eisschollen auf der Sedimentoberfläche anfrieren und diese

Schicht mit dem Tidenstrom möglicherweise in die offene Nordsee tragen, ist noch nicht hinreichend geklärt. Durch die Errichtung einer Dauermessstation zwischen den Inseln Spiekeroog und Baltrum im August 2002 sind nun Untersuchungen zum Schwebstofftransport in der Wassersäule auch bei extremen Wetterlagen möglich. Längerfristige natürliche Veränderungen im Sedimenthaushalt werden sich auch auf das Ökosystem auswirken, weil sich die Ansiedlungsbedingungen am Meeresboden verändern werden. Für Schutzmaßnahmen ist es wichtig, die Spätfolgen des Deichbaus von den Einflüssen eines langfristigen, klimatisch bedingten Meeresspiegelanstiegs und von den Einwirkungen menschlichen Handelns unterscheiden zu können.

Für die Rolle der Mikroorganismen im Stoffhaushalt der Wassersäule und in Sedimenten beginnt sich der Blick gerade erst zu schärfen. Neben den Filtrierern, wie etwa

In der Nordsee, vor der Südwestspitze Spiekeroogs, wurde eine Dauermessstation errichtet. Auf einem mächtigen 40 Meter langen Rohr, das zu einem Drittel im Watt-Sediment steckt, thront die signalgelbe Arbeitsstation. Sie wird per Boot mit Messgeräten und Zubehör versorgt.

den Muscheln, sind Mikroorganismen das Klärwerk des Watts, das die Überreste des abgestorbenen Planktons und anderer Lebewesen wieder abbaut und die Produkte in den Nährstoffkreislauf zurückführt. Die Bakterien erledigen diese Arbeit vorwiegend in der Wassersäule und den obersten, oft nur wenige Millimeter mächtigen Sedimentschichten, die noch Sauerstoff enthalten. Sie sorgen dafür, dass sich die darunter liegende sauerstofffreie Zone nicht bis an die Oberfläche ausdehnt, das Watt „umkippt“ und die so genannten „schwarzen Flecken“ an der Oberfläche entstehen. Während diese schwarzen Flecken in kleinem Maßstab unproblematisch sind, führte eine Verkettung von natürlichen Umständen nach dem Eiswinter 1995/96 dazu, dass sich ausgedehnte schwarze Flächen bildeten und Muscheln und Würmer wegen des Sauerstoffmangels in großer Zahl starben. Aber auch von diesem Ereignis erholte sich das Watt durch seine immensen Selbstheilungskräfte bereits im darauf folgenden Sommer.

Noch völlig unklar ist die Rolle der Bakterien, die in der sauerstofffreien Zone der Sedimente unterhalb der Oberflächenschicht leben. Es handelt sich vielfach um noch

unbekannte, schwer kultivierbare Organismen mit nicht erforschten physiologischen Eigenschaften. Es ist nicht klar, ob sie sich von den schwer abbaubaren Resten des organischen Materials ernähren, das die Bakterien in der Oberflächenschicht übrig lassen, oder ob sie durch das Porenwasser der Sedimente mit leichter verwertbaren Nährstoffen versorgt werden. Möglicherweise handelt es sich um Verwandte von Bakterien, die bis in mehr als tausend Metern Sedimenttiefe unter dem Boden der Ozeane unter ähnlich unwirtlichen Bedingungen leben.

Die Vielfalt der Erscheinungsformen der Wattssysteme erschwert das Erkennen von Grundprinzipien, nach denen die Wattflächen auf äußere Veränderung reagieren: zum Beispiel das Wetter im Jahresverlauf, Änderungen im Stand des Meeresspiegels oder auch Sauerstoffmangel. Um ein neues Verständnis für die in einem Wattsystem ablaufenden Prozesse zu gewinnen, soll eine Bilanz für den Stoffhaushalt am Beispiel des Rückseitenwatts der ostfriesischen Nordseeinsel Spiekeroog erstellt werden. Untersucht werden dabei die Wasserströmungen und die Beschaffenheit, die Hydrodynamik und Morphologie des Watts sowie die biogeochemischen Prozesse an Partikeln in der Wassersäule, an der Sediment-Wasser-Grenze und in den Wattedimenten mit einer Vielzahl moderner Analysemethoden.

Parallel dazu werden mathematische Modelle für zahlreiche Teilprozesse im Wattsystem entwickelt. Sie bilden die Basis für ein integratives mathematisches Modell, mit dem das Watt in seiner Gesamtheit beschrieben und in seiner Entwicklung verfolgt werden kann. Es soll nach einer entsprechenden Verallgemeinerung auch auf Wattssysteme in anderen Erdteilen anwendbar sein.

*Prof. Dr. Jürgen Rullkötter  
Universität Oldenburg*

Die Untersuchungen werden von der DFG im Rahmen der Forschergruppe „BioGeoChemie des Watts“ gefördert. Weitere Informationen: [www.icbm.de/watt](http://www.icbm.de/watt).



# Zhuangzi und die Pflege des Lebens

*Ein philosophisches und literarisches Meisterwerk des Taoismus gibt Auskunft über das Denken im alten China – „Das wahre Buch vom südlichen Blütenland“*

Sobald wir beginnen, die prägenden Texte einer anderen, nicht-europäischen Kultur zu lesen, stellen sich Fragen, die zu meist noch gar nicht exakt formuliert, geschweige denn beantwortet werden können: Was bedeutet es, wenn die Sprache in einer abstrakten Bilderschrift geschrieben wird, deren Zeichen oft mehrere Bedeutungen haben? Was bedeutet es, wenn das geistige Leben einer Kultur, wie der chinesischen, über Jahrtausende hinweg von völlig anderen Grunderfahrungen bestimmt war? So findet man schon in den frühesten Schriften, dass die Erfahrung des Wandels und der Vergänglichkeit das chinesische Denken bestimmt hat. Man geht im daoistischen (taoistischen) Denken davon aus, dass sich in der Wandlung eine „himmlische Ordnung“ zeigt, die mit dem Wort *dao*, das „Methode“, „Weg“ oder „Lauf der Dinge“ bedeutet, bezeichnet wird.

Besonders deutlich wird der sprachlich-kulturelle Unterschied bei dem umfangreichsten und vielschichtigsten Grundwerk des Daoismus: das „Wahre Buch vom südlichen Blütenland“ des Zhuangzi aus dem 4./3. Jahrhundert vor Christus (lies: Dschuang-dse).

In diesem nach seinem Autor auch einfach *Zhuangzi* benannten Werk finden wir im zweiten Kapitel mit dem Titel „Über das Ausgleichen von Dingen und Theorien“ (*Qiwulun*) eine radikal-skeptische Position zum Thema Sprache und Wirklichkeit. Demnach kann die Wirklichkeit nur situationsbezogen gedacht und beschrieben werden. Jeder Versuch, eine Sicht der ge-

samten Wirklichkeit zur einzig wahren zu erklären, führt zur Entfremdung des Menschen und zum Verlust seiner Natürlichkeit. Hieraus folgt für Zhuangzi, dass es immer mehrere Perspektiven gibt, die abhängig von Zeitpunkt und Standort sind. Aus diesem Grund finden wir in seinem Werk vielfältige Formen eines perspektivischen Denkens – ein Wort, ein Satz oder ein Gleichnis können oft in verschiedener Weise richtig interpretiert werden. Grund dafür ist, dass Zhuangzi die Bedeutungsvielfalt einzelner Worte mit einbezieht und stilistisch fruchtbar macht, so wie in der Lyrik kann er in höchster Verdichtung mehrere Sinnebenen



schaffen, die sich gegenseitig erhelten.

Oft verwendet Zhuangzi auch die Metapher des Traums, um die verwirrende Beziehung von Sprache und Wirklichkeit darzustellen: „Konfuzius und du, ihr seid Träumende; und dass ich dich einen Traum nenne, ist auch ein Traum. Worte wie diese mag man groteske und absurde Worte nennen“ (*Zhuangzi II*).

Wenn die Situation selbst als geträumt gilt, dann kann sich die Aussage der Redenden nur in begrenzter Weise auf Wirkliches beziehen. Wichtig ist, diese Begrenzung wahrzunehmen und sich nicht mit Überheblichkeit der Wirklichkeit zu bemächtigen. Zentrales Anliegen des Zhuangzi ist es, gewohnte Denk- und Sprachgewohnheiten aufzubrechen und den Leser anzuregen, das eigene Denken („die Theorie“) in unmittelbaren Kontakt zur Erfahrung („den Dingen“) zu bringen. Besonders anschaulich wird dieses Thema im Gleichnis vom Schmetterlingstraum, das in Ostasien allen Gebildeten vertraut ist:

„Einst träumte Zhuang Zhou (das ist Zhuangzi), ein Schmetterling zu sein, quicklebendig, der beschwingt umherflatterte und freudig seinen Regungen folgte. Dabei wusste er nicht, dass er Zhuang Zhou war. Plötzlich wurde er wach; da war er Zhuang Zhou – ganz eindeutig nur dieser. Nun weiß man nicht, ob es Zhuang Zhou war, der geträumt hat, er sei ein Schmetterling, oder ob es ein Schmetterling war, der geträumt hat, er sei Zhuang. Es gibt aber gewiss zwischen Zhuang Zhou und einem Schmetterling einen Unterschied. Dies ist damit gemeint, wenn gesagt wird: ‚Die Wesen unterliegen dem Wandel‘“.

Grundthemen wie Traum und Wirklichkeit, Identität und ihre Grenze (Unterschiedenheit), Wan-

Was bedeutet es, wenn das geistige Leben einer Kultur, wie der chinesischen, über Jahrtausende von völlig anderen Grunderfahrungen bestimmt war?



Unter den Dächern einer uns fremden Kultur. Chinesisches Denken wird bestimmt von den Erfahrungen des Wandels und der Vergänglichkeit.

del und Erkenntnis (Wissen) desselben sind in diesen wenigen Sätzen zu einem komplexen Gleichnis verflochten. Wenn man nicht mehr so genau sagen kann, wer der Schmetterling ist und wer Zhuangzi, wenn sich die hinter den Bezeichnungen verborgene Wirklichkeit unmerklich wandelt, dann vermögen auch die Bezeichnungen nicht mehr, diese Wirklichkeit zu beschreiben: Der Leser kann sich nicht mehr darauf ausruhen, dass er weiß, wer wer ist; je länger er den Text liest, desto mehr kann für ihn auch fraglich werden, wer er selbst ist. Es geht also nicht um eine „Wahrheit (des Seins)“, die erkannt und diskutiert werden soll, sondern um eine immer neu zu erringende „Wahrhaftigkeit“ (*cheng* – ein Grundbegriff der konfuzianischen Philosophie), die Ausdruck der Übereinstimmung mit dem Wandel ist.

Mit dem Drang zum Beweisen beginnt, so Zhuangzi, der endlose Redestreit der Philosophen, die mit den Kategorien „Richtig“ und „Falsch“ der Wirklichkeit näher zu kommen versuchen. Da diese Wirklichkeit jedoch nicht eindeutig ist und da sie sich in unserer Wahrnehmung beständig verändert, muss sich auch unser Denken und Sprechen wandeln. Dies bedeutet jedoch nicht, dass Zhuangzi den Wert von Wissen und Erkenntnis grundsätzlich gering schätzt, was ihm zu

Unrecht oft vorgeworfen wurde. Es bedeutet allein, dass das Wissen nur dann hilfreich ist, wenn man gelernt hat, dieses der Situation angemessen anzuwenden.

Im Kapitel „Über das Ausgleichen von Dingen und Theorien“ wird eine Sprache gefordert, die sich dem Wandel anpasst, die geschmeidig und resonanzfähig wird, deren Begriffe nicht fest zementiert werden, sondern situativ je Neues ausdrücken können. Die Erfahrung des Wandels ist im *Zhuangzi* bis in den Stil hinein gestaltet – hierdurch kommt es zu jener Einheit von Stil und Inhalt, durch die dieses Buch zu einem philosophischen und literarischen Meisterwerk wurde.

Auf das eher theoretische zweite Kapitel folgt ein Kapitel mit dem Titel „Grundprinzipien der Pflege des Lebens“. Dort finden wir die Geschichte vom Koch Ding, in der die praktische Umsetzung daoistischen Denkens gezeigt wird. Zhuangzi beschreibt, wie der Koch das Zerteilen von Ochsen im Laufe der Jahre so weit vervollkommen hat, dass die Klinge seines Messers „so scharf ist, als ob sie gerade frisch vom Schleifstein käme“. Auf die Frage seines Fürsten, wie er es zu solch einer Vollkommenheit gebracht habe, gibt der Koch folgende Auskunft:

„Euer Diener liebt das *dao*. Aus dieser Erfahrung heraus bin ich in der Kunst des Zerlegens gereift... Ich arbeite nicht mehr mit den Sinnesorganen, sondern lasse den Geist wirken, wie er will. Mein Messer verlässt sich auf die ‚himmlische Ordnung‘, es schlüpft in die Spalten und lässt sich von den Öffnungen

führen, hierdurch folgt es dem eigentlichen Gefüge des Ochsen. Auf diese Weise bin ich dahin gekommen, dass mein Messer niemals ein Band oder eine Sehne berührt, geschweige denn einen großen Knochen“ (*Zhuangzi* III).

Diese Geschichte ist ein Gleichnis für den Umgang mit dem Leben: Wenn man sich in das Leben einfügt und schwierige Situationen schnell und effektiv „mit dem Geist“ lösen lernt, dann wird dieser nicht ermüdet durch unnötiges Grübeln, er bleibt „scharf, als ob er gerade frisch vom Schleifstein käme“. Hier wird die praktische Dimension daoistischen Denkens deutlich: Spontan und intuitiv das Angemessene zu tun, bedarf einer jahrelangen Einübung. Diesen Aspekt beschreibt Zhuangzi vornehmlich mit Gleichnissen über Handwerker oder Künstler, die in ihrer Kunst gleichzeitig die Lebenskunst („Die Pflege des Lebens“) praktizieren.

Das „Wahre Buch vom südlichen Blütenland“ ist ein Werk, in dem Kosmologie, Sprachphilosophie, Ethik und Lebensphilosophie eine auch in der chinesischen Philosophie einzigartige und eigenwillige Mischung eingehen. Um dieses Werk zu verstehen und zu deuten, sind neue methodische Zugänge erforderlich. Bei dieser Arbeit können sich nicht nur weiterführende Ansätze zum Verständnis anderer Werke der chinesischen Philosophie entwickeln, es werden auch ungeahnte Sichtweisen auf Grundthemen der abendländischen Kultur eröffnet, zum Beispiel auf die Frage nach Sein und Zeit oder nach Körper und Geist.

Auf diesem Wege kann mit dieser Arbeit ein Beitrag zum interkulturellen Dialog geleistet werden, für den auf ostasiatischer Seite schon viele Gesprächspartner bereitstehen.

Dr. Henrik Jäger  
Universität Trier

Das Projekt „Kommentargeschichte des *Qiwulun*“ wurde durch die DFG im Normalverfahren gefördert. Eine allgemein verständliche Einführung in die *Zhuangzi*-Lektüre bietet das Buch des Autors: „Mit den passenden Schuhen vergisst man die Füße“ (Herder-Spektrum, 2003).

**W**enn Dr. Ulrike Zeshan ihre Zeige- und Mittelfinger mehrfach krümmt und gleichzeitig ihre Hände nach unten bewegt, macht sie nicht etwa Fingergymnastik, sondern verständigt sich in der Sprache der Hände: der Gebärdensprache. Die Gebärde für den Begriff „Forschung“ macht das Tiefschürfende dieser Tätigkeit anschaulich. Doch wenn sich die junge Sprachwissenschaftlerin mit ihrem Spitznamen „Europäerin mit indischen Kleidern“ vorstellt, wird die Sache schwierig. Einprägsam ist nur die Gebärde für ihre Nationalität: Mit ihrer auf dem Kopf liegenden Faust, den Zeigefinger hoch gestreckt, signalisiert die 34-Jährige, dass sie aus Deutschland stammt. In der deutschen Gebärdensprache symbolisiert der in die Luft weisende Zeigefinger die preußische Pickelhaube. „Aber in der indischen oder chinesischen sieht das Zeichen ganz anders aus“, sagt die hörende Linguistin (rechts im Bild) schwungvoll, ein verschmitztes Lächeln im Gesicht, und fügt gleich hinzu: „Weltweit werden schließlich mehrere hundert Gebärdensprachen gesprochen, die genaue Zahl ist noch unbekannt; es gibt auch regionale und lokale Dialekte.“

Gebärdensprachen treiben die Emmy Noether-Stipendiatin der DFG um, die im Oktober 2003 aus Australien nach Europa zurückgekehrt ist. Am Max-Planck-Institut für Psycholinguistik im niederländischen Nimwegen widmet sie sich nun ihrem Projekt „Gebärdensprachtypologie – Sprachvergleichende Studien an Gebärdensprachen“. Dabei will sie herausfinden, wie sich Gebärdensprachen ähneln und worin sie sich unterscheiden. Und: „Welche Erkenntnisse lassen sich daraus für die menschliche Sprache überhaupt gewinnen“, fragt Zeshan nachdenklich.

In der zweiten Phase ihres Emmy Noether-Stipendiums hat sie in Nimwegen eine eigene Arbeitsgruppe aufgebaut. „Gehörlose Mitarbeiter zu gewinnen, war mir dabei besonders wichtig, schließlich sind sie die Experten in eigener Sache“. Ihre derzeit sechs Mitarbeiter aus der Türkei, Südkorea, China, Usbekistan und den Niederlanden bringen nicht nur die Kompetenz in ihrer je eigenen Gebärdensprache mit, sondern haben bereits in ihrem Heimatland „Sprachmaterial“ gesammelt und auf Video festgehalten. Hinzu kom-

Ausrichtung hatte sie zuvor studiert: Allgemeine Sprachwissenschaft, Orientalistik und Anglistik an der Universität zu Köln, an der University of Jordan in Amman und an der State University of New York at Stony Brook. Danach forschte sie an den australischen Universitäten Canberra und Melbourne.

„Gebärden werden fälschlicherweise mit Gesten gleich gesetzt, die unsere Lautsprache begleiten“, sagt Zeshan. So steht Gebärdensprache im Verdacht, kein vollständiges sprachliches System zu haben. „Das

ist aber absoluter Unsinn“, stellt sie klar, „schließlich hat jede Gebärdensprache eine eigene Syntax und Grammatik“. Dennoch gestatten viele Länder es nicht, dass gehörlose Kinder in der ihnen gemäßen visuellen Sprache unterrichtet werden. Auch in der Bundesrepublik ist die Gebärdensprache erst seit 2002 offiziell anerkannt.

„Das größte Problem für gehörlose Menschen besteht in ihrer Ausbildung“, unterstreicht Zeshan. Deshalb gehört es auch zu den ideellen Zielen ihrer wissenschaftlichen Arbeit, die Gehörlosengemeinschaften, insbesondere in Entwicklungsländern,

zu stärken. Ehrenamtlich unterstützt sie deshalb das indische Sozialministerium in Mumbai bei der Entwicklung von Unterrichtsmaterialien für Gehörlosenschulen oder bei der Ausbildung von Gebärdensprachlehrern. Was nicht nur ihre Mitarbeiter von ihrem wissenschaftlichen Pioniergeist und ihrem persönlichen Engagement halten, ist unübersehbar: Sie strecken beide Daumen hoch in die Luft. Einige sprachliche Zeichen sind eben universell verständlich.

*Rembert Unterstell*

In unregelmäßigen Abständen porträtieren wir in dieser Rubrik herausragende Nachwuchswissenschaftler.

## Mit den Augen hören und den Händen sprechen

*Die Sprachwissenschaftlerin Ulrike Zeshan*



men aufwändige Feldforschungen, die Zeshan in Pakistan und Indien, im Libanon und in der Türkei durchgeführt hat. Die Studien, bestehend aus Videoaufzeichnungen, sprachwissenschaftlichen „Transkriptionen“ sowie grammatischen Informationen, werden in einer Datenbank zusammengestellt. Auf diesem Wege sollen vierzig Gebärdensprachen dokumentiert und erstmals vergleichend analysiert werden.

Schneisen in den Wald der Gehörlosensprachen schlug die in Erlangen geborene Linguistin bereits in ihrer Kölner Dissertation „Gebärdensprachen des indischen Subkontinents“. Und ebenfalls mit internationaler



# Das Geräusch, das aus der Farbe kommt

*Visuelle und akustische Eindrücke werden in der subjektiven Wahrnehmung des Menschen miteinander verbunden. Geräusche und Bilder – ihr neuartiges Zusammenspiel legt die Grundlage für eine Optimierung von Produkten*

An der subjektiven Bewertung von Produkten sind üblicherweise alle Sinne beteiligt. Beispielsweise wird ein Kaufinteressent ein ins Auge gefasstes neues Auto mit nahezu allen Sinnen wie Sehen, Hören, Riechen und Fühlen beurteilen. Das optische Design spielt dabei eine ganz wesentliche Rolle, aber auch das satte Geräusch, mit dem die Tür ins Schloss fällt, signalisiert dem potenziellen Käufer Qualität. Unsere Nase erkennt an dem typischen Geruch, dass es sich um ein neues Auto handelt, und wir wissen sofort, ob sich das Lenkrad adäquat anfühlt. Die Forschung zur Psychophysik einzelner Sinnesmodalitäten ist bereits weit fortgeschritten, und es existieren Modelle, mit denen sich sehr genau vorhersagen lässt, wie eine Gruppe von Personen beispielsweise die Geräusch-Qualität eines Autos beurteilen wird.

Wesentlich weniger erforscht sind jedoch so genannte multimodale Interaktionen. So kann zum Beispiel die wahrgenommene Laut-

stärke nicht nur durch das Gehörte, sondern auch durch zusätzlich wahrgenommene visuelle Eindrücke beeinflusst werden. In diesem Beitrag sollen für solche audio-visuellen Interaktionen Beispiele aufgezeigt werden: In einer ersten Versuchsreihe wurde der Einfluss der Farbgebung auf die wahrgenommene Lautstärke einer Zugvorbeifahrt untersucht. Die Vorbeifahrt eines ICE wurde auf ein digitales Magnetband aufgezeichnet und Versuchspersonen über Kopfhörer vorgespielt. Nach jeder Darbietung sollte die Versuchsperson ein Urteil über die Lautstärke der Zugvorbeifahrt abgeben. Zusätzlich zur akustischen Darbietung konnte die Versuchsperson auf einer 3 x 3 Meter großen Leinwand die Abbildung eines ICE sehen. Dabei wurde zum einen der ICE in Originalfarbe, das heißt weiß mit einem roten Streifen, präsentiert. Zum anderen wurde der ICE mithilfe des Computerprogramms Paintbrush hellrot, hellblau und hellgrün eingefärbt. Obwohl die Testpersonen das Zugeräusch

in immer gleicher Lautstärke hörten, erschien ihnen offenbar der rote Zug im Vergleich zum hellgrünen Zug lauter. Hier ergibt sich also eine wissenschaftlich nachgewiesene audio-visuelle Interaktion, von der die Praktiker längst Gebrauch machen: Sportwagen, deren kraftstrotzende Leistung man ja auch hören soll, werden sehr häufig in hellroter Farbe ausgeführt. Im Gegensatz dazu ist ein hellgrüner Sportwagen serienmäßig nicht zu haben. Die Verstärkung der Lautstärke durch eine passende Farbe wird also in der Praxis bereits eingesetzt, obwohl – wissenschaftlich be-

Ob beim Auto oder beim Zug – eine rote Farbgebung kann offenbar die wahrgenommene Lautstärke eines Fahrzeugs verstärken. Dies versichern auch Testpersonen, denen auf einer Leinwand verschiedenfarbige ICE-Züge gezeigt und die gleichzeitig über Kopfhörer mit Geräuschen in konstanter Lautstärke konfrontiert werden. Das erstaunliche Ergebnis: Im subjektiven Vergleich erscheint der rote Zug lauter.





Dem Wechselspiel zwischen visuellen und akustischen Eindrücken auf der Spur: Das Bild eines sommerlichen und das eines winterlichen Baumes wird Versuchspersonen mit einer „unnatürlichen“ Geräuschkulisse präsentiert.



trachtet – die psychophysikalischen und neurophysiologischen Hintergründe dieser audio-visuellen Interaktionen bisher nur wenig erforscht sind.

Während in der ersten Versuchsreihe Geräusch und Bild „zusammenpassten“, wurde in einer weiteren Versuchsreihe der Einfluss „schallfremder“ Bilder auf das Lautstärkeurteil untersucht. Den Versuchspersonen wurden wieder über Kopfhörer Geräusche von vorbeifahrenden Zügen vorgespielt. Zusätzlich zu diesen akustischen Reizen wurden ihnen schallfremde Standbilder wie zum Beispiel ein Baum im Sommer oder Winter gezeigt.

Obwohl die Personen physikalisch identische Schalle zu hören bekamen, hatten sie den Eindruck, dass die wahrgenommene Lautstärke der Zugvorbeifahrt bei der Betrachtung eines schallfremden Standbildes geringer ist. Diese Wahrnehmung ist bei Darbietung eines Baumes in einer Winterlandschaft größer als bei Darbietung

mes. Möglicherweise ruft der Anblick einer Winterlandschaft die Erinnerung der Versuchspersonen hervor, dass im Winter Schalle durch Schnee „verschluckt“ werden können. Diese Vermischung von Bild- und Toninformationen im Gehirn könnte Ursache für das als leiser empfundene Winterszenario sein.

Während bei den bisherigen Untersuchungen immer Standbilder verwendet wurden, sollte das nächste Experiment Aufschluss darüber geben, ob Videobilder noch größere audio-visuelle Interaktionen auslösen können. Wieder wurde den Versuchspersonen über Kopfhörer der vorbeifahrende Zug eingespielt, wobei den Probanden nun zusätzlich Bilder über eine Videobrille gezeigt wurden: zunächst das Standbild eines Güterzuges und im Anschluss ein Video desselben.

Wie erwartet, reduziert das Standbild des Güterzuges bereits die wahrgenommene Lautstärke. Wird jedoch der Versuchsperson zusätzlich zum Vorbeifahrtgeräusch eines Güterzuges das zugehörige Video gezeigt, so reduziert sich die wahrgenommene Lautstärke nochmals deutlich. Offensichtlich sind audio-visuelle Interaktionen bei Bewegtbildern stärker ausgeprägt als bei Standbildern.

In den bisherigen Experimenten befanden sich die Versuchspersonen immer in der Position des ru-

henden Beobachters. Um im weiteren Verlauf der Experimente die Versuchspersonen jedoch noch stärker in die Geräusch- und Bildkulisse einzubinden, wurden in der folgenden Versuchsreihe die Probanden in einen dynamischen Beobachtungspunkt versetzt, indem Audio- und Videoaufnahmen in einem fahrenden Personenkraftwagen bei unterschiedlichen Situationen (Ampelstopp, 30 Stundenkilometer, 50 Stundenkilometer, Landstraße, Autobahn, Tunnel) gemacht wurden. Wieder wurden die akustischen Stimuli konstant gehalten und die visuellen Stimuli in einer ersten Versuchsreihe über die Videobrille in einer Hörkabine präsentiert. In einer weiteren Versuchsreihe wurde das Experiment in einem Fahrsimulator mit Projektion der Videosequenz über Beamer durchgeführt, wobei die Versuchsperson die Situation aus der Sicht des Fahrers erlebte.

Auch in dieser Versuchsreihe ist der Einfluss der bildlichen Darstellung auf die akustische Wahrnehmung offensichtlich. So schätzten die Versuchspersonen die Geräusche einer virtuell vorgetäuschten Autofahrt deutlich leiser ein als in einer statischen Beobachterrolle. Noch deutlicher sind die Ergebnisse im Fahrsimulator. Hier sind die Geräusche in der Wahrnehmung der Probanden um bis zu 50 Prozent leiser als in Situationen mit gleicher akustischer Belastung, aber eher realitätsfernen Szenarien.

Insgesamt zeigen die Untersuchungen eindrucksvoll, wie das Verhältnis von Geräuschen und Bildern die Wahrnehmung der Menschen beeinflusst. Auch wenn erste Erfahrungen mit diesem Phänomen bereits Eingang in die Optimierung von Produkten gefunden haben, steht die wissenschaftliche Durchdringung der zu Grunde liegenden psychophysikalischen und neurophysiologischen Mechanismen jedoch erst am Anfang.

*Prof. Dr.-Ing. Hugo Fastl  
Dr.-Ing. Christine Patsouras  
Technische Universität München*

Das Projekt wurde im Normalverfahren der DFG gefördert.

# Ein Protein erscheint in einem neuen Licht

*Für die Alzheimersche Krankheit könnte auch das Protein sAPP mitverantwortlich sein. Welche Aufgaben dieses Protein im menschlichen Organismus übernimmt, ist deshalb nicht nur für den Grundlagenforscher aufschlussreich*

Die Alzheimersche Krankheit stellt wohl die bekannteste Erkrankung des Nervensystems dar. Wissenschaftler vermuten, dass sie durch Ablagerungen („senile plaques“) eines kurzkettigen Eiweißstoffes, des so genannten  $\beta$ A4-Amyloidpeptids, in den Gehirnen der betroffenen Patienten verursacht wird. Weniger weit verbreitet ist die Kenntnis, dass das  $\beta$ A4-Peptid durch Spaltung eines größeren Vorläuferproteins der Zelloberfläche, des  $\beta$ -Amyloid Precursor-Poteins (APP), entsteht. Beide Stoffe kommen in Nervenzellen und in fast allen anderen Geweben des menschlichen Körpers vor.

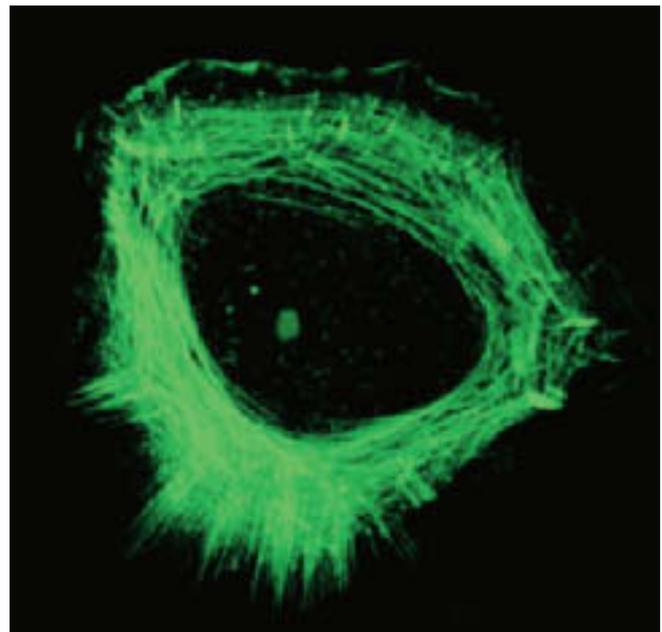
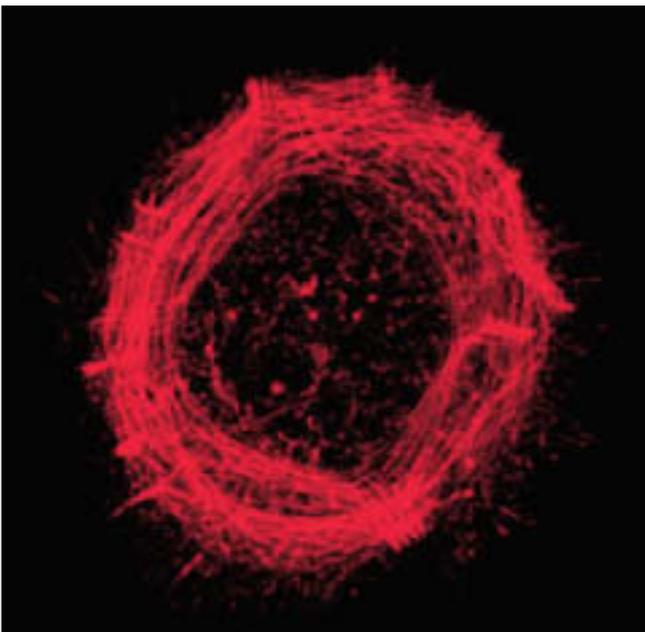
Es liegt nahe, dass der Körper selbst keine Proteine produziert, um Erkrankungen des Nervensystems

hervorzurufen. Was ist also die normale physiologische Funktion des APP? APP gehört einer ganzen Familie von ähnlichen Proteinen an, die sich von APP durch das Fehlen eines bestimmten Abschnittes unterscheiden. Einige Mitglieder dieser Proteinfamilie können einander teilweise in ihren Funktionen ersetzen. Offenbar sind die Mitglie-

Wachstumsfaktor sAPP: Das Protein kann das Wandern von Zellen in der Haut beschleunigen. Die wandernde Zelle (rechts) unterscheidet sich deutlich von einer ruhenden (links) durch die Aktivität ihrer beweglichen füßchenförmigen Ausläufer. Die Zelle streckt ihre „Füße“ aus.

der dieser Proteinfamilie für den Organismus von so großer Bedeutung, dass sie mehrere „Aufgaben“ erfüllen können. Durch Eingriffe in das Erbgut lassen sich Mäuse züchten, die keine Proteine der APP-Familie produzieren können. Diese Tiere sterben wenige Tage nach der Geburt, was auf die lebenswichtige Bedeutung der Proteine für den Organismus hinweist.

Aus der enzymatischen Spaltung von APP entsteht zu einem geringeren Anteil das  $\beta$ A4-Peptid und zu einem größeren Anteil sAPP, die lösliche Form von APP. Es scheint, dass sAPP für das Wachstum von Zellen mitverantwortlich ist. In verschiedenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sAPP das Wachstum von Schilddrüsenzellen



fördert und damit möglicherweise für die Kropfbildung verantwortlich ist. Forscher entdeckten, dass es in großen Mengen in der menschlichen Oberhaut (Epidermis) gebildet wird. Neue Forschungen an der Universität Bonn sind deshalb der Frage nachgegangen, welche Rolle das APP bei der Wundheilung spielt.

Die Epidermis besteht aus mehreren Schichten von Hautzellen (Keratinocyten), die alle eine unterschiedliche Funktion erfüllen. Ihre äußerste Schicht wirkt wie eine Wasserbarriere, die den Körper vor dem Austrocknen schützt. Die darunter liegenden Schichten dienen der Zell-Zell-Interaktion und damit der mechanischen Festigkeit. Störungen dieser Festigkeit können mit schwerwiegenden blasenbildenden Hauterkrankungen einhergehen. Andere Funktionen sind die Kommunikation zwischen gleichartigen Zellen oder die Wechselwirkung mit anderen Zelltypen, zum Beispiel mit so genannten Melanocyten, die das Pigment Melanin erzeugen und damit die Bräunung und den Hautschutz gegen UV-Strahlen bewirken. Andere Zellen, die ebenfalls in der Epidermis vorkommen, sind die Langerhans-Zellen, die für die Immunabwehr der Haut verantwortlich sind.

Die unterste Schicht der Oberhaut, die Basalzellschicht, enthält Stammzellen, die durch Zellteilung den ständigen Verlust der äußeren Epidermisschichten – das sind täglich etwa ein bis zwei Gramm – ausgleichen. Hautzellen durchlaufen während ihres Lebens die verschiedenen Schichten, von ihrer Entstehung in der Basalzellschicht bis zu

ihrem Tod, der zur Bildung der Hornschicht führt. Die Neubildung von Keratinocyten und der Zelltod müssen daher präzise aufeinander abgestimmt sein. Dies erfordert eine komplexe Steuerung von Zellvermehrung und Ausprägung spezieller Zellfunktionen über mehrere Zellschichten hinweg. Störungen dieses Mechanismus führen zu krankhaften Veränderungen des

Gewebes. So geht zum Beispiel die „Schuppenflechte“ auf eine übermäßige Vermehrung der Keratinocyten zurück. Innerhalb der Epidermis lässt sich APP fast aus-

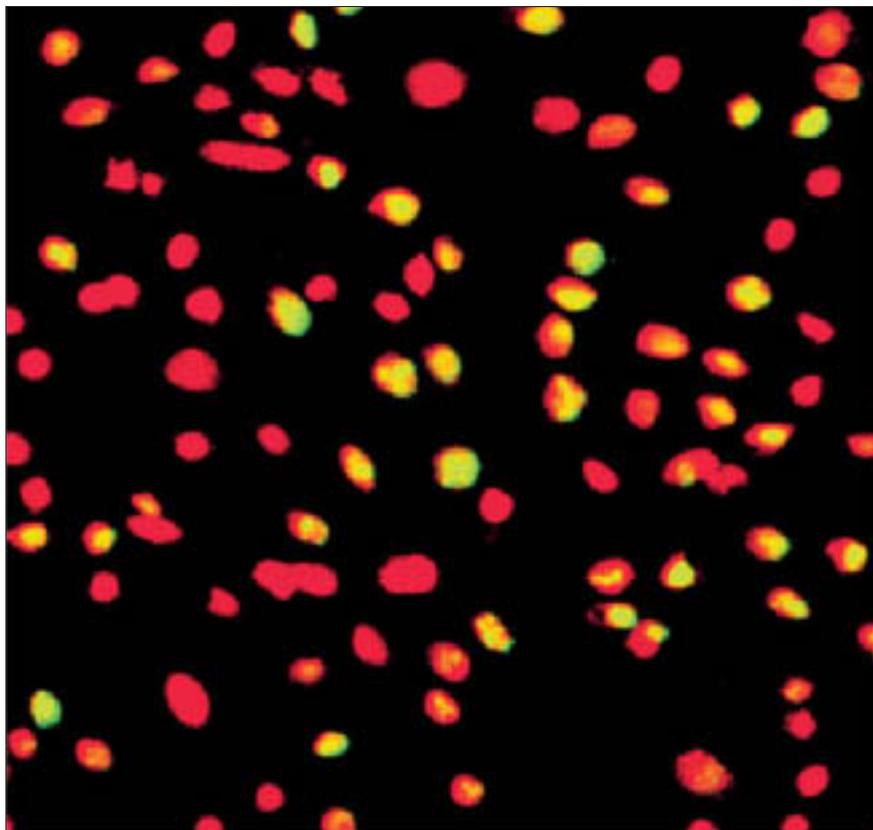
schließlich in der Basalzellschicht nachweisen. Die Vermutung liegt nahe, dass APP und sAPP mit ihrer möglichen Wachstumsfunktion an diesen Regulationsprozessen beteiligt sind. Die Notwendigkeit von solchen Steuerungsprozessen zeigt sich im Besonderen bei der Wundheilung.

Sie basiert auf der Wanderung und Vermehrung von Keratinocyten, die durch eine Vielfalt von Signalen gesteuert werden. Es zeigte sich, dass sAPP als Signal wirkt, das die Zellproduktion in hohem Maße steigert. Bevor jedoch ein Hautdefekt durch Zellvermehrung ausgeglichen wird, wandern Hautzellen aus dem unverletzten Bereich zur Wunde und decken sie ab. Keratinocyten können tatsächlich jederzeit zur Fortbewegung veranlasst werden. Durch Zellteilung allein könnte unser Organismus Wunden der Haut auch nicht so schnell schließen, wie wir es gewöhnt sind.

An der Universität Bonn wurde eine neue computergestützte Technik entwickelt, die Details der Wanderung der Keratinocyten quantitativ erfassen kann. Mit dieser Technik ließ sich belegen, dass sAPP die Wanderungsgeschwindigkeit von Keratinocyten verdoppeln kann. Wandernde Keratinocyten unterscheiden sich von ruhenden unter anderem durch die Aktivität von beweglichen fußchenförmigen Ausläufern der Zelle. Das Verfahren bietet die Möglichkeit, die Dynamik

### Ein computergestütztes Verfahren hilft, die Dynamik der Zellwanderung in neuer Weise zu analysieren

Neue Zellen werden bei der Heilung einer Wunde benötigt. Bei Verletzungen der Haut wirkt das Protein sAPP wie ein Signal, das die Teilung der Zellen anregen und verbessern kann. Die gelb eingefärbten Zellen sind zur Teilung fähig.



dieser Zellausläufer und ihrer Beschleunigung durch sAPP zu analysieren.

Wenn sAPP die Zellvermehrung und -wanderung steigert, liegt es nahe, dass es auch den Wundheilungsprozess beschleunigt. Für das Abheilen einer Wunde ist es wichtig, dass die Keratinocyten zum raschen Verschluss gezielt in Richtung des Defektes wandern. Dieser Vorgang wird durch chemische Signale gesteuert. Üblicherweise wird eine Wunde zunächst provisorisch durch ein Gerinnsel verschlossen, das vorwiegend aus einem Maschenwerk aus Fibrin, einem klebrigen, unlöslichen Proteinmolekül, gebildet wird. Eingebettet in dieses Maschenwerk sind Blutplättchen, die neben einer Reihe anderer Wachstumsfaktoren auch sAPP freisetzen. Möglicherweise aktiviert das von Hautzellen der Basalschicht freigesetzte sAPP das allgemeine Bewegungsvermögen der Zellen, während das aus den Blutplättchen stammende sAPP durch Bildung eines Gradienten die Keratinocyten in Richtung Wunde dirigiert.

Bereits jetzt ist bekannt, dass sAPP nur einer von zahlreichen Wachstumsfaktoren ist, die den Wundheilungsprozess steuern. Die einzelnen Faktoren üben ihre Wirkung über spezifische Signalketten aus. Die Übertragungswege des sAPP-Signals lassen sich aber erst genauer untersuchen, wenn der entsprechende Rezeptor identifiziert ist. Experimente an Mäusen, deren Erbgut gezielt verändert wurde („Knockout-Mäuse“), sollen zeigen, welche Rolle sAPP bei der Wundheilung im Gesamtorganismus spielt.

So werfen die bisherigen Ergebnisse ein neues Licht auf die physiologische Rolle eines Proteins, das üblicherweise als Auslöser der Alzheimer'schen Krankheit gilt.

*Prof. Dr. Volker Herzog  
Dr. Gregor Kirfel  
Dr. Anton Schmitz  
Dr. Ritva Tikkanen  
Universität Bonn*

Das Projekt wird von der DFG im Rahmen einer Forschergruppe gefördert.

## Das System Erde

*Junge Nachwuchswissenschaftler tagten gemeinsam mit amerikanischen Kollegen in Washington*

Eine internationale Konferenz zum Thema „Earth, Fire, Water, Air and Life – Changing Earth and its Impact on Human Habitat“ veranstaltete die Deutsche Forschungsgemeinschaft vom 4. bis 6. April 2004 in Washington, DC. Im „Convention Centre“ der American Association for

kommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung immer wieder hingewiesen. Sie hat auch das inhaltliche Konzept zur Washingtoner Nachwuchstagung vorbereitet.

Gegenstand der „DFG Research Conference“ war das sich verändernde „System Erde“ und dessen Aus-



the Advancement of Science (AAAS) trafen sich etwa 70 deutsche und amerikanische Nachwuchswissenschaftler, um aktuelle Themen aus der geowissenschaftlichen Forschung miteinander zu diskutieren.

Die Veranstaltung bildete den Auftakt zu einer geplanten Reihe von Fachkonferenzen, mit der die DFG herausragende junge Forscher aus Deutschland und den Vereinigten Staaten zusammenbringen möchte. Die erste „DFG Research Conference“, die von der National Science Foundation (NSF), der AAAS und dem American Geological Institute (AGI) unterstützt wurde, widmete sich den Geowissenschaften.

National wie international sehen sich die geowissenschaftlichen Disziplinen großen Herausforderungen, zum Beispiel durch brennende Umweltfragen, gegenüber. Darüber hinaus stehen die Forschungsstrukturen auf dem Prüfstand. In diesem Zusammenhang ist der exzellente wissenschaftliche Nachwuchs besonders gefragt. Darauf hat die DFG-Senats-

wirkungen auf menschliche Lebensräume. Hierbei rückten Fragen nach dem Klimawandel und der globalen Wasserversorgung ebenso in den Vordergrund wie die nach den Konsequenzen von Erdbeben und Vulkanausbrüchen für die Biosphäre. In den Arbeitsgruppen und im Plenum wurden Leitthemen der zukünftigen geowissenschaftlichen Forschung identifiziert: Wie beeinflusst das Leben auf der Erde die verschiedenen Komponenten des „Systems Erde“? – Welchen gesellschaftlichen Einfluss hatten Klimawechsel in der Vergangenheit und welchen möglicherweise in der Zukunft? – Wie kann ein vollständiger „Erdbebenzyklus“ gemessen werden? Können dadurch auch die Vorhersagemöglichkeiten für Erdbeben verbessert werden?

Die Konferenz fand eine ebenso breite wie positive Resonanz, wobei die thematische Vielfalt und der interdisziplinäre Dialog von den Teilnehmern in besonderer Weise gewürdigt wurden.

*Sören Dürr*

# Der Computer und die Operation Schädeldecke

*Um Lücken in der Schädeldecke zu schließen, werden Titanimplantate passgenau eingesetzt. Dabei können computergestützte Verfahren und Roboter helfen, die in enger Kooperation zwischen Medizinern und Ingenieuren entwickelt werden*

Bereits vor rund einem Jahrzehnt hat sich in der klinischen Praxis ein Verfahren zur Versorgung von Schädeldefekten durchgesetzt. Um Lücken in der Knochendecke zu schließen, arbeitet man seither mit individuell angefertigten Titanimplantaten auf der Grundlage von Computertomographien. Elektronisch gesteuerte Fräsmaschinen setzen die Bilddaten der knöchernen Konturen Schicht für Schicht um. Entsprechende Schädelmodelle dienen der Dokumentation und der Veranschaulichung, aber auch der Operationsplanung. Bereits im Vorfeld hergestellt, stehen die Implantate während des Eingriffs passgenau zur Verfügung.

Vor diesem Hintergrund war es das Ziel einer Arbeitsgruppe an der Universität Bochum, durchgängig rechnergestützte Verfahren einzusetzen, um den Zwischenschritt der Modellfertigung einzusparen. Auf diese Weise sollten sich zusätzliche Materialien und standardisierte Konstruktionsprinzipien nutzen lassen. Begünstigt wurde die wissenschaftliche Bearbeitung dieser Fragestellung im Wesentlichen durch drei Faktoren: Weiterentwicklungen im Bereich der computertomographischen Techniken, insbesondere der so genannten Spiral-Computertomographie, erlauben seit Anfang der neunziger Jahre, Datenaufnahmen in Sekunden anstelle von Minuten zu gewinnen. Die Qualität der Aufnahmen verbesserte sich auch dadurch, dass Verzerrungen des Bildes aufgrund von Bewegungen der aufzunehmenden

Organe effektiver ausgeschlossen werden konnten. Darüber hinaus ermöglichten Weiterentwicklungen der Hard- und Software im Bereich des Computer Aided Design (CAD) die Handhabung der im Schädelbereich anfallenden großen Datenmengen von bis zu 200 Megabyte in einem angemessenen zeitlichen und wirtschaftlichen Rahmen. Und schließlich begünstigte die räumliche Nachbarschaft von Medizinern (Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgen, Neurochirurgen, Radiologen) und Ingenieuren im Maschinenbau (Konstruktionslehre, Produktionssysteme) an der Ruhr-Universität Bochum den Aufbau einer interdisziplinären Arbeitsgruppe.

Im Jahr 1991 konnte so ein Verfahren zur rechnerinternen Vorfertigung individueller Schädelimplantate entwickelt und national wie international im klinischen Einsatz vielfach erfolgreich angewandt werden. Im Hinblick auf die weltweit nach wie vor einzigartige Verfahrenskette waren alle Einzelschritte aufeinander abzustimmen. Diese bestanden in der computertomographischen Datenaufnahme, der Prüfung, Übertragung und Auswertung dieser Daten, der Konstruktion im CAD, der daraus abgeleiteten Implantatanfertigung aus einem Block Reintitan auf einer computergesteuerten Fräsmaschine (Computer Aided Manufacturing – CAM) sowie schließlich der Dokumentation und Qualitätssicherung.

Bis heute wurden rund 330 derartige Implantate in über 40 Kliniken in Deutschland, Europa und den USA eingebracht. Die Mehrzahl

dieser Patienten war zuvor mit anderen Techniken ohne Erfolg operiert worden. Die Defektdurchmesser erreichten vielfach mehr als 20 Zentimeter. Bei Defekten am Hirnschädel stand der Schutz des nicht mehr knöchern ummantelten Gehirns im Vordergrund. Fehlten Teile des Gesichtsschädels, wurden vorrangig ästhetische Fragen bedeutsam. Insgesamt handelt es sich hier um eine in höchstem Maße erfolgreiche wissenschaftliche Entwicklung, die sich in der klinischen Praxis etabliert hat.

Offene Fragen betreffen demgegenüber im Wesentlichen zwei Aspekte: geeignete Materialien und die Versorgung von erkrankten Schädelteilen, bei denen ein Defekt vor der Operation noch gar nicht vorliegt.

Nach wie vor ist Reintitan bis heute das überragende Fremdmaterial für solche Anwendungen. Es wird an der Oberfläche mit einer Oxidschicht versehen, die ihm eine hohe Verträglichkeit verleiht. In der Anwendung als Dauerimplantat verbleibt es allerdings lebenslang als Fremdkörper im Organismus. Als geeignete Materiallösungen scheinen sich Kompositwerkstoffe aus Polylactiden und Calciumphosphaten abzuzeichnen, die mit knochenwachstumsfördernden Proteinen versehen werden. Da die Prinzipien des CAD/CAM auch die Produktfertigung in Hohlformen unterstützen, lassen sich entsprechende Biomaterialien nach der entwickelten Verfahrenskette verarbeiten.

Die Versorgung von erkrankten Schädelteilen ohne Defekt wirkt

demgegenüber völlig andere Probleme auf: Die Notwendigkeit, beispielsweise tumorinfiltrierten Schädelknochen in einem großen Ausmaß operativ zu entfernen, verlangt nach einer komplexeren Rekonstruktionsleistung. Der technische Lösungsansatz beruht auf einer Unterscheidung zwischen erkranktem und gesundem Knochen anhand der computertomographischen Daten. So ist es möglich, zunächst kegelförmige Berandung des zu entfernenden Knochenbereichs im CAD festzulegen. Diese Information wird dann sowohl für die Konstruktion einer Schablone zur Füh-

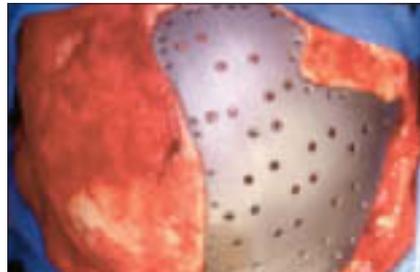


rung der chirurgischen Säge als auch für die Begrenzung des zugehörigen Implantats verwendet. Der Chirurg entfernt so den erkrankten Schädelknochen mit Hilfe der vorgefertigten Schablone und erhält einen Leerraum, der passgenau und ohne weitere Maßnahmen mit dem Implantat verschlossen werden kann. Auch diese Technik der schablonengeführten Entfernung mit simultaner Rekonstruktion wurde be-

reits mehrfach in verschiedenen Kliniken erfolgreich eingesetzt.

Warum aber sollen die gespeicherten Geometriedaten zur Herstellung einer Operationsschablone verwendet werden? Wäre es im Zeitalter des zunehmenden Einsatzes von Operationsrobotern nicht auch möglich, diesen Zwischenschritt einzusparen und die Daten direkt im Operationssaal umzusetzen? Grundsätzlich scheint dies möglich. In einem Vorversuch führten Mediziner aus Bochum, Heidelberg und Karlsruhe an einem Schafskadaver eine Schädelknochenentnahme mit einem Opera-

Ein schwerer Arbeitsunfall war für einen großen Knochenverlust im Schädel dieses Patienten verantwortlich. In die offene Stelle wird ein individuell angefertigtes Titanimplantat eingesetzt. Neben dem Schutz des Gehirns ist der ästhetische Effekt des Eingriffs unübersehbar. Rechts unten: eine Röntgenaufnahme des Schädels nach der Implantation.



rekonstruktionsroboter und eine weitere mit der Schablone durch. Um die Defekte zu schließen, benutzten sie sowohl ein Titanimplantat als auch ein solches aus resorbierbarem Polylactid in einer Hohlform. Zwar führte das konventionelle Vorgehen mit der Schablone unter Verwendung des Titanimplantats zu einer höheren Passgenauigkeit. Dennoch ließen sich auch der Roboter und der alternative Werkstoff

mit ausreichender klinischer Präzision einsetzen. In der ersten Untersuchung arbeitete man in drei Schritten, zwischen denen das Navigationssystem die Grenzen des zu entfernenden Bereichs jeweils erneut berechnete. Durch eine optimierte Planung konnte der Vorgang im Verlauf der weiteren Studien in einem Schritt durchgeführt werden.

In direkter Konkurrenz zu den Resektionsschablonen ist die Überlegenheit des Robotereinsatzes bisher weder hinsichtlich der Genauigkeit, Praktikabilität oder Wirtschaftlichkeit gegeben. Das aktuelle DFG-geförderte Forschungsvorhaben „Robotergestützte Kraniotomie mit und ohne individuell vorbereiteter Sofortrekonstruktion“ widmet sich daher der Entwicklung eines effizienteren Robotersystems. Dieses soll kleiner, preiswerter, sicherer und vor allem praktikabel für den Einsatz am Hirn- und Gesichtschädel sein.

*Prof. Dr. Dr. Harald Eufinger  
Dr. Stephan Weihe  
Dr. Michael Wehmöller  
Ruhr-Universität Bochum*

Das Forschungsprojekt zur Vorfertigung individueller Schädelimplantate wird von der DFG im Normalverfahren unterstützt, die Weiterentwicklungen im Bereich der Robotik erfolgen im Rahmen eines Schwerpunktprogramms.



# Interview mit einer Honigbiene

*Waben unterstützen den Informationsaustausch eines Bienenvolks. Im dunklen Bienenstock werden Vibrationssignale ausgesendet und empfangen. So entsteht eine Kommunikation, die einem modernen „Telefonnetz“ Pate stehen könnte*

**H**onigbienen verbringen den Großteil ihres Lebens auf ihren Waben. Diese Waben dienen als Speicher für Nahrung und als Raum zur Nachwuchsaufzucht. Aber sie spielen auch eine große Rolle im Informationsfluss in einer Bienenkolonie, die lange Zeit unterschätzt wurde.

Im Rahmen eines Forschungsprojektes wurde das Thema „Nestmaterialien als Träger von Kommunikationssignalen bei sozialen Bienen“ aufgegriffen. Dabei wurde untersucht, welche physikalisch-chemischen Eigenschaften der Waben im Rahmen ihrer Kommunikation interessant sind und welche Aspekte des Nestbaus und des Kommunikationsverhaltens unter diesem Blickwinkel wichtig sind.

Ein paar einfache Tatsachen bieten die Voraussetzungen dafür, dass dem Wachsneist im Laufe der Evolution auch eine Rolle im Informationsfluss zukommen konnte: Der Großteil des Lebens einer Biene spielt sich im Inneren des Nestes ab. Bei Sommerbienen sind dies drei von vier Wochen des Erwachsenenlebens, bei Winterbienen vier Monate, bei der Königin so gut wie zeitlebens ihrer mehrjährigen Existenz. Das ergibt die Chance und Notwendigkeit, mit Nestgenossinnen auf engstem Raum Botschaften auszutauschen. Honigbienen besitzen die vollständige Kontrolle über das Nest. Sie synthetisieren den Baustoff Wachs und sind ihre eigenen Baumeister.

Das Wachs ist ein genialer Baustoff und wird gebildet von vier Drüsenpaaren, die sich auf der Bauch-

seite des Hinterleibs befinden. Die chemische Zusammensetzung und die Struktur der Wachskristalle lassen sich mittels Gaschromatographie, Massenspektroskopie und Röntgenstrukturanalyse untersuchen. Dabei hat sich gezeigt, dass das Bienenwachs einem rasch ablaufenden Alterungsprozess unterworfen ist. So verschiebt sich das Mischungsverhältnis der Hauptkomponenten des Wachses kontinuierlich. Das hat zur Folge, dass ein chemisch „bunter Flickentep-



Hausbau im Bienenland: Mit zwei Drüsenpaaren, die sich auf der Bauchseite ihres Hinterleibs befinden, produzieren Bienen Wachsplättchen. Die daraus erbauten Waben dienen nicht nur als Speicher für Nahrung und als Raum für den Nachwuchs, sondern sind für die Kommunikation einer Bienenkolonie unverzichtbar.



pich“ entsteht, da die einzelnen Waben in einem Bienenvolk bedarfsbedingt zu unterschiedlichen Zeiten angelegt werden. Genau diese Tatsache kann von den Bienen zur Orientierung im dunklen Stock genutzt werden.

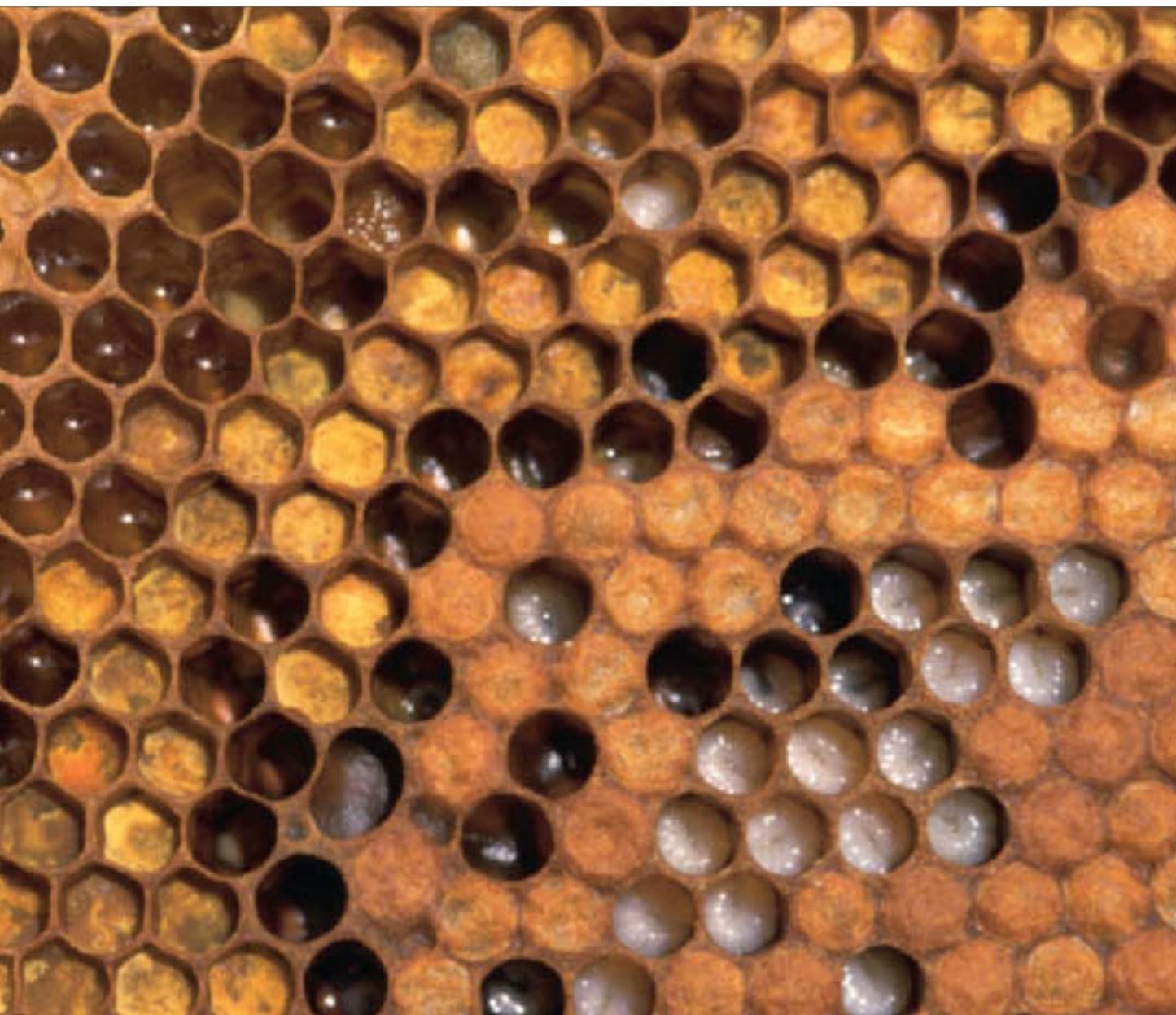
Berührt man eine Antenne der Biene mit einem Tropfen Zuckerwasser, streckt die Biene reflexartig ihre „Zunge“ heraus. Paart man den Zuckerwasserreiz mit einem anderen, zunächst neutralen Stimulus, kommt es zu einer Verknüpfung der beiden Reize. Das Resultat ist, dass nach einigen Trainings-

durchgängen der zunächst neutrale Reiz allein ausreicht, um die Zungenstreck-Reaktion auszulösen. Man gewinnt auf diese Weise ein Verhaltenswerkzeug, das als „Bienen-Interview“ dienen kann.

Befragt man die Bienen jetzt in dem einfachen Verhaltensversuch danach, wie gut sie Wachse unterscheiden können, erlebt man Verblüffendes: Mit einer Genauigkeit, die durchaus mit technischen Apparaturen wie der Gaschromatographie Schritt halten kann, nehmen sie Unterschiede in den Wachsen wahr und können die Altersstufen

der Wachse erkennen. Dabei nutzen sie nicht alle im Wachs vorkommenden Bestandteile in gleicher Weise, sondern reagieren auf bestimmte Stoffgruppen besonders empfindlich. Dies sollte ihnen die Möglichkeit geben, jederzeit ihren Aufenthaltsort im dunklen Bienenstock zu bestimmen, zumindest aber die Wabe zu identifizieren, auf der sie sich gerade befinden.

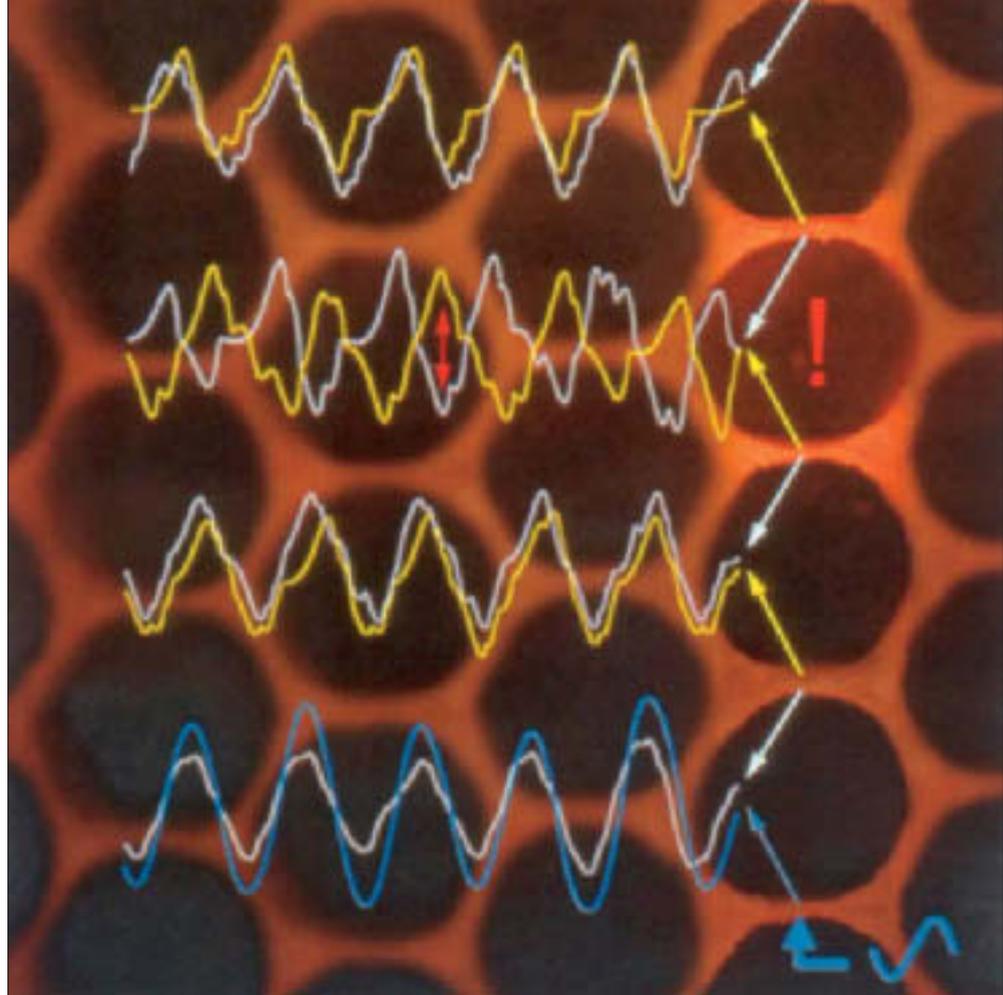
Ein besonderer Ort im Bienenstock ist der Tanzboden. Er beträgt von etwa fünf Quadratmetern Gesamtfläche nur etwa 100 Quadratzentimeter. Hier treffen sich die



Sammelbienen zum Austausch der Botschaften über neu entdeckte Futterquellen. Verlagert man den Tanzboden im Stock, löst das ein Suchverhalten der Tänzerinnen aus. Es ist zu vermuten, dass auch das Auffinden des Tanzbodens im dunklen Stock seine Grundlage in einer chemischen Markierung hat. Neben dem selbst-synthetisierten Wachs verwenden die Bienen als fremden Baustoff Pflanzenharze, das so genannte Propolis, das so genannte Propolis, das so genannte Propolis. Struktur-analytische Untersuchungen haben ergeben, dass das Propolis nicht nur großflächig in Form von Klumpen zur Abdichtung von „zugigen“ Stellen im Nest eingesetzt wird, sondern auch mikroskopisch fein in die hauchdünnen Wände eingebaut und aufgelagert wird. Dieser Einsatz dient vermutlich der Platzierung antibakterieller Substanzen im Bienennest, aber auch der Veränderung der mechanischen Eigenschaften der Wabe.

**D**iese mechanischen Eigenschaften sind wichtig für die Rolle, die die Waben bei der Weiterleitung von Vibrationssignalen spielen. Im dunklen Nest kommt mechanischen Signalen, die über die Distanz fortgeleitet werden, eine besondere Bedeutung zu. Großräumige Alarmierung der Kolonie oder „intime“ Tanzkommunikation basieren auch auf Schwingungen der Waben. Messungen mit empfindlichen Vibrationsmessgeräten haben gezeigt, dass eine Bienenwabe hochkomplexe mechanische Eigenschaften besitzt. Sie ist ein Kommunikationsnetz im wahren Sinne des Wortes. Betrachtet man eine aus leeren Zellen aufgebaute Wabe (oder einen Wabenbereich), so fällt auf, dass die oberen Ränder der Zellwände verdickt sind. Dabei erreichen die Wülste Durchmesser bis zu 0,5 Millimeter im Gegensatz zu den Wänden der Zellen, die nur etwa 7/100 Millimeter dünn sind. Diese Verdickungen sind die „Laufstege“ für die Bienen. Man kann die Verdickungen einer Wabe in ihrer Gesamtheit als ein Netz betrachten, das aus sechseckigen Maschen aufgebaut ist. Über dieses Netz laufen mechanische

22 Störungen, die am besten als Ver-



schiebungen der Maschen parallel zur Wabenoberfläche ausgebreitet werden. Solche Störungen werden während der Schwänzelphase von der Flugmuskulatur der Tänzerinnen erzeugt. Dabei halten sie sich mit ihren Beinen an den Rändern der Zellen fest.

Bei abgekoppelten Flügeln vibriert die Brust der Biene mit etwa 260 Hertz. Für die Rolle der Schwänzelbewegungen, die nur etwa 15 Hertz Schwingung erzeugt, vermuten wir einen mechanischen „Trick“, mit dem die Ankopplung der Biene an die Wabe verstärkt wird und somit die 260 Hertz-Welle effektiv eingekoppelt wird.

Schickt man in einem physikalischen Experiment künstlich erzeugte Schwingungen durch eine Wabe, so lässt sich messen, welche Frequenzen gut und welche schlecht ausgebreitet werden. Es zeigt sich, dass Schwingungen über die gesamte Wabenbreite laufen können, selbst wenn die hineingesteckte Anregungskraft nur einen Bruchteil der Kraft einer Honigbiene beträgt. Für bestimmte Frequen-



**Kommunikationsmedium Wabe:**  
Schwingungen, die beim Schwänzeltanz entstehen, werden durch die gesamte Wabe getragen. Bei deren Weiterleitung verändern sich die Schwingungsmuster (oben), wobei die wechselnden Frequenzen den Bienen als Wegweiser dienen. Von einer Art Netz auf den Waben, das aus Wachswülsten besteht, werden die einzelnen Informationsimpulse weitergegeben. Rechte Seite: So können Informationen die einzelne Honigbiene erreichen, bevor die Schwänzeltänzerin im Bienenvolk wieder mit ihrem Tanz beginnt.



Die gleichzeitige Aktivität tausender Bienen auf derselben Wabe erzeugt einen ständigen Rauschpegel, vor dem die Bienen die schwachen Signale erkennen müssen. Es ist erkennbar, dass den sechsbeinigen Bienen eine unerwartete mechanische Eigenschaft der Wabe helfen kann: Nutzt man zwei spezielle Vibrationsmessgeräte und misst die Schwingungen der Zellränder an wenigstens zwei Stellen gleichzeitig, was die Bienen mit sechs Stellen schaffen, ergibt sich ein klares geometrisches Muster. Dieses Muster kann offenbar helfen, einer sammelmotivierten Biene die Anwesenheit einer Tänzerin zu verraten.

Staaten bildende Insekten verfügen zur Koordination ihrer Aktivitäten über Kommunikationsmechanismen von einer Komplexität, die in der gesamten übrigen Welt der wirbellosen Tiere sowie für den Großteil der Wirbeltiere unerreichbar ist. Soziale Insekten sind daher hervorragende Studienobjekte, wenn es um Fragen der Mechanismen und der Evolution von differenzierten, inhaltsreichen Signalen geht. Im Rahmen der Verhaltensbiologie erfordert die Untersuchung von Biokommunikation einen methodisch extrem breiten Ansatz. Die quantitative Erfassung der produzierten Signale und ihrer Ausbreitung ist dabei mehr als andere Facetten der Biokommunikationsforschung vom Stand der verfügbaren physikalischen und chemischen Messmethoden und -systeme abhängig. Der Einsatz solcher zeitgemäßen Methoden hat gezeigt, wie hervorragend die Honigbienen im Laufe ihrer Evolution die wachsernen Waben, die Vibrationssignale und die Weiterleitung solcher Signale über die Waben aufeinander abgestimmt haben. Das Wachsnetz der Bienen hat sich auf diesem Wege als „chemisches Gedächtnis“ und als „Telefonnetz“ erwiesen.

zen ergeben sich nach einer gewissen Laufstrecke größere Schwingungsweiten am Ausgang der Übertragungstrecke. Herausgehoben taucht mit etwa 260 Hertz eine Frequenz auf, die besonders gut weitergeleitet wird. Es ist höchst bemerkenswert, dass dies genau die Frequenz ist, die eine Tänzerin im Schwänzeltanz in Form von Pulsgruppen erzeugt.

Die immerliche Praxis, Waben mit einem Holzrahmen zu umgeben, unterbindet die Ausbreitung jeglicher Schwingungen. Da ein solches Vorgehen zur Grundlage der wirtschaftlichen Nutzung von Honigbienen gehört, zerstört der Imker somit unbeabsichtigt die Kommunikationsmöglichkeiten der Bienen mit Hilfe ihres „Telefonnetzes“. Erstaunlich ist es aber zu beobachten, wie die Bienen auf diesen Eingriff reagieren. Sie bleiben nicht „sprachlos“, sondern nagen mehr oder weniger ausgedehnte Lücken zwischen Wabe und Holzrahmen. Solche Lücken stellen die volle Übertragungsfähigkeit der Wabe für vibratorische Reize wieder her.

*Prof. Dr. Jürgen Tautz,  
Prof. Dr. Markus Riederer  
Biozentrum Universität Würzburg*

Das Projekt wurde im Normalverfahren und im Rahmen eines Sonderforschungsbereichs gefördert.

# Nachwuchsförderung und Karriere

*Eine Studie dokumentiert die Erfahrungen und Werdegänge ehemaliger Stipendiaten der Deutschen Forschungsgemeinschaft – Ergebnisse einer Befragung von mehr als 1400 Personen – Brain Drain weniger stark ausgeprägt als vermutet*

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat die Studie „Wissenschaft und Karriere – Erfahrungen und Werdegänge ehemaliger Stipendiaten der Deutschen Forschungsgemeinschaft“ publiziert. Sie dokumentiert die Ergebnisse einer Befragung von mehr als 1400 Stipendiatinnen und Stipendiaten der DFG. Untersucht wurden ihre Erfahrungen während der Stipendienzeit und ihre weitere berufliche Entwicklung. Die Studie wurde von einem Forscherteam unter der Leitung von Jürgen Enders (Center for Higher Education Policy Studies an der Universität Twente/Niederlande) und Alexis-Michel Mugabushaka (Wissenschaftliches Zentrum für Berufs- und Hochschulforschung, Universität Kassel) im Auftrag der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt. Befragt wurden Personen, die in den Jahren 1986/87, 1991/92 und 1996/97 in einem von drei Stipendienprogrammen der DFG (Postdoktoranden-Programm, Habilitanden-Programm oder Forschungsstipendium) eine Bewilligung erhalten haben. Die Befragung ergab unter anderem, dass 86 Prozent aller ehemaligen Stipendiatinnen und Stipendiaten zum Zeitpunkt der Befragung (zwischen fünf und 16 Jahre nach Stipendienantritt) in der Wissenschaft tätig waren. Obwohl knapp drei Viertel aller Befragten die Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft für einen Auslandsaufenthalt nutzte (Hauptziel waren hier die USA), arbeiten 85 Prozent der heute in der Wissenschaft Tätigen in Deutschland. Damit zeigt die Studie, dass der so genannte „brain drain“ deutscher Nachwuchswissenschaftler, also die Abwanderung ins Ausland, zumindest quantitativ weniger stark ausgeprägt ist

als in der öffentlichen Diskussion oft wahrgenommen.

Neben dem Karriereweg untersuchte die Studie weiterhin die institutionelle Einbindung von Stipendiaten während des Stipendiums, ihre Kontakte zu Industrie und Wirtschaft und fragte nach der allgemeinen beruflichen Zufriedenheit. 79 Prozent aller Befragten gaben hier an, dass die ausgeübte Tätigkeit ihren Erwartungen entspricht. 59 Prozent sehen ihre beruflichen Erwartungen als erfüllt.

Die vollständige Studie sowie ein umfangreicher Tabellenband stehen im Internet zur Verfügung ([www.dfg.de/zahlen\\_und\\_fakten/stip2004.html](http://www.dfg.de/zahlen_und_fakten/stip2004.html)). Weiterhin ist ein Infobrief der Deutschen Forschungsgemeinschaft abrufbar, der die wichtigsten Ergebnisse der Studie zusammenfasst, sowie ein Kommentar zur Studie. Dieser Kommentar stellt Maßnahmen für die Weiterentwicklung der DFG-Nachwuchsförderung dar, die sich aus den Ergebnissen der Befragung ableiten.

## Ziele und Visionen für die klinische Spitzenforschung

*Gemeinsamer Workshop des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, der DFG und des Wissenschaftsrats*

Die Hochschulmedizin in Deutschland ist durch den sich verschärfenden Wettbewerb im Wissenschaftssystem und im Gesundheitswesen zu Reformen gezwungen. Ein gemeinsamer Workshop des Bundesministeriums für Bildung und Forschung, des Wissenschaftsrates und der Deutschen Forschungsgemeinschaft in Berlin hat unter dem Motto „Hochschulmedizin der Zukunft: Ziele und Visionen für die klinische Spitzenforschung“ konkrete Lösungsvorschläge für bestehende Probleme der Hochschulmedizin erarbeitet.

Um die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen klinischen Forschung im internationalen Rahmen zu verbessern, müssen sich die Fakultäten und Hochschulkliniken künftig auf ihre Stärken besinnen, sich auf Schwerpunkte in der Forschung konzentrieren und die Synergien zwischen Forschung, Lehre

und Krankenversorgung besser als bislang nutzen. In diesem Zusammenhang kommt der Bildung klinischer Exzellenzforschungszentren mit europaweiter Ausstrahlung eine Schlüsselrolle zu.

Ausgangspunkt für den Workshop waren die im Januar 2004 vorgelegten Empfehlungen des Wissenschaftsrates zu „forschungs- und lehrförderlichen Strukturen der Universitätsmedizin“. Daraus haben die Veranstalter wichtige Themenfelder herausgearbeitet, die bei der Tagung im Mittelpunkt standen. Es wurden Rahmenbedingungen für exzellente klinische Forschung formuliert, die unter anderem dem wissenschaftlichen Nachwuchs Karrierewege erschließen sollen. Mögliche Organisationsformen für die Fakultät der Zukunft standen zur Diskussion, und Beispiele klinischer Spitzenforschung wurden vorgestellt.

# Anerkennung und Ansporn – Maier-Leibnitz-Preis 2004

Je 16 000 Euro Preisgeld für sechs junge Forscher –  
Festveranstaltung im Deutschen Museum Bonn

Der Heinz Maier-Leibnitz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft wurde in diesem Jahr erneut an sechs junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler vergeben. Die mit je 16 000 Euro dotierte Auszeichnung wurde in Bonn gemeinsam verliehen von DFG-Präsident Professor Ernst-Ludwig Winnacker und Wolf-Michael Catenhusen, Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung. Der Preis ist nach dem Physiker und früheren DFG-Präsidenten Heinz Maier-Leibnitz benannt und wird seit 1977 an junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Anerkennung herausragender Leistungen vergeben. Die Mittel für den Preis werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung bereitgestellt. Die Preisträgerinnen und Preisträger im Einzelnen:

sität Karlsruhe. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung quantenchemischer Methoden, ihre Implementierung in hocheffiziente Computerprogramme und deren Anwendung zur Lösung aktueller chemischer Probleme. Diese Untersuchungen sind für die Photo-

sität Konstanz. Ihr Forschungsschwerpunkt ist die Literatur des Mittelalters, insbesondere die altschechische Literatur und die mittelalterliche Erbauungsliteratur. In ihrer Dissertation hat sie sich mit der tschechischen Übersetzung der *Revelationes* der Birgitta von Schweden durch Thomas von Stitné befasst.

Dr. Volker Springel (33), Fachbereich Astrophysik, Max-Planck-Institut für Astrophysik, Garching. Sein Forschungsinteresse gilt der Kosmologie. Er verbindet in seiner Forschung die computergestützte



Zusammen mit DFG-Präsident Ernst-Ludwig Winnacker, DFG-Vizepräsident Jürgen Nehmer und dem Staatssekretär im Bundesministerium für Bildung und Forschung Wolf-Michael Catenhusen stellen sich die sechs Preisträger dem Fotografen. Links: Ein Blick in das Auditorium während der Festveranstaltung im Deutschen Museum Bonn

Dr. Friedrich Eisenbrand (32), Fachbereich Informatik, Max-Planck-Institut für Informatik, Saarbrücken. Das Forschungsgebiet von Friedrich Eisenbrand liegt im Grenzgebiet zwischen Mathematik und Informatik und beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Aufgabe, optimale Entscheidungen unter sehr vielen Alternativen zu finden.

Dr. Filipp Furche (29), Fachbereich Theoretische Chemie, Univer-

sität Erlangen-Nürnberg. Sein Arbeitsschwerpunkt ist die Entwicklung quantenchemischer Methoden, ihre Implementierung in hocheffiziente Computerprogramme und deren Anwendung zur Lösung aktueller chemischer Probleme. Diese Untersuchungen sind für die Photochemie und Photophysik von großem Interesse.

Dr. Marion Merklein (30), Fachbereich Werkstoffwissenschaften, Universität Erlangen-Nürnberg. Marion Merklein beschäftigt sich mit Fertigungstechnologien, insbesondere mit einem Formgebungsverfahren für Leichtmetalle, dem Laserstrahlumformen.

Dr. des. Pavlína Rychterová (34), Fachbereich Geschichte, Univer-

sität Konstanz. Ihr Forschungsschwerpunkt ist die Literatur des Mittelalters, insbesondere die altschechische Literatur und die mittelalterliche Erbauungsliteratur. In ihrer Dissertation hat sie sich mit der tschechischen Übersetzung der *Revelationes* der Birgitta von Schweden durch Thomas von Stitné befasst.

Dr. Boris Worm (34), Fachbereich Ökologie/Meereskunde, Universität Kiel. Der Meeresökologe befasst sich mit Fragen der Biodiversität in den Weltmeeren, insbesondere mit den Bedingungen, unter denen sich alternative stabile Zustände von hoher oder niedriger Artenvielfalt entwickeln. Dabei hat er unter anderem die Auswirkungen industrieller Fischereipraktiken auf marine Ökosysteme untersucht.

► [www.dfg.de/aktuelles\\_presse/preise/](http://www.dfg.de/aktuelles_presse/preise/) 25

# Ergebnisse der Wahlen zu den Fachkollegien

577 Mitglieder von Fachkollegien wurden gewählt –  
Stärkung für die wissenschaftliche Selbstverwaltung

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat erstmals Wahlen zu den Fachkollegien durchgeführt. Das Ergebnis ist im Internet veröffentlicht ([www.dfg.de/wahlen2003](http://www.dfg.de/wahlen2003)). Von der 1329 Personen umfassenden Kandidatenliste wurden 577 Mitglieder der Fachkollegien gewählt, darunter 69 Frauen. Die Mitglieder verteilen sich auf 48 Fachkollegien, die insgesamt 201 Fachbereiche abdecken.

## Der Mukoviszidose auf der Spur

Die Mukoviszidose ist eine der häufigsten tödlich verlaufenden Erbkrankheiten in Westeuropa. Die Krankheit wird durch ein fehlerhaftes Gen verursacht, das die Salz- und Flüssigkeitszusammensetzung beeinflusst und damit eine höhere Zähigkeit der Sekrete in den Atemwegen hervorruft. Der zähe Schleim verklumpt in den kleinen Atemwegen der Lunge. Bisher war unbekannt, wie das defekte Gen diese Veränderungen bewirkt. Häufig führt die Untersuchung von so genannten Tiermodellen, beispielsweise Mäusen, die den selben Gendefekt aufweisen, zu einem besseren Verständnis der Krankheitsentstehung. Bei der Mukoviszidose war das bislang nicht möglich, da der entsprechende Gendefekt bei Mäusen nicht zu einer Lungenerkrankung führt. Der Mediziner Marcus Mall hat jetzt Mäuse gentechnisch so verändert, dass die typischen Symptome der Mukoviszidose auftreten. Der DFG-Stipendiat, der an der University for North Carolina arbeitet, hat dadurch den schon länger vermuteten Zusammenhang zwischen dem Gendefekt, dem Transport von Salzen an der Atemwegsoberfläche und der Entstehung der Lungenerkrankung erstmals an einem lebenden Organismus nachgewiesen.

Die Fachkollegien ersetzen in Folge der Reform des Begutachtungssystems der DFG die Fachausschüsse. Wesentliche Ziele der Reform sind die Stärkung des Prinzips der Selbstverwaltung der Wissenschaft in der DFG durch Ausdehnung des Einflusses der gewählten Gutachter, die fachliche Qualitätssicherung aller Begutachtungsprozesse durch gewählte Mitglieder von Fachkollegien, eine größere Transparenz aller Begutachtungsverfahren sowie der Versuch, den neuen Anforderungen des Wissenschaftssystems im Hinblick auf Interdisziplinarität und Entwicklung neuer Fächer und Arbeitsrichtungen entgegenzukommen. Durch die

Einbeziehung der Fachkollegien in strategische Planungen der DFG verfügen die Mitglieder der Fachkollegien im Vergleich zu den bisher in den Fachausschüssen tätigen Fachgutachtern über weiterreichende Kompetenzen.

Auch das Wahlverfahren wurde neu gestaltet. Während die Wahlberechtigten bislang nur Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus einem Fach wählen konnten, besteht nun die Möglichkeit, die Stimmen auf Kandidatinnen und Kandidaten verschiedener Fachgebiete zu verteilen. An der Wahl haben etwa 39 000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler teilgenommen. Das Durchschnittsalter der Gewählten liegt bei 51,9 Jahren und damit 1,3 Jahre unter dem Durchschnittsalter bei der letzten Wahl im Jahr 1999. Der Anteil der gewählten Wissenschaftlerinnen hat sich im Vergleich zu den letzten Wahlen von 7,7 auf 12 Prozent erhöht.



Meike Spiess (17), Benedikt Lorbach (19) und Moritz Plötzing (18) wurden beim 39. Bundeswettbewerb „Jugend forscht“ für die beste interdisziplinäre Arbeit ausgezeichnet. Den mit 1500 Euro dotierten Preis der DFG erhielten die Schüler vom St. Michael-Gymnasium in Bad Müns-tereifel für ihre Experimente mit

Nanotubes. Diese winzigen Kohlenstoffröhrchen konnten bislang nur in aufwändigen Laborverfahren erzeugt und nachgewiesen werden. Den drei Jungforschern gelang es, mit schulischen Mitteln Spinnweben aus Kohlenstoff herzustellen – ein Gewebe, das auch in der Literatur beschrieben ist.

► [www.jugend-forscht.de](http://www.jugend-forscht.de)

# Auszeichnung für herausragende Leistungen

Albert Maucher-Preis 2004 an zwei Geowissenschaftler verliehen – 10 000 Euro für jeden Preisträger

Für herausragende Forschung in den Geowissenschaften zeichnete die Deutsche Forschungsgemeinschaft auch in diesem Jahr junge Wissenschaftler mit dem Albert Maucher-Preis aus. Den mit je 10 000 Euro dotierten Preis erhielten die Geologin Hildegard Westphal (35) von der Universität Erlangen-Nürnberg und der Paläontologe Oliver Rauhut (34) von der Humboldt-Universität Berlin. Die Verleihung erfolgte im Rahmen einer Festveranstaltung der DFG-Senats-

Das Arbeitsgebiet von Hildegard Westphal ist die Paläoklimafor-

schung. Diese nimmt in den Geowissenschaften einen wichtigen Platz ein, weil die Untersuchung der Klimaschwankungen in der Erdgeschichte ein besseres Verständnis der Klimaveränderungen in der Neuzeit ermöglicht. Zu diesem Zweck befasst sich Hildegard Westphal mit der Untersuchung von Karbonatsedimenten, die als eine Art Klimaarchiv bestimmte Umweltfaktoren wie Meeresspiegel-

schwankungen, Temperaturen oder Luftfeuchte überliefern und so die Entstehungsbedingungen der Sedimente rekonstruierbar machen.

Oliver Rauhut beschäftigt sich mit Dinosauriern, genauer gesagt mit Wirbeltiergruppen, die sich während des Erdmittelalters, dem so genannten Mesozoikum, entwickelten. Die Gruppe der Saurier ist für ihn deshalb interessant, weil diese in Form von Fossilien sehr gut erhalten sind und sich daher als Modelle eignen, um die Entwicklung von Wirbeltieren während des Mesozoikums zu untersuchen. Rauhut hat vor allem die Artenvielfalt, die Verwandtschaftsverhältnisse, die Evolution und die geographische Verteilung der Fleisch fressenden Saurier auf der südlichen Halbkugel untersucht.



Die beiden diesjährigen Maucher-Preisträger Oliver Rauhut und Hildegard Westphal. Die Auszeichnung wurde zum zwölften Mal verliehen

kommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung in Potsdam.

Der in diesem Jahr zum zwölften Mal vergebene Preis ist nach dem Münchener Geologen Professor Albert Maucher (1907 bis 1981) benannt, der den Preis kurz vor seinem Tod gestiftet hat. Er stellte der Deutschen Forschungsgemeinschaft 1980 die Summe von 200 000 Mark zu Verfügung, um mit diesen Mitteln junge DFG-geförderte Geowissenschaftlerinnen und Geowissenschaftler für ihre herausragende Arbeit auszuzeichnen, „auch wenn sie dabei unkonventionelle Wege gegangen sind“. Auch Maucher selbst wurde zu Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn von der DFG gefördert. Zu den diesjährigen Preisträgern:

## Forschung und Tierschutz: Grundlagen und Regelungen

Senatskommission für tierexperimentelle Forschung informiert über Tierversuche in der Wissenschaft

Warum werden Tiere in der Forschung eingesetzt? Was ist ein Tierversuch? Welche Gesetze regeln die Verwendung und den Schutz von Versuchstieren? Mit diesen und weiteren Fragen beschäftigt sich eine neue Informationsbroschüre mit dem Titel „Tierversuche in der Forschung“, die von der Senatskommission für tierexperimentelle Forschung der DFG herausgegeben wurde. In allgemein verständlicher Sprache geschrieben, richtet sich die Broschüre an Leserinnen und Leser, die sich über das Thema Forschung und Tierschutz informieren wollen. Darüber hinaus wendet sie sich an Jungwissenschaftler, um diese mit den Genehmigungsverfahren für Tierversuche vertraut zu machen. Die DFG will mit diesen Informationen über die fachlichen und gesetzlichen Hintergründe der tierexperimentellen Forschung aufklären und damit einen Beitrag zur Diskussion um den Einsatz von Tieren in der Forschung leisten. Neben aktuellen Zahlen aus der Tierversuchsforschung

liefert die Broschüre vor allem Informationen über den Einsatz von Tieren in der biomedizinischen Grundlagenforschung. Sie zeigt, dass Fortschritte in der Medizin untrennbar mit der tierexperimentellen Forschung verbunden sind. Die Frage nach der Übertragbarkeit der Ergebnisse von Tierversuchen auf den Menschen wird ebenso beleuchtet wie die Möglichkeit, diese Ergebnisse für die Tiermedizin nutzbar zu machen.

Die Broschüre beschäftigt sich auch mit den ethischen Aspekten der Tierversuchsforschung und der Entwicklung des Tierschutzgedankens in Deutschland. Sie zeigt dabei die Möglichkeiten und Grenzen von Alternativmethoden auf.

Der zweite Teil der Broschüre ist der gesetzlichen Regelung von Tierversuchen gewidmet. Hier werden die Genehmigungs- und Kontrollverfahren erläutert, die beim Einsatz von Tieren in der Forschung zur Anwendung kommen. Diese Informationen werden durch eine der Broschüre beigelegte CD-ROM ergänzt. 27

# Internationale Konferenzen in der Villa Vigoni

*DFG fördert Kooperation zwischen deutschen, französischen und italienischen Geistes- und Sozialwissenschaftlern*

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat gemeinsam mit französischen und italienischen Partnern ein Programm zur Förderung der Zusammenarbeit zwischen Geistes- und Sozialwissenschaftlern aus den drei Ländern initiiert. Im Rahmen der „DFG/Villa Vigoni/Maison des Sciences de l'Homme – Forschungskonferenzen in den Geistes- und Sozialwissenschaften“ treffen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zur gemeinsamen Bearbeitung von Forschungsfragen zusammen. Ziel ist dabei vor allem die Bildung von Netzwerken und längerfristigen Forschungskoperationen. Deshalb umfasst jede Forschungskonferenz zwei bis drei Arbeitstreffen der beteiligten Wissenschaftler. Die ersten beiden Förderanträge sind bereits bewilligt worden.

Hintergrund der Initiative sind die besonderen Bedingungen der Zusammenarbeit zwischen Geisteswissenschaftlern verschiedener Länder und Sprachkulturen. Die Lingua Franca der internationalen Wissenschaftskooperation ist englisch. Für Wissenschaftler aus den Natur- oder Ingenieurwissenschaften ist das selbstverständlich und unproblematisch, da ihre Fragestellungen zumeist globalen Charakter haben. Die Geistes- und Sozialwissenschaften sind jedoch stark an Sprache und Kultur gebunden. Diese sind nicht nur Gegenstand der Forschung, sondern auch Teil des Forschungsprozesses selbst. Daher ist es wichtig, einen Rahmen zu schaffen, in dem die internationale Kooperation auf diesen Wissenschaftsgebieten auch in den Landessprachen geübt werden kann. Das neue Programm will hierzu einen Anstoß geben. Die Forschungskonferenzen, die in der Regel in der Villa Vigoni stattfinden und nicht auf Wissenschaftler der beteiligten Länder beschränkt sind, werden auf Deutsch, Italienisch und

Französisch durchgeführt. Die ersten bewilligten Anträge sehen eine mehrjährige Zusammenarbeit mit je drei Arbeitstreffen vor. Das Projekt „Die Kulturlandschaft zwischen Geschichte, Kunst und Natur“ wird sich in einem interdisziplinären Dialog dem Begriff „Kulturlandschaft“ widmen. Kunsthistoriker, Philosophen, Gartenarchitekten, Botaniker und Ökologen werden die

## Die DFG bewilligt 12 neue Schwerpunktprogramme

*Scharfer Wettbewerb zwischen 80 eingereichten Vorschlägen – Insgesamt jetzt 109 Programme*

Die zwölf neuen Schwerpunktprogramme, die die Deutsche Forschungsgemeinschaft ab Anfang 2005 fördern wird, beschäftigen sich mit Themen wie Betonverarbeitung, Kulturen im Mittelalter, Astrophysik oder Verwandtschaftsverhältnisse von Tieren. Der Senat der DFG wählte sie aus 80 Anträgen aus und unterstützt sie in den ersten zwei Jahren mit insgesamt 32,6 Millionen Euro. Die Zahl der im Jahr 2005 insgesamt geförderten Schwerpunktprogramme beträgt damit 109.

Mit dem Förderinstrument „Schwerpunktprogramm“ will die Deutsche Forschungsgemeinschaft Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unterschiedlicher Forschungseinrichtungen zu bestimmten Projekten in sich entwickelnden Forschungsfeldern zusammenführen. Die Laufzeit von Schwerpunktprogrammen beträgt in der Regel sechs Jahre.

Folgende Programme werden eingerichtet:

### *Lebenswissenschaften*

Membranhülle von Viruspartikeln und zellulären Strukturen;

verschiedenen Facetten dieser Thematik auch am Beispiel des kulturhistorisch bedeutsamen Parks der Villa Vigoni selbst bearbeiten. Ziel ist dabei auch, entsprechende Analyse- und Verwaltungskriterien zu erarbeiten.

Das Thema des zweiten Projekts ist „Die Verbreitung ‚orientalischer Religionen‘ in der griechisch-römischen Mittelmeerwelt“. In dem deutsch-französisch-italienischen Projekt wird gemeinsam mit Forschern aus der Schweiz und Belgien aus wissenschaftsgeschichtlicher und historischer Perspektive die Bedeutung, Wahrnehmung und Ausbreitung dieser Religionen in der Antike untersucht.

Stammesgeschichte der Tiere – Deep Metazoan Phylogeny

### *Geistes- und Sozialwissenschaften*

Altersdifferenzierte Arbeitssysteme; Integration und Desintegration der Kulturen im europäischen Mittelalter

### *Ingenieurwissenschaften*

Nanoskalige anorganische Materialien durch molekulares Design; Neue Werkstoffe für zukunftsweisende Technologien; Nachhaltiges Bauen mit ultra-hochfestem Beton (UHPC); Prognose und Beeinflussung der Wechselwirkungen von Strukturen und Prozessen; Organic Computing

### *Naturwissenschaften*

Zeugen der kosmischen Geschichte: Bildung und Entwicklung von Galaxien, Schwarzen Löchern und ihrer Umgebung; Klima und Wetter des solar-terrestrischen Systems; Organokatalyse; Experimentelle Elektronendichte als Schlüssel zum Verständnis chemischer Wechselwirkung

Weitere Informationen finden Sie im Internet unter [www.dfg.de/spp](http://www.dfg.de/spp).

# Einblicke in die deutsch-chinesische Zusammenarbeit

*In der Ausstellung „Begegnungen“ präsentiert die DFG Ergebnisse gemeinsamer Forschungsprojekte*

Ob die legendäre Tonarmee des ersten Kaisers von China oder die Fahndung nach kosmischen Röntgenquellen im Mittelpunkt steht, ob nach Krankheitsgenen gesucht oder das Stickstoffproblem erforscht wird, ob es um die „Fließbandproduktion“ chinesischer Kunst oder das Hochwasser am Yangtze geht – auf vielfältige Weise arbeiten deutsche und chinesische Wissenschaftler in einer großen Zahl von Projekten zusammen. Unter dem Titel „Begegnungen“ präsentiert die DFG die Ergebnisse dieser erfolgreichen Zusammenarbeit in einer Ausstellung des Chinesisch-Deutschen Zentrums für Wissenschaftsförderung, Peking. Nach einer großen Tournee durch China

Nach chinesischer Tradition eröffneten DFG-Präsident Winnacker und NSFC-Vizepräsident Zhu (Mitte) zusammen mit den beiden Direktoren des Chinesisch-Deutschen Zentrums für Wissenschaftsförderung, Han Jianguo und Robert-Paul Königs (von rechts), vor zahlreichen Besuchern die Ausstellung „Begegnungen“ im Bonner Wissenschaftszentrum.



wird die Ausstellung jetzt auch in deutschen Städten zu sehen sein. Start war im Bonner Wissenschaftszentrum, wo DFG-Präsident Prof. Ernst-Ludwig Winnacker und der Vizepräsident der National Natural Science Foundation of China, Prof. Zhu Zuoyan, fast 400 Besucher zur Vernissage begrüßen konnten. Unter dem Titel „Tausendjährige Eier oder vom Reiz der chinesischen

Küche“ berichtete Prof. Burkhard Sattelmacher in seinem Festvortrag über „Kulinarische Köstlichkeiten im Blickpunkt der Forschung“.

Der wissenschaftliche Austausch zwischen beiden Ländern blickt auf eine lange Geschichte zurück. Bedeutende Namen markieren den Weg von den Anfängen im 16. Jahrhundert bis in unsere Tage. Der Universalgelehrte Gottfried Wilhelm Leibniz und der Jesuit Adam Schall von Bell auf der einen, Kaiser Kangxi und der Mandarin Xu Guangqi auf der anderen Seite begründeten eine chinesisch-deutsche Tradition, die von vielen großen Forschern über die letzten Jahrhunderte hinweg fortgeschrieben wurde. Seit dem Jahr 2000 ist es die Aufgabe des „Chinesisch-Deutschen Zentrums für Wissenschaftsförderung“ in Peking – eine gemeinsame Gründung der DFG und ihrer chinesischen Partnerorganisation, der National Natural Science Foundation of China (NSFC) –, diese Kooperationen weiter zu vertiefen. Die fachliche Zusammenarbeit zwischen Forschern beider Länder wird durch die Finanzierung einer ganzen Reihe von Aktivitäten unterstützt. Das Förderspektrum des Zentrums umfasst die Grundlagenforschung im Bereich der Natur-, Bio- und Ingenieurwissenschaften sowie – unter besonderen Voraussetzungen – auch die Sozial- und Geisteswissenschaften.



# DFG richtet erstes deutsch-chinesisches Kolleg ein

17 neue Graduiertenkollegs bewilligt – Erhöhung der Stipendiensätze für Doktoranden beschlossen

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft richtet 17 neue Graduiertenkollegs ein. Das beschloss der zuständige Bewilligungsausschuss. Unter den aus 42 Neuanträgen ausgewählten sind auch sechs internationale Kollegs, darunter erstmals ein deutsch-chinesisches. Darüber hinaus beschloss der Ausschuss, dass Kollegiatinnen und Kollegiaten künftig Förderung für Vernetzungstreffen zwischen mehreren Graduiertenkollegs beantragen können. Diese Maßnahme soll dem fachlichen und Ideenaustausch sowie der Stärkung der Eigeninitiative dienen. Ab dem 1. Juli 2004 tritt außerdem eine Erhöhung der Stipendiensätze für Doktoranden von 921 auf 1000 Euro pro Monat in Kraft. Derzeit fördert die DFG insgesamt 260 Graduiertenkollegs, darunter 27 internationale.

Das erste deutsch-chinesische Graduiertenkolleg „Modellierung von Stoffflüssen und Produktionssystemen für eine nachhaltige Ressourcennutzung in intensiven Acker- und Gemüsebausystemen der nordchinesischen Tiefebene“ beschäftigt sich mit den Gefahren für die Umwelt, die sich aus der hohen Produktionsintensität der dortigen Landwirtschaft ergeben. Bei dieser Kooperation der Universität Hohenheim mit der China Agricultural University Beijing steht das Thema Nachhaltigkeit im Sinne von umweltverträglichen, ökonomisch und sozial langfristig vertretbaren Produktionsmethoden im Mittelpunkt.

Als weiteres internationales Graduiertenkolleg vereint das Projekt „Signaling Mechanisms in Lung Physiology and Disease“ die Justus-Liebig-Universität in Gießen mit dem Albert-Einstein-College und dem Columbia University College in New York. Die Teilnehmer sollen mit der Arbeit zu Lungenerkrankheiten bei Kindern und Erwachsenen auf eine Karriere in der biomedizi-

nischen Forschung an Universitäten oder in der Industrie vorbereitet werden. Die Teilnehmer werden in den Bereichen der Molekularbiologie und der Pathophysiologie der Lunge an der Schnittstelle von Grundlagenforschung und patientennaher Forschung arbeiten.

In einer Kooperation mit den norwegischen Universitäten in Bergen und Oslo widmen sich die Universitäten Heidelberg und Mannheim dem Thema „Development and Application of Intelligent Detectors“. In diesem Graduiertenkolleg sollen Detektorensysteme für die experimentelle Teilchen- und Kernphysik entwickelt und angewandt werden, die moderne Informationstechnologie nutzen. Physiker werden dabei

zusammen mit Informatikern an die Spitze der Teilchenphysik geführt und mit den fortschrittlichsten Design-, Simulations- und Analysewerkzeuge arbeiten. In einem der neu in Deutschland eingerichteten Graduiertenkollegs, „Mediale Historiographien“ der Bauhaus-Universität Weimar sowie der Universitäten Erfurt und Jena, nehmen Wissenschaftler das Verhältnis von Geschichte und Medien unter die Lupe. Historischer Ausgangspunkt sind die Umbrüche durch neue technische Kommunikationsmedien im 19. Jahrhundert sowie die Entstehung moderner Geschichtsbegriffe, die sich seit Ende des 18. Jahrhunderts um die Spannung zwischen Ereignis und Prozess ausgeprägt haben. Zentrale Fragen in dem Projekt sind die nach der Wirksamkeit von Medien in verschiedenen Kulturen sowie danach, wie Medien und Medientechniken ihre eigene Geschichtsschreibung bestimmen.

► [www.dfg.de/forschungsoerderung/koordinierte\\_programme/graduiertenkollegs](http://www.dfg.de/forschungsoerderung/koordinierte_programme/graduiertenkollegs)

## Die neuen Graduiertenkollegs

■ Prospektive Gestaltung von Mensch-Technik-Interaktion, Technische Universität Berlin

■ Geschichte und Kultur der Metropolen im 20. Jahrhundert, Technische Universität Berlin, Humboldt-Universität Berlin, Freie Universität Berlin

■ Politische Kommunikation von der Antike bis ins 20. Jahrhundert, Universität Frankfurt am Main

■ Archiv, Macht, Wissen – Organisieren, Kontrollieren, Zerstören von Wissensbeständen von der Antike bis zur Gegenwart, Universität Bielefeld

■ Mediale Historiographien, Bauhaus-Universität Weimar

■ Geschlecht als Wissenskategorie, Humboldt-Universität zu Berlin

■ Pfade organisatorischer Prozesse, Freie Universität Berlin

■ Konformationsumwandlungen bei makromolekularen Interaktionen, Universität Halle-Wittenberg

■ Molekulare Grundlagen dynamischer zellulärer Prozesse, Universität Münster

■ Funktionale Genomforschung in

der Tiermedizin, Ludwig-Maximilians-Universität München

■ Die Bedeutung genetischer Polymorphismen in der Onkologie: Von den Grundlagen zur individualisierten Therapie, Universität Göttingen

■ Signalling Mechanisms in Lung Physiology and Disease, Universität Gießen

■ Nichtgleichgewichtsphänomene in Niedertemperaturplasmen: Diagnostik – Modellierung – Anwendungen, Ruhr-Universität Bochum

■ Darstellungstheorie und ihre Anwendungen in Mathematik und Physik, Bergische Universität Wuppertal

■ Katalysatoren und katalytische Reaktionen für organische Systeme, Universität Freiburg

■ Modellierung von Stoffflüssen und Produktionssystemen für eine nachhaltige Ressourcennutzung in intensiven Acker- und Gemüsebausystemen der nordchinesischen Tiefebene, Universität Hohenheim

■ Development and Application of Intelligent Detectors, Universität Heidelberg

# Gesundheitsrisiko Phthalate: Neue Forschungsergebnisse

*DFG-Projekt liefert Daten zur Neubewertung der hormonell wirksamen Stoffe – Belastung höher als angenommen*

Seit geraumer Zeit stehen die vornehmlich als Weichmacher eingesetzten Phthalate im Verdacht, mit der Zunahme von Unfruchtbarkeit vor allem bei Männern in Verbindung zu stehen. Diese Stoffe sind weit verbreitet und gelten als höchst gesundheitsgefährdend, weil sie in den Hormonhaushalt des Menschen eingreifen und die Fortpflanzung und Entwicklung schädigen. Bislang ungeklärt ist jedoch die Frage, in welchem Umfang Phthalate in den menschlichen Körper gelangen. Die DFG fördert an der Universität Erlangen-Nürnberg ein Forschungsprojekt, in dem unter der Leitung von Professor Jürgen Angerer untersucht wird, welche Mengen an Phthalaten die Bevölkerung aus der Umwelt aufnimmt. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass diese Mengen vor allem bei Kindern weitaus größer sind als bisher vermutet. Deutsche und europäische Behörden haben bereits auf die Ergebnisse der Erlanger Forscher reagiert.

Phthalate wie der Weichmacher Diethylhexylphthalat (DEHP) gehören zu den wichtigsten Industriechemikalien. Von den jährlich weltweit produzierten zwei Millionen Tonnen DEHP werden 90 Prozent als Weichmacher für PVC eingesetzt. Phthalate kommen aber auch in vielen anderen Bereichen zum Einsatz, etwa bei der Herstellung von Körperpflegemitteln und Textilien, und sind somit in der Umwelt allgegenwärtig. Der Mensch nimmt die Phthalate vorwiegend mit der Nahrung und der Atemluft auf. Auf diesem Weg gelangen sie in den Organismus, wo sie auf den Hormonhaushalt wirken.

Führende Wissenschaftler bringen die Phthalataufnahme der Bevölkerung in Verbindung mit dem seit Jahrzehnten beobachteten Rückgang der Spermienzahlen und damit der männlichen Fruchtbarkeit. Auch die Zunahme von Ho-

denkrebsfällen und Missbildungen der männlichen Geschlechtsorgane wird in diesem Zusammenhang diskutiert. Die Erlanger Forscher haben nachweisen können, dass der Mensch Phthalate in weitaus größeren Mengen aufnimmt, als dies bisher angenommen wurde.

Diese Ergebnisse sind nicht nur in der Wissenschaft, sondern auch bei deutschen und europäischen Be-

hörden auf große Resonanz gestoßen. So hat das Wissenschaftliche Komitee für Toxikologie, Ökotoxikologie und Umwelt der Europäischen Kommission (CTSEE) die Ergebnisse der Erlanger Wissenschaftler weitgehend übernommen. Dies betrifft die unerwartet hohe Belastung der Allgemeinbevölkerung durch DEHP ebenso wie die neuen Erkenntnisse zum Stoffwechselverhalten dieses Phthalats. Auch das im DFG-Projekt angewandte erweiterte Untersuchungsverfahren, das genauere und zuverlässigere Messergebnisse liefert, fand auf europäischer Ebene uneingeschränkte Zustimmung.

► [www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de](http://www.arbeitsmedizin.uni-erlangen.de)

## Bewertung der Sicherheit Funktioneller Lebensmittel

*DFG-Senatskommission legt Symposiumsband vor –  
Empfehlungen für Politik und Öffentlichkeit*

Als Funktionelle Lebensmittel (englisch: Functional Food) werden Lebensmittel bezeichnet, die über den reinen Ernährungszweck hinaus die Gesundheit fördern oder das Erkrankungsrisiko mindern sollen. Ein Beispiel dafür sind Nahrungsmittel, die den Cholesterinspiegel senken sollen. Die Möglichkeiten, die solche Funktionellen Lebensmittel versprechen, haben in den vergangenen Jahren das Interesse von Herstellern und Verbrauchern an diesen Produkten sowie das entsprechende Marktangebot weltweit sprunghaft wachsen lassen. Das gezielte Verändern der Lebensmittel, beispielsweise durch Zufügen von Zusatzstoffen, birgt aber auch das Risiko negativer Effekte für die Gesundheit. Neben dem wissenschaftlichen Nachweis der vorteilhaften Wirkung Funktioneller Lebensmittel ist daher eine fundierte Sicherheitsbewertung notwendig. Nach Ansicht der DFG-Senatskommission zur Beurteilung der gesundheitlichen Unbedenklichkeit von Lebensmitteln sind gerade die Sicherheitsaspekte aber bisher nicht angemessen berücksichtigt worden. Aus diesem Grund

de hat die Senatskommission 2002 bei einem internationalen Symposium die Frage nach der Sicherheit Funktioneller Lebensmittel in den Mittelpunkt gestellt und legt nun in einem Symposiumsband mit dem Titel „Functional Food – Safety Aspects“ die Ergebnisse vor. Die Publikation enthält neben Einzelbeiträgen der Tagung Schlussfolgerungen und Empfehlungen der Senatskommission, insbesondere zu Kenntnislücken und dem sich hieraus ergebenden Forschungsbedarf.

In einer Kurzfassung des Symposiumsbandes, die an Entscheidungsträger in der Politik, aber auch an die nationalen und internationalen Überwachungsorgane adressiert ist, hat die Senatskommission Beurteilungskriterien und Sicherheitsanforderungen an Funktionelle Lebensmittel in deutscher und englischer Sprache zusammengefasst und Qualitätsanforderungen an Studien zum Beleg funktioneller Wirkungen formuliert. Mit der Vorlage dieser Publikationen hat die Senatskommission den Rahmen für eine Beurteilung des Nutzens und des Risikos Funktioneller Lebensmittel geschaffen.

## 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 ortsgelunden 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 wissenschaftlichen 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 Selbstständigkeit der Doktorandinnen und Doktoranden unterstützen und den internationalen Austausch intensivieren. Sie stehen ausländischen Kollegiaten offen. In internationalen Graduiertenkollegs bieten deutsche und ausländische Universitäten gemeinsam ein strukturiertes Promotionsprogramm an. Zusätzliche Förderungsmöglichkeiten für den qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs bestehen im Heisenberg-Programm sowie im Emmy Noether-Programm.

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

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

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

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

## Anschriften der Autoren

*Prof. Dr. Dr. Harald Eufinger*  
*Dr. Stephan Weihe*  
*Dr. Michael Wehmöller*  
Universitätsklinik für Mund-, Kiefer- und Plastische Gesichtschirurgie, Knappschaftskrankenhaus - Universitätsklinik -, In der Schornau 23–25, 44892 Bochum

*Prof. Dr.-Ing. Hugo Fastl*  
*Dr.-Ing. Christine Patsouras*  
Lehrstuhl für Mensch-Maschine-Kommunikation, AG Technische Akustik, TU München, Arcisstraße 21, 80333 München

*Prof. Dr. Volker Herzog*  
*Dr. Gregor Kirfel*  
*Dr. Anton Schmitz*  
*Dr. Riva Tikkanen*  
Institut für Zellbiologie der Universität Bonn, Ulrich-Haberland-Str. 61 a, 53121 Bonn

*Dr. Henrik Jäger*  
FB II – Sinologie, Universität Trier, 54286 Trier

*Prof. Dr. Jürgen Rullkötter*  
Institut für Chemie und Biologie des Meeres (ICBM) der Universität Oldenburg, Postfach 25 03, 26111 Oldenburg

*Prof. Dr. Jürgen Tautz*  
*Prof. Dr. Markus Riederer*  
Universität Würzburg, Theodor-Boveri-Institut, Lehrstuhl für Verhaltensphysiologie und Soziobiologie, Zoologie II, Am Hubland, 97074 Würzburg

*Prof. Dr. Ernst-Ludwig Winnacker*  
Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Kennedyallee 40, 53175 Bonn

## Abbildungen

Hüsken (Titel, S. 9, 10); Querbach (S. 2, 25, 29, Rücktitel); dpa (S. 4/5); Reuter (S. 5 u.); Rullkötter (S. 6); Engelen (S. 7 o.); Höppner (S. 7 u.); Kotzur (S. 8); Privat (S. 11); Bernd Ducke, Superbild (S. 12); Fastl/Patsouras (S. 12/13, 14); Kirfel (S. 15); Siemes (S. 16); DFG-Verbindungsbüro Washington (S. 17); Eufinger (S. 19); beegroup (S. 20–23); Jugend forscht (S. 26); Gantz/GeoForschungsZentrum Potsdam (S. 27)  
o. = oben; u. = unten