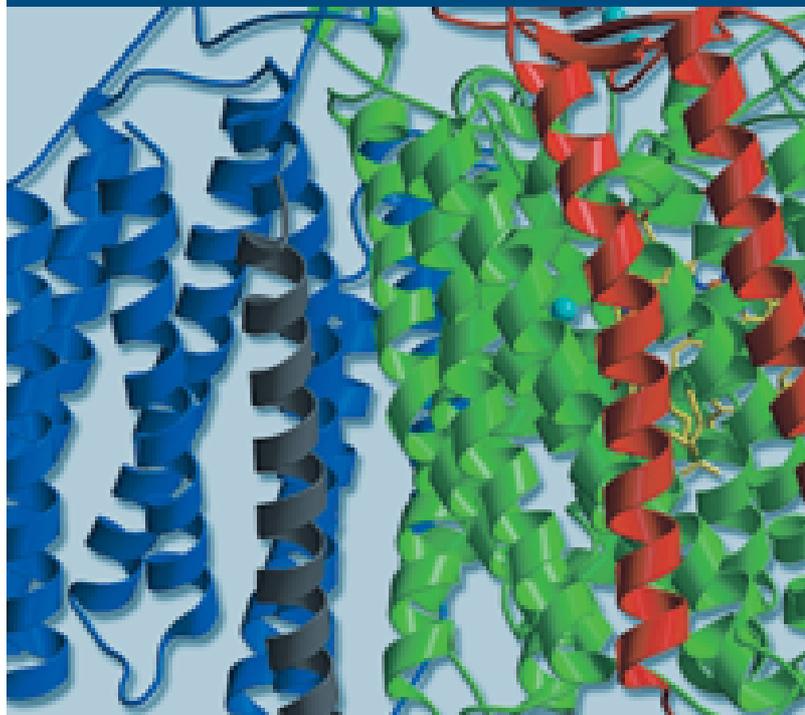


Forschung Frankfurt



»Jahr der Chemie«

- Welche Sicherheit und Rendite bietet die kapitalgedeckte Alterssicherung?
- Faszination der Kristalle – Mit der Röntgenstrukturanalyse Strukturen knacken
- Aus dem Atelier: Refuge – »Sich zurückziehen, um besser springen zu können«
- Von Schnecken und Menschen
- Akademische Zugvögel: Einmal Ausland und zurück?

2.2003

Liebe Leserinnen, liebe Leser,



in diesem Jahr steht die Chemie gewissermaßen Pars pro Toto für die Naturwissenschaften im Fokus der Öffentlichkeit. In vielen Veranstaltungen zum »Jahr der Chemie« dokumentiert sie ihren Bezug zum täglichen Leben und gewährt Einblicke in ihre Arbeitsweise und -methoden. Auch in Frankfurt beteiligen sich Forscherinnen und Forscher, aber auch die Studierenden des Fachbereichs Chemische und Pharmazeutische Wissenschaften an den vielfältigen Aktivitäten. So war der Fachbereich eine wichtige Säule bei dem Tag der Naturwissenschaften im März. Diese Veranstaltung der Studienberatung für Schüler der Jahrgangsstufen zehn und elf zielt darauf ab, die »Nach Nachwuchswissenschaftler von morgen« mit Informationen bei der Weichenstellung für die Wahl der Abiturfächer zu versorgen. 2600 Schülerinnen und Schüler aus 42 hessischen Gymnasien und Gesamtschulen nutzten diese Chance; ihnen und ihren Lehrerinnen und Lehrern standen Labortüren, Hörsäle und Seminarräume für informative Vorträge und spannende Vorführungen offen.

Ohne solide Kenntnisse der Naturwissenschaften kann man im Alltag zwar bestehen, aber vieles nicht verstehen. Schülerinnen und Schülern klar zu machen, dass alltägliche, ebenso wie gesellschaftlich relevante Entscheidungen – vom Kauf eines Lacks bis zur Diskussion über die Nutzung alter-

nativer Energien – nur auf der Grundlage einer soliden Informationsbasis möglich sind, ist Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In unserem Wissenschaftsmagazin können Sie nachlesen, wie sich dieser Anspruch in didaktische Konzepte umsetzen lässt. Darüber hinaus stellen wir Ihnen die Röntgenstrukturanalyse als eine zentrale Technik vor, die den Zusammenhang zwischen Struktur und Funktion von Molekülen erhellen kann. Auch bei der Untersuchung des Proteoms, der Gesamtheit aller Proteine von Zellen und Organellen, kommt ihr eine besondere Bedeutung zu. Der Struktur- und Funktionsanalyse von Membranproteinen hat sich das im Sommer 2002 gegründete »Center for Membrane Proteomics« verschrieben, das jetzt seine Arbeit aufnahm. Hier werden die Forschungsaktivitäten in Frankfurt auf diesem Gebiet gebündelt. Forschung Frankfurt bringt Ihnen, verehrte Leserinnen und Leser, diese exzellente Plattform für interdisziplinäres Arbeiten näher. Die beteiligten Arbeitsgruppen aus der Biologie, Biochemie, Chemie, Pharmazie, Medizin und Physik stehen in einer langen Frankfurter Tradition auf dem Gebiet der Biomembranforschung.

Auch die alljährliche Vergabe des Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preises am 14. März in der Paulskirche – Paul Ehrlichs Geburtstag – gehört seit vielen Jahren zu den herausragenden Ereignissen der Wissenschaftsstadt Frankfurt. Mit diesem bedeutenden Preis

wurden jetzt die amerikanischen Immunologen Prof. Dr. Richard A. Lerner und Prof. Dr. Peter G. Schultz, beide am Scripps Research Institute in La Jolla tätig, für ihre bahnbrechenden Erkenntnisse zur katalytischen Reaktionsfähigkeit von Antikörpern ausgezeichnet. Forschung Frankfurt bringt Ihnen dieses spannende Thema auf anschauliche Weise näher. Nur selten waren die Preisträger so eng mit dem Lebenswerk von Paul Ehrlich verbunden – Ehrlich war sowohl Chemiker als auch einer der ganz frühen Pioniere der Chemotherapie und Immunologie – wie der Mediziner Lerner und der Chemiker Schultz in diesem Jahr.

Lassen Sie sich von der Themenfülle dieses Heft überraschen und begeistern.

Ihr

Prof. Dr. Horst Stöcker
Vizepräsident der
Johann Wolfgang Goethe-
Universität

Nachrichten

- 4 »E-Finance Lab« zur Krisenbewältigung in der Finanzbranche

- 4 Strukturaufklärung von Membranproteinen vorantreiben – »Center for Membrane Proteomics« nimmt Arbeit auf

Forschung intensiv

- Alterssicherung** 7 Welche Sicherheit und Rendite bietet die kapitalgedeckte Alterssicherung

- Faszination der Kristalle** 15 Motor der Wirkstoff-Entwicklung: Mit der Röntgenstrukturanalyse Strukturen knacken

- Lantibiotika** 20 Antibiotika aus Käse und Humus – Eine Alternative bei Resistenzen: die Lantibiotika Nisin und Subtilin

- Aus dem Atelier** 26 Refuge – »Sich zurückziehen, um besser springen zu können«

Forschung aktuell

- 32 Wie hoch ist das Strahlenrisiko durch das Handy?

- 36 pretagraha totam bhindami – Magische Silben zur Abwehr von Dämonen: Die Malediven im Wandel der Sprachen und Religionen

- 39 Von Schnecken und Menschen – Beeinflussen Umweltchemikalien die Entwicklung und Fortpflanzung?

- 42 Stammzelltransplantation bei Kindern – Auch Eltern sind mögliche Spender?

- 46 Klimaverschiebungen bringen Vogelarten in Bedrängnis – Wie sich die Konkurrenz zwischen Vögeln und Siebenschläfern verschärft

- 49 Chemieunterricht interessant gestalten – Für das Leben lernen

Welche Sicherheit und Rendite bietet die kapitalgedeckte Alterssicherung?



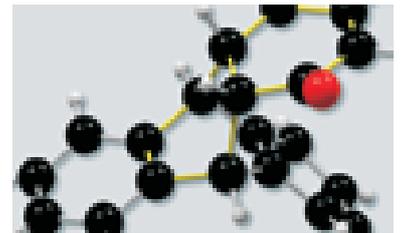
Die gesetzliche Rentenversicherung ist ins Wanken gekommen. Immer weniger junge Menschen sind bereit, diesen Generationenvertrag zu akzeptieren, für den sie bei stetig sinkenden Leistungen laufend mehr zahlen müssen. Kann die kapitalgedeckte Alterssicherung diese Defizite auffangen? Wie lassen sich die viel-

fältigen Konzepte der privaten Alterssicherung bewerten und ihre Risiken unter unterschiedlichen Zeitaspekten kalkulieren? In seinem Beitrag nimmt Prof. Dr. Raimond Maurer Aktien-, Zins- und Immobilienfonds unter die Lupe.

Mit der Röntgenstrukturanalyse Strukturen knacken

15

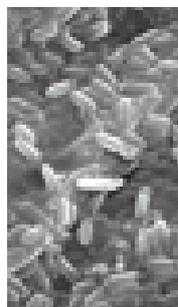
Eine vielversprechende Strategie bei der Entwicklung neuer pharmazeutischer Wirkstoffe ist die Suche nach Beziehungen zwischen der Struktur von Molekülen und ihrer biologischen Funktion. Dies setzt voraus, dass die Strukturen von potenziellen Wirkstoffen zuverlässig und genau bestimmt werden können.



Aus der Vielzahl der Strukturbestimmungsmethoden ragen zwei Verfahren aufgrund ihrer besonderen Leistungsfähigkeit heraus: die Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie (NMR) und die Röntgenstrukturanalyse. Diese beiden Verfahren sind heute in der chemischen Forschung unverzichtbar. Prof. Dr. Ernst Egert, Institut für Organische Chemie und Chemische Biologie, erläutert die Bedeutung der Röntgenstrukturanalyse für die Aufklärung von Molekülstrukturen und die Fortschritte, die in den letzten Jahren erzielt wurden.

Eine Alternative bei Resistenzen – die Lantibiotika Nisin und Subtilin

20



Krankheitserreger lernen schnell und gründlich. Manche von ihnen besiegen bereits alle therapeutisch zur Verfügung stehenden Antibiotika. Doch Biochemiker und Mikrobiologen haben die Suche nach Substanzen mit neuartigen Wirkmechanismen gestartet und sind in

Milch und Erde fündig geworden. Prof. Dr. Karl-Dieter Entian und Dr. Torsten Stein, Institut für Mikrobiologie, berichten über die Klasse der Peptidantibiotika, zu denen die antibakteriell wirkenden Eiweißmoleküle Nisin aus *Lactococcus lactis* und Subtilin aus *Bacillus subtilis* gehören. Nisin ist ein natürlicher Bestandteil von Milchprodukten und dient in vielen Ländern als konservierender Lebensmittelzusatz (E 234). Subtilin wird vom »gemeinen Heubazillus« *Bacillus subtilis* gebildet, das neben Subtilin mehr als ein Dutzend verschiedene Peptidantibiotika produzieren kann und daher in der Landwirtschaft vermehrt als Bio-Fungizid eingesetzt wird.

32

Strahlenrisiko durch Handies?



Wie wirkt die Strahlung von Handys und Relaisstationen auf den Menschen, welche Wirkmechanismen werden dadurch ausgelöst? Wohl kaum ein Thema wird so heiß und kontrovers diskutiert wie dieses »Strahlenrisiko«. Leider herrscht häufig ein Defizit an Fachinformation; die wissenschaftliche Grundlagenforschung ist noch sehr lückenhaft: Trotz etlicher tausend Publikationen sind nur für einige der Fragen gesicherte Antworten möglich. Prof. Dr. Werner Mäntele berichtet über den Stand der Wissenschaft. Er untersucht in seinem Arbeitskreis die Wechselwirkung von Infrarot- und Terahertz-Strahlung mit biologischen Molekülen.

39 Von Schnecken und Menschen – Beeinflussen Umweltchemikalien die Entwicklung?



Bestimmte Umweltchemikalien, die endokrinen Disruptoren, stehen im Verdacht, die hormonelle Kontrolle bei Tieren und Menschen zu stören. So konnten Vermännlichungen und Verweiblichungen bei wasserlebenden Schnecken, Fischen und Amphibien beobachtet werden, die bis

zum Verlust der Fortpflanzungsfähigkeit führten. Auch beim Menschen werden endokrine Disruptoren mit der steigenden Zahl ungewollt kinderloser Paare sowie der Zunahme hormonabhängiger Krebserkrankungen in den Industrieländern in Verbindung gebracht. Prof. Dr. Oehlmann, Zoologisches Institut, berichtet über den Stand der Forschung.

55 Seehandel und Kaufleute im Alten Europa



Das internationale Handelsrecht hat in Zeiten globaler Konzerne und vernetzter Kommunikation Hochkonjunktur, dadurch finden das Recht und die Geschichte der Kaufleute wieder Aufmerksamkeit. Der Rechtshistoriker Prof. Dr. Albrecht Cordes skizziert die vielfältigen Themen aus dem Seerecht, dem Gesellschafts- und dem Prozessrecht und

der Wissenschaftsgeschichte, die in Frankfurt erforscht werden. Prof. Dr. Michael Stolleis stellt die »International Max Planck Research School für vergleichende Rechtsgeschichte an der Johann Wolfgang Goethe-Universität« vor. Er betont die Rolle der Rechtsgeschichte als kulturelles Gedächtnis, von der Lebendigkeit dieses Gedächtnisses im Guten wie Bösen hingen vitale Funktionen einer Gesellschaft ab.

Perspektiven

Akademische Zugvögel: Einmal Ausland und zurück? – »Brain Drain – Brain Gain«: Eine Untersuchung über internationale Berufskarrieren von Wissenschaftlern 52

Seehandel und Kaufleute im Alten Europa: Recht ohne Juristen, Gesetze und Staat – Wieder im Blickfeld der Forscher: Die Geschichte des Handelsrechts 55

Stifter und Sponsoren

Katalytische Antikörper vereinen in sich die Eigenschaften von Antikörpern und Enzymen – Richard A. Lerner und Peter G. Schultz mit Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis 2003 ausgezeichnet 62

Doktoranden im Dienst der Wissenschaft »auf Tour« 64

Universitätsgeschichte

Verkünder und Verbreiter der Mengenlehre – Zum 150. Geburtstag von Arthur Schoenflies 65

Gute Bücher

Wege zur globalen Demokratie? 69

Mehr als eine Hauszeitschrift: Liebling des Feuilletons 70

Rituale des Alltags 71

Vorschau

Vorschau/Impressum/Bildnachweis 72

»E-Finance Lab« zur Krisenbewältigung in der Finanzbranche

Das »E-Finance Lab Frankfurt am Main« – eine gemeinsame Initiative der Universitäten Frankfurt und Darmstadt sowie namhafter Unternehmen – hat im Februar seine Arbeit aufgenommen. Ziel ist es, die Industrialisierung des Finanzdienstleistungswesens mit Nachdruck voranzutreiben und dabei substantielle Hilfestellung zu leisten. Weltweit werden derzeit Schwachpunkte im Finanzdienstleistungswesen, insbesondere bei Banken, diskutiert. Immer noch wird im Gegensatz zu anderen Branchen an der Eigenleistung der Dienstleistung festgehalten. Das Resultat: Die Herstellkosten

e finance lab
FRANKFURT AM MAIN



vieler Standard-Finanzprodukte, etwa die Kosten einer Überweisung in ein anderes EU-Land, sind derzeit zu hoch. Traditionelle Systemarchitekturen wurden nicht modernisiert und oftmals sind viele manuelle, kaum standardisierte Prozessschritte zur Erzeugung der Dienstleistung unumgänglich. Der Begriff »E-Finance« verdeutlicht, dass das Aufbrechen traditioneller Wertschöpfungsketten und das Neu-Strukturieren der Elemente nur über einen umfangreichen und verstärkten Einsatz moderner, netzbasierter Informations- und Kommunikationssysteme möglich ist.

Zu den Gründungsmitgliedern des »E-Finance Lab« gehören Accenture, Deutsche Bank, Deutsche Postbank, Microsoft, Siemens, T-Systems und Innovative Software sowie die Universität Frankfurt und die Technische Universität Darmstadt. Derzeit laufen Verhandlungen, um weitere Finanzdienstleister, auch mit Firmenzentralen außerhalb Deutschlands, in das E-Finance Lab zu integrieren. Beteiligt sind die Frankfurter Wirtschaftsprofessoren Wolfgang König, Bernd Skiera und Mark

Wahrenburg sowie der Darmstädter IT-Professor Ralf Steinmetz. Unter Bündelung der verschiedenen Kompetenzen sollen die erforderlichen Analyse- und Gestaltungsarbeiten in einer laborähnlichen und interdisziplinären Arbeitsumgebung gelöst werden.

Die Konsortialpartner wollen Frankfurt und Südhessen zum herausragenden, praxisorientierten Forschungs- und Erprobungsstandort für die neuen Anwendungen entwickeln. Dabei stehen zunächst unter anderem folgende Fragen im Mittelpunkt: Wie können IT-Infrastrukturen im Finanzdienstleistungssektor hinsichtlich Kosten und Erträgen plan- und kontrollierbar gestaltet werden? Wie lassen sich integrierte Telekommunikations- und Informationsverarbeitungsverfahren in der Finanzindustrie nutzbar machen. Wie können die verschiedenen Kanäle optimal aufeinander abgestimmt werden? Welche Akteure im Finanzdienstleistungswesen werden in zehn Jahren welche Produkte wie erstellen und wem anbieten?

Center for Membrane Proteomics nimmt Arbeit auf »Strukturaufklärung von Membranproteinen vorantreiben«

In der lebenden Zelle sind Membranproteine an vielen grundlegenden Reaktionen beteiligt. Sie stellen unter anderem die molekulare Grundlage für das Fühlen, Denken und Handeln in unserem Nervensystem dar. Etwa ein Drittel des menschlichen Genoms enthält Informationen für Membranproteine. Sie sind unter anderem am Stoff- und Ionenaustausch zwischen membranumschlossenen Kompartimenten innerhalb und außerhalb der Zelle, der biologischen Energiegewinnung und dem Signalaustausch zwischen Zellen beteiligt. Auch die meisten Pharmaka wirken über Membranproteine. Trotz ihrer überaus großen Zahl ist bislang lediglich die Struktur von weniger als dreißig Membran-

proteinen aus verschiedenen Organismen entschlüsselt worden. Ihre Analyse stellt eine der besonderen Herausforderungen der Biowissenschaften und Medizin dar. Daher kommt der Entwicklung neuer Techniken für die Untersuchung des Proteoms (Gesamtheit aller Proteine) von Zellen und Organellen eine besondere Bedeutung zu. Aber auch die strukturelle und funktionelle Untersuchung von Membranproteinen und ihrer Dynamik sowie der Interaktion zwischen verschiedenen Membranproteinen ist sehr wichtig.

Dieser Aufgabe hat sich das im Sommer 2002 gegründete »Center for Membrane Proteomics« (CMP) an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt verschrieben,

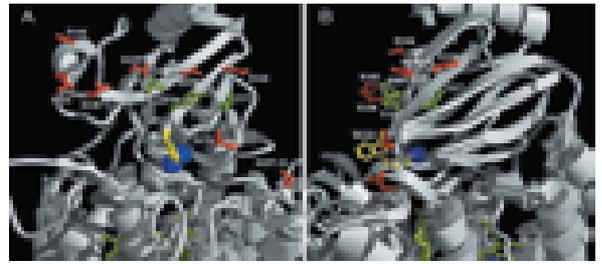
das im Februar 2003 seine Arbeit aufnahm. Ziel des CMP ist die Bündelung der Forschungsaktivitäten in Frankfurt auf dem Gebiet der Strukturaufklärung und Funktionsanalyse von membrangebundenen Proteinen. Das Hessische Ministerium für Wissenschaft und Kunst unterstützt das CMP mit rund einer Million Euro in den nächsten drei Jahren.

Anders als lösliche Proteine lassen sich Membranproteine nur schwer isolieren. Daher ist die Aufklärung ihrer Struktur schwierig, und komplette Strukturinformationen von Membranproteinen sind ausgesprochene Mangelware. Auch einer Funktionsuntersuchung *in vitro* widersetzen sie sich häufig erfolgreich. »Vor diesem Hintergrund stellt die

Gründung des »Center for Membrane Proteomics« (CMP) an der Universität Frankfurt eine bundesweit einzigartige Initiative zur Bündelung der Forschungskapazitäten auf dem Gebiet der Membranproteine dar«, sagte der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Prof. Dr. Rudolf Steinberg. »Das CMP bietet eine exzellente Plattform für interdisziplinäres Arbeiten und einen intensiven Austausch von Expertise und technischen Ressourcen«, ergänzte der Geschäftsführende Direktor des CMP, Prof. Dr. Herbert Zimmermann. Die beteiligten Arbeitsgruppen aus der Biologie, Biochemie, Chemie, Pharmazie, Medizin und Physik stehen in einer langen Tradition auf dem Gebiet der Biomembranforschung. In dieser Kontinuität stehen auch die engen Kooperationen, insbesondere mit den Frankfurter Max-Planck-Insti-

tuten für Biophysik und für Hirnforschung. Unterstrichen wird die hohe Kompetenz der im CMP versammelten Arbeitsgruppen durch die Förderung ihrer Mitglieder in insgesamt vier Sonderforschungsbereichen der Deutschen Forschungsgemeinschaft.

Die Frankfurter Forscher nehmen die Herausforderungen auf dem Feld des »Membrane Proteomics« mit einem umfassenden Methodensatz in Angriff: Die am CMP beteiligten Laboratorien verfügen über alle wichtigen technischen Anwendungen. Diese reichen von der NMR-Spektroskopie, Röntgenstrukturanalyse, 2D-Elektrophorese, Massenspektrometrie über mikroskopische und spektroskopische Techniken bis hin zu verschiedenen Methoden zur Isolierung von Membranproteinen. Die Schwerpunkte der Frankfurter Membranforschung liegen im Be-



Ausschnitt aus der Struktur der Cytochrom c-Oxidase des Bakteriums *Paracoccus denitrificans*, eines Membranproteins, das als evolutionärer Vorläufer heutiger Mitochondrien und als Modell für die Atmungskette höherer Zellen gilt. Die Andock-Stelle für das Substrat der Oxidase, Cytochrom c, im Aufriss (A) und um 90 Grad gedreht in Seitenansicht (B). Die Wechselwirkung wird auf der Oberfläche des Proteins durch die farblich hervorgehobenen Seitengruppen bestimmter Aminosäuren vermittelt, deren Beteiligung durch gezielte Mutagenese nachgewiesen wurde.

reich des Stofftransports, der Bioenergetik, Signaltransduktion, Bildung und Organisation zellulärer Kompartimente und der Struktur von biologischen Membranen.

Anzeige

Anzeige 01
Aventis

210 x 148

Anzeige 06
Deutsche Bank

185 x 128mm

Anzeige 07
Deutsche Bank

185 x 128mm

Welche Sicherheit und Rendite bietet die kapitalgedeckte Alterssicherung?

Zu Möglichkeiten der Risikoabschätzung

von
Raimond
Maurer

Der »Generationenvertrag« der gesetzlichen Rentenversicherung hat die Grenzen seiner Leistungsfähigkeit erreicht. Damit ist die »erste Säule« der Alterssicherung, die auf diesem Umlageverfahren basiert, ins Wanken geraten. Schuld daran ist die zunehmende Überalterung der Gesellschaft, aber auch die anhaltend hohe Arbeitslosigkeit, die zu enormen Beitragsausfällen führt. Schon heute sind die Rentenzahlungen nur noch zu rund 75 Prozent durch die Sozialversicherungsbeiträge der arbeitenden Bevölkerung gedeckt, der Rest muss – ähnlich wie bei den Beamtenpensionen – aus dem allgemeinen Steueraufkommen finanziert werden. Das birgt vor allem für die jungen Beitragszahler substantielle Risiken. Angesichts dieser Perspektiven sind immer weniger junge Menschen bereit, steigende Rentenbeiträge bei stetig sinkenden Leistungen zu akzeptieren. Kann die kapitalgedeckte Alterssicherung diese Defizite auffangen? Wie lassen sich die vielfältigen Konzepte der privaten Alterssicherung bewerten?



Neben vielen Reparaturversuchen der gesetzlichen Alterssicherungssysteme spielen der Ausbau der »zweiten« (betrieblichen) und »dritten« (privaten) Säule der Alterssicherung eine zentrale Rolle. Dabei handelt es sich um kapitalgedeckte Versorgungssysteme: Jedes Individuum baut während der Erwerbsphase einen eigenen Kapitalstock auf, aus dem später seine Ruhestandsleistungen finanziert werden. Mit einem zusätzlichen kapitalgedeckten Alterssicherungssystem sind verschiedene Vorteile verbunden: Es ist weniger anfällig gegenüber demografischen Veränderun-



gen als die umlagefinanzierte gesetzliche Rentenversicherung, und das breite Produktspektrum bietet größere Flexibilität, da individuelle Aspekte wie Lebensalter, Risiko- und Zeitpräferenzen besser berücksichtigt werden können. Schließlich ist zu erwarten, dass eine Altersversorgung, die an die Wertentwicklung der internationalen Aktien-, Zins- und Immobilienmärkte gekoppelt ist, ein höheres Versorgungsniveau erreicht.

Diese Vorzüge wurden vom Gesetzgeber erkannt: Das im Mai 2001 verabschiedete Altersvermögensgesetz (AVmG) – auch unter dem Namen des damaligen Bundesarbeitsministers bekannt als »Riester-Rente« – fördert die kapitalgedeckte Alterssicherung, die das bisherige System ergänzt und teilweise auch ersetzt. Das Gesetz sieht vor, von Arbeitern, Angestellten sowie Beamten erbrachte Sparbeiträge für die Altersvorsorge steuerlich zu fördern und gleichzeitig das Leistungsniveau der gesetzlichen Rente beziehungsweise der Beamtenpension zu senken. Für Familien mit Kindern fällt die steuerliche Förderung besonders hoch aus. Im Gegensatz zur Versorgungsrücklage der Beamten fließen die Altersvorsorgegelder nicht in einen vom Staat (beziehungsweise von der Zentralbank) verwalteten »Kollektivfonds«, sondern in Altersvorsorgeprodukte, die von staatlich überwachten privaten Finanzinstitutionen wie Banken, Investmentgesellschaften und Versicherungen entwickelt und breiten Bevölkerungsschichten angeboten werden.

In einem solchen Marktumfeld steht der Verbraucher vor der Aufgabe, die verschiedenen Offerten zu beurteilen und aus dem reichhaltigen Produktspektrum eigen-

verantwortlich ein auf seine individuellen Bedürfnisse zugeschnittenes Altersversorgungsprogramm auszuwählen. Dabei darf eines nicht verschwiegen werden: Den Chancen der kapitalgedeckten Alterssicherung stehen auch Risiken gegenüber. So partizipieren die Anleger nicht nur an den Ertragschancen, sondern auch an den Verlustrisiken der Finanz- und Immobilienmärkte. Nach dem Fundamentalgesetz effizienter Finanzmärkte gehen höhere Renditechancen mit höheren Risiken einher. Für Anleger ist deshalb bei der Auswahl entscheidend, wie die langfristigen Rentabilitäts- und Risikopotenziale eines bestimmten Altersvorsorgeprodukts fundiert eingeschätzt werden können.

Welche wirtschaftswissenschaftlichen Methoden aus der betrieblichen Finanz- und Risikotheorie können dabei helfen? Der Beantwortung dieser Frage ist ein großer Teil der Forschung an der Frankfurter Investmentprofessur gewidmet. Einige der hierbei gewonnenen Erkenntnisse sollen im Rahmen der folgenden Fallstudie dargestellt werden.

Langfristige Rendite- und Risikoprofile von Investmentparplänen

Kapitalanlage- und Versicherungsgesellschaften verwenden Investmentfonds als einen zentralen Baustein ihrer Altersvorsorgeprodukte. Diese Sondervermögen haben einen bestimmten Anlageschwerpunkt – etwa Aktien, Zinstitel, Immobilien. Erwirbt der Anleger solche Investmentanteile, partizipiert er daran, wie sich der Wert des Sondervermögens entwickelt.



Alterssicherung im Vergleich: Deutschland und Russland: Forschungsk Kooperation der Universitäten Frankfurt und Sankt Petersburg

Effiziente Lösungen zur Ausgestaltung der Alterssicherungssysteme zu finden, ist eine der wichtigsten gesellschaftspolitischen Aufgaben für Staat und Wirtschaft. Dies gilt sowohl für die west- als auch osteuropäischen Wirtschaftsnationen. Zwei Professoren des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften, Prof. Dr. Reiner Klump und Prof. Dr. Raymond Maurer, haben mit vier jungen Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern der Universität für Ökonomie und Finanzen Sankt Petersburg zu Beginn

dieses Jahres ein Forschungsprojekt zum Thema »Perspektiven der gesetzlichen und der privaten Alterssicherung in Deutschland und der Russischen Föderation« vereinbart. Sie haben sich zum Ziel gesetzt, den Status quo und die gegenwärtigen Reformbemühungen der privaten und gesetzlichen Alterssicherungssysteme in beiden Ländern aufzuarbeiten. Ferner können sich die russischen Nachwuchswissenschaftler so weiter qualifizieren und sich eine wissenschaftliche Karriereperspektive in

Russland eröffnen. Die Ergebnisse der Zusammenarbeit sollen gemeinsam nach internationalen Qualitätsstandards in deutschen, russischen und internationalen Fachzeitschriften publiziert werden. Die Frankfurter Wissenschaftler bemühen sich auch um eine angemessene finanzielle Unterstützung der russischen Nachwuchswissenschaftler, um ihnen eine konzentrierte Arbeit an dem Forschungsprojekt vor Ort zu ermöglichen. Die Kooperation ist zunächst auf ein Jahr angelegt.

Anzeige 08 Dresdner Bank

210 x 297



Betrachten wir nun einen Altersvorsorgesparer, der zu Beginn eines jeden Jahres regelmäßige Sparraten in einen solchen Aktien-, Renten- oder Immobilienfonds beziehungsweise in eine Mischung dieser Basisfondstypen anlegt. Um den für die langfristige Altersvorsorge wichtigen Zinseszinsseffekt möglichst uneingeschränkt ausnutzen zu können, sollen diese Fonds erwirtschaftete Erträge nicht ausschütten, sondern gleich wieder investieren (so genannte thesaurierende Fonds). Als Ausgabeaufschläge beim Erwerb der Fondsanteile werden pro geleisteter Sparrate fünf Prozent für den Aktien- und Immobilienfonds sowie drei Prozent für Rentenfonds angesetzt, was in etwa marktüblichen Konditionen entspricht. Als Sparplandauer werden Horizonte von einem bis zu zwanzig Jahren betrachtet. Wie kann man nun ein Bild über die »Sicherheit« und die »Rendite« der betrachteten Fonds gewinnen?

In einem ersten Schritt ist zu klären, was unter Sicherheit beziehungsweise Risiko zu verstehen ist. Oft orientiert man sich dabei an der nominalen Kapitalerhaltung: Eine Anlageform ist umso sicherer, je geringer das Risiko ausfällt, am Ende weniger zu haben als eingezahlt wurde. Welches Risiko die Konzentration auf die nominale Kapitalerhaltung jedoch birgt, hat die Universität Frankfurt selbst in ihren Anfängen schmerzhaft erfahren müssen: Das Gründungskapital ging durch die Inflation in den 1920er Jahren fast vollständig verloren. Nun soll hier keinesfalls das Gespenst einer Hyperinflation wie nach den beiden Weltkriegen an die Wand gemalt werden. Aber bei den für die Altersvorsorge relevanten langen Zeithorizonten sind auch die derzeit moderaten Inflationsraten beachtlich. Ein Beispiel: Bei einer Inflationsrate von zwei Prozent pro Jahr verliert ein unverzinslich angelegtes Anfangskapital nach 20 Jahren zirka 33 Prozent seines realen (Kaufkraft-)Werts. Da Sparen nichts anderes bedeutet, als Konsummöglichkeiten von der Gegenwart in die Zukunft zu verschieben, markiert der Ausgleich der Inflationsrate – und damit die reale Kapitalerhaltung – sicherlich die unterste Verteidigungslinie, an der sich die langfristige Rentabilität eines Altersvorsorgungsinstruments messen lassen muss. Aus diesem Grunde betrachten wir es in

dieser Studie als Verlust, wenn die reale Kapitalerhaltung verfehlt wird.

Wie lässt sich die Wahrscheinlichkeit eines Verlusts ermitteln?

Im zweiten Schritt sind geeignete Kennzahlen festzulegen, mit denen das Risiko, einen realen Wertverlust zu erleiden, gemessen werden kann. Wir verwenden hierzu die beiden folgenden, auch intuitiv zugänglichen Kennziffern:

- Verlust-Wahrscheinlichkeit
- durchschnittliche Verlusthöhe im Verlustfall

Die Verlust-Wahrscheinlichkeit gibt Antwort auf die Frage, bei wie vielen aller möglichen Wertentwicklungsszenarien die reale Kapitalerhaltung verfehlt wird. Sie gibt allerdings über das Ausmaß der möglichen Verluste keine Auskunft, denn eine Verfehlung um einen Euro wird genauso bewertet wie ein Verfehlen um 20 000 Euro. Diese Informationslücke schließt die zweite Risikokennzahl, welche die durchschnittliche Verlusthöhe erfasst – unter der Bedingung, dass die Inflationsrate als untere Verteidigungslinie verfehlt worden ist.

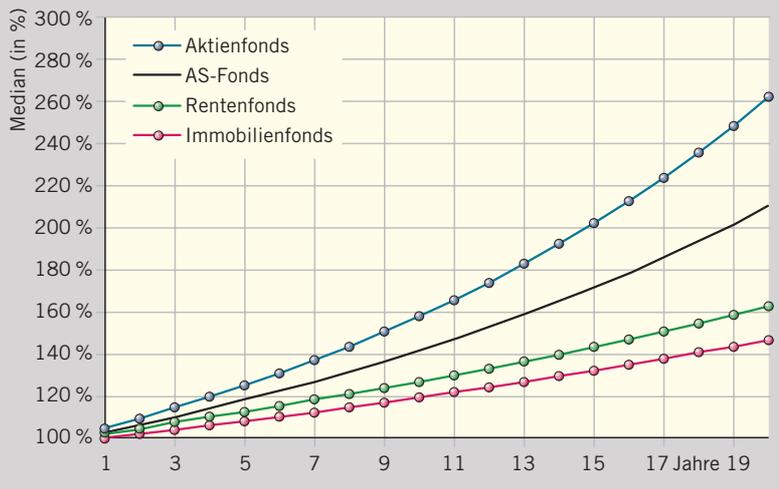
In einem letzten Schritt gilt es, ein Verfahren zu wählen, mit dem diese Risikokennzahlen quantifiziert werden können. Methodisch verwenden wir hierzu so genannte Monte-Carlo-Simulationstechniken. Dabei wird auf Basis eines geeigneten Modells für die Stochastik und die Dynamik der betrachteten Investmentfonds zufällig eine sehr große Anzahl alternativer Szenarien der zukünftigen inflationsbereinigten Wertentwicklungen erzeugt. Wir benutzen dafür die so genannte geometrische Brownsche Bewegung. Dieser Zufallsprozess geht auf den schottischen Botaniker Robert Brown (1773–1858) zurück, der damit die Bewegung von Pollen in einer Flüssigkeit beschrieb, und gehört heute zum Standardinstrumentarium in der Finanzmarktforschung und -praxis. Um eine möglichst hohe Präzision bei den Risikokennziffern sicherzustellen – insbesondere die Unterschätzung von Worst-Case-Risiken gilt es zu vermeiden –, werden jeweils 3 000 000 Simulationspfade betrachtet. Dies verlangt sehr leistungsfähige Rechner und eine »geschickte« Programmierungstechnik. Auf der Basis dieser 3 000 000 möglichen zukünftigen Wertentwicklungen werden nun die Verlust-Wahrscheinlichkeit – Anzahl der Wertentwicklungspfade, bei denen ein Verlust eintritt, geteilt durch die Anzahl aller Pfade (hier 3 000 000) – und der durchschnittlichen Verlusthöhe im Verlustfall berechnet.

In den Abbildungen **1**, **2** und **3** sind die Simulationsergebnisse für Sparpläne in jeweils reinen Aktien-, Renten- und Immobilienfonds gegenübergestellt. Außerdem wird ein Mischfonds betrachtet, der sich aus 50 Prozent Aktien-, 35 Prozent Renten- und 15 Prozent Immobilienfonds zusammensetzt. Dies ist insofern wichtig, da die meisten Altersvorsorgeprodukte im Rahmen der »Riester-Rente« als Kombination dieser Hauptanlageklassen konzipiert sind. Bei bestimmten Investmentfonds (etwa bei Altersvorsorgesondervermögen) ist eine Streuung des Fondsvermögens über verschiedene Asset-Klassen hinweg sogar gesetzlich vorgeschrieben. Die Datenbasis zur Schätzung der Prozessparameter be-

Anzeige 05
AM Generali Invest

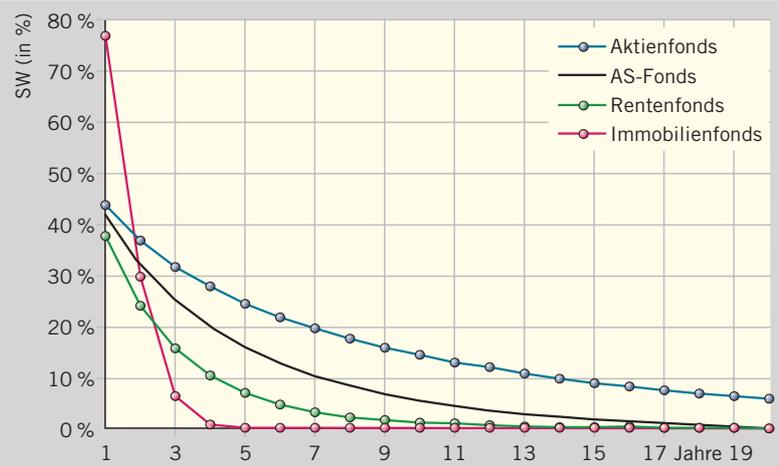
210 x 297

Zeitlicher Verlauf des mittleren realen Endvermögens



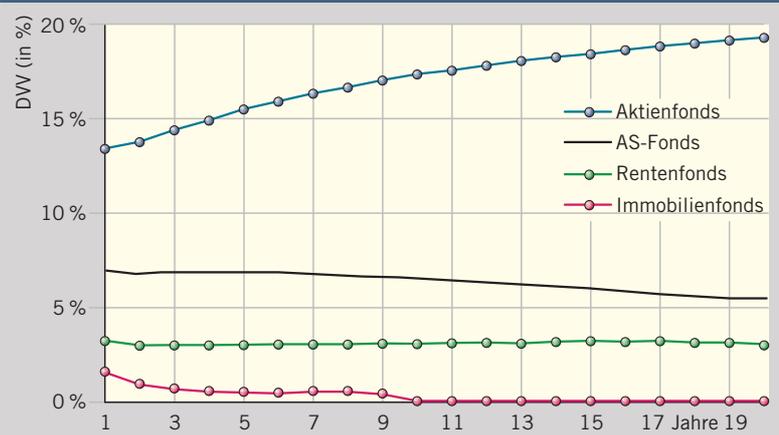
1 Wenn man nur schaut, wie sich das mittlere reale Endvermögen entwickelt und andere Risiken außer Acht lässt, dann wären Aktienfonds mit einer Steigerungsrate von 260 Prozent in 20 Jahren die Topanlage für die Alterssicherung. Doch wird bei dieser Betrachtungsweise nicht berücksichtigt, dass die Hälfte der Wertentwicklungsszenarien eine Rendite aufweist, die (zum Teil deutlich) geringer als der Mittelwert ausfällt. Unbeantwortet bleibt auch, wie oft die Inflationsrate, als »untere Verteidigungslinie« verfehlt wird.

Zeitlicher Verlauf der Verlustwahrscheinlichkeit (SW) relativ zur Referenzgröße einer Kapitalerhaltung



2 Aktienfonds bergen nach dem Verlauf der Verlust-Wahrscheinlichkeit deutlich höhere Risikowerte als weniger ertragsstarke Immobilien-, Renten- und Mischfonds.

Zeitlicher Verlauf des mittleren Verlustes im Verlustfall (DVV) relativ zur Referenzgröße einer realen Kapitalerhaltung



zieht sich auf die realen Einjahresrenditen am Markt existierender Investmentfonds im Zeitraum 1980 bis 2001 mit durchschnittlicher Wertentwicklung.

Betrachten wir zunächst den zeitlichen Verlauf des mittleren Endvermögens der Investmentsparpläne 1. Die Ertragsstärke der Aktienmärkte lässt (jedenfalls im Durchschnitt) das langfristig höchste Versorgungsniveau erwarten. Dabei steigt der mittlere Renditevorsprung des Aktienfonds relativ zum Immobilien-, Renten- beziehungsweise Mischfonds mit zunehmender Anlage-dauer. So beträgt das mittlere inflationsbereinigte Endvermögen nach einer Spardauer von 20 Jahren beim Aktienfonds zirka 260 Prozent. In anderen Worten: beim Aktienfonds kann der Anleger nach 20 Jahren nahezu ein 2,6-fach höheres Konsumniveau erwarten als bei einer Anlageform, die eine Rendite exakt in Höhe der Inflationsrate aufweist. Bei einem reinen Immobilienfonds ergibt sich dagegen nur ein Wert von 145 Prozent. Sollte man also seine private Altersvorsorge somit ausschließlich auf Aktienfonds aufbauen? Lassen sich die demografischen Probleme der Alterssicherung durch die Ertragsstärke der Aktienmärkte so einfach beheben? Sind konservativere Anlageformen wie Immobilien- oder Rentenfonds für langfristige Anlagezeiträume überflüssig?

Bei der Interpretation der »mittleren Rendite« ist Vorsicht geboten: Denn die Hälfte der simulierten 3 000 000 zukünftigen Wertentwicklungsszenarien weist eine Rendite auf, die (unter Umständen deutlich) geringer als der Mittelwert ausfällt. Es stellt sich nun die Frage, in wie vielen Fällen sogar die Inflationsrate verfehlt wird, also sogar eine negative reale Rendite auf die Sparbeiträge erzielt wurde. Auf diese Frage gibt die Verlust-Wahrscheinlichkeit Auskunft.

Mischung macht's: Strategien gegen »Worst-Case«

Abbildung 2 zeigt, dass – konsistent zum Fundamentalgesetz effizienter Finanzmärkte – Aktienfonds durchweg höhere Risikowerte aufweisen als die weniger ertragsstarken Immobilien-, Renten- und Mischfonds. Auffallend ist die sehr hohe Verlust-Wahrscheinlichkeit des Immobilienfonds bei einer Spardauer von nur einem Jahr, die dann sehr schnell (im dritten Jahr) auf geringe Werte abfällt. Dies ist maßgeblich auf den relativ hohen einmaligen Ausgabebeschlag und nicht etwa auf Schwankungen des Fondsvermögens zurückzuführen. Auch bei den anderen Fondstypen nimmt das Risiko im Verlauf ab: bei Rentenfonds recht schnell, bei Aktienfonds eher langsam. Existiert also ein verlässlich wirkender zeitlicher Risikoausgleich-Effekt, bei dem mögliche Verluste eines bestimmten Jahres durch entsprechende Gewinne aus anderen Jahren kompensiert werden? Wenn dem so wäre, gibt es einen bestimmten Anlagehorizont, bei dem das Inflationsrisiko aus Aktienanlagen quasi vernachlässigbar gering ist?

Auch hier ist Vorsicht angebracht: Denn die Verlust-Wahrscheinlichkeit betrachtet nur die Anzahl der Fälle,

3 Die Immobilien-, Renten- und Mischfonds, die im Vergleich zu Aktienfonds deutlich weniger Ertrag bringen, sind unter langfristigen Aspekten keine überflüssigen Anlageformen, wie der zeitliche Verlauf des mittleren Verlusts im Verlustfall deutlich macht.

Anzeige 11
DRESDNER BANK

210 x 297



in denen die Inflationsrate verfehlt worden ist. Wie hoch die Verluste damit im Einzelfall ausfallen, bleibt jedoch unbeantwortet. Auf diese Frage gibt der durchschnittliche Verlust im Verlustfall (DVV) **■** Antwort. Dabei werden nur diejenigen Fälle betrachtet, die in einem bestimmten Zeitpunkt die reale Kapitalerhaltung verfehlt haben. Für diese Verlustfälle wird dann der mittlere Unterschreitungsbeitrag berechnet, insofern kann hier auch von einer Kennziffer für das Worst-Case-Risiko gesprochen werden.

In der Worst-Case-Betrachtung sinkt mit zunehmender Sparplandauer das Risiko reiner Aktienfonds nicht. Vielmehr nimmt der durchschnittliche Unterschreitungsbeitrag, und damit das Risiko, im Zeitablauf immer weiter zu. Damit wird aufgedeckt, wie gefährlich es ist, langfristig nur in Aktien zu investieren. Im Gegensatz dazu sinkt die Risikokennziffer beim Immobilien- und Mischfonds und bleibt beim Rentenfonds konstant. Insofern sind die im Vergleich zu Aktienfonds deutlich weniger ertragsstarken Immobilien-, Renten- und Mischfonds auch unter langfristigen Aspekten keine überflüssigen Anlageklassen. Vielmehr liegt in der hier gezeigten verlässlichen Kontrolle von Verlust-Risiken, insbesondere im Worst-Case-Bereich, die zentrale Stärke dieser Anlagen. In der Praxis machen sich die Anbieter von Altersvorsorgeprodukten die unterschiedlichen Chance-/Risiko-profile der betrachteten Fondstypen zunutze, da sie

fast ausschließlich Mischfonds anbieten. Dabei kommt den Aktien die Rolle von »Renditetreibern« und Renten- und Immobilienfonds diejenige als »Risikostabilisatoren« zu.

Mehr Eigenverantwortung bedarf fundierter Kenntnis

Für die kapitalgedeckte Alterssicherung gilt es, aus dem reichhaltigen, von Banken-, Investment- und Versicherungsgesellschaften angebotenen Produktspektrum eigenverantwortlich ein passendes Altersversorgungsprogramm zu entwickeln. Dabei gilt es, Chancen und Risiken abzuwägen, Abschlusskosten, Provisionen zu vergleichen, auf Produktransparenz zu bestehen, nach Flexibilität und Dispositionsmöglichkeiten zu fragen und sich über die eigene Risikobereitschaft klar zu werden. All dies erfordert ein höheres Maß an Eigenverantwortung in Finanzfragen, das vielen noch fremd ist, aber trainiert werden kann. Vor dieser neuen Eigenverantwortung sollte man keine Angst haben. Ein Vergleich: Wer ein Auto fahren will, muss zunächst »Theoretisches« wie »Praktisches« lernen und üben. Beim Autokauf gilt es, komplexe Vergleiche von Preis-/Leistungsverhältnissen anzustellen, und wer schließlich die Vorzüge des Autofahrens genießt, muss Vorsicht und Verantwortlichkeit zeigen, um »Schadenrisiken« möglichst zu vermeiden. Trotz dieser Mühen und Risiken, wer ist hier zu Lande schon bereit, auf das private Autofahren zu verzichten und nur öffentliche Transportmittel zu benutzen?

Aus einer wirtschaftswissenschaftlichen Perspektive sind mit der Chance-/Risikoabschätzung von Alterssicherungsprodukten viele spannende Fragen verbunden. In diesem Beitrag wurde der Frage nach den kurz-, mittel- und langfristigen Ertrags- und Risikoprofilen von Aktien-, Zins- und Immobilienfonds nachgegangen. Viele Fragen bleiben noch offen. Wie sind die Risiken und die Chancen der privaten Altersvorsorge in der Ruhestandsphase geeignet zu quantifizieren, wie lassen sie etwa Rentenhöhe zu Lebenszeiten und Vererbungsmöglichkeiten an die Nachkommen sinnvoll gegeneinander abwägen? Wie ist die Zufallsgesetzmäßigkeit der Wertentwicklung verschiedener Vorsorgeprodukte geeignet zu modellieren? Welche Rolle spielt das private Wohnungseigentum, und wie sieht ein effizientes Portfolio aus den verschiedenen Altersvorsorgeprodukten über den gesamten Lebenszyklus aus? Welche Effekte gehen von institutionellen Rahmenbedingungen wie Steuer- und Aufsichtsrecht aus? Es ist somit noch ein erheblicher Forschungsbedarf zu konstatieren. ◆

Der Autor



Prof. Dr. Raimond Maurer (38) hat seit April 2000 die Professur für Betriebswirtschaftslehre, insbesondere Investment, Portfolio Management und Alterssicherung, an der Johann Wolfgang Goethe-Universität inne. Nach einer Banklehre studierte er an der Universität Mannheim von 1986 bis 1991 Betriebswirtschaftslehre. Dort promovierte er 1995 und habilitierte sich 1999. Seine Forschungsinteressen liegen im Bereich Investment, Real-Estate-Finance sowie im Design von Produkten der privaten Alterssicherung.

Anmerkungen

Der Beitrag basiert auf früheren Arbeiten des Verfassers zu diesem Thema – unter anderem:

Raimond Maurer und Christian Schlag (2001): Erwartetes Versorgungsniveau und Shortfall-Risiken von Investmentfonds-Ansprüchen, in: Der Langfristige	Kredit 2001, 440–445.	Aktienanlage, in: AbsolventUm Universität Mannheim (ed.): 1. Mannheimer Alumni-Tag, Mannheim, 241–271.
Peter Albrecht und Raimond Maurer (2000): 100% Aktien zur Altersvorsorge? – Über die Langfristigkeiten einer		

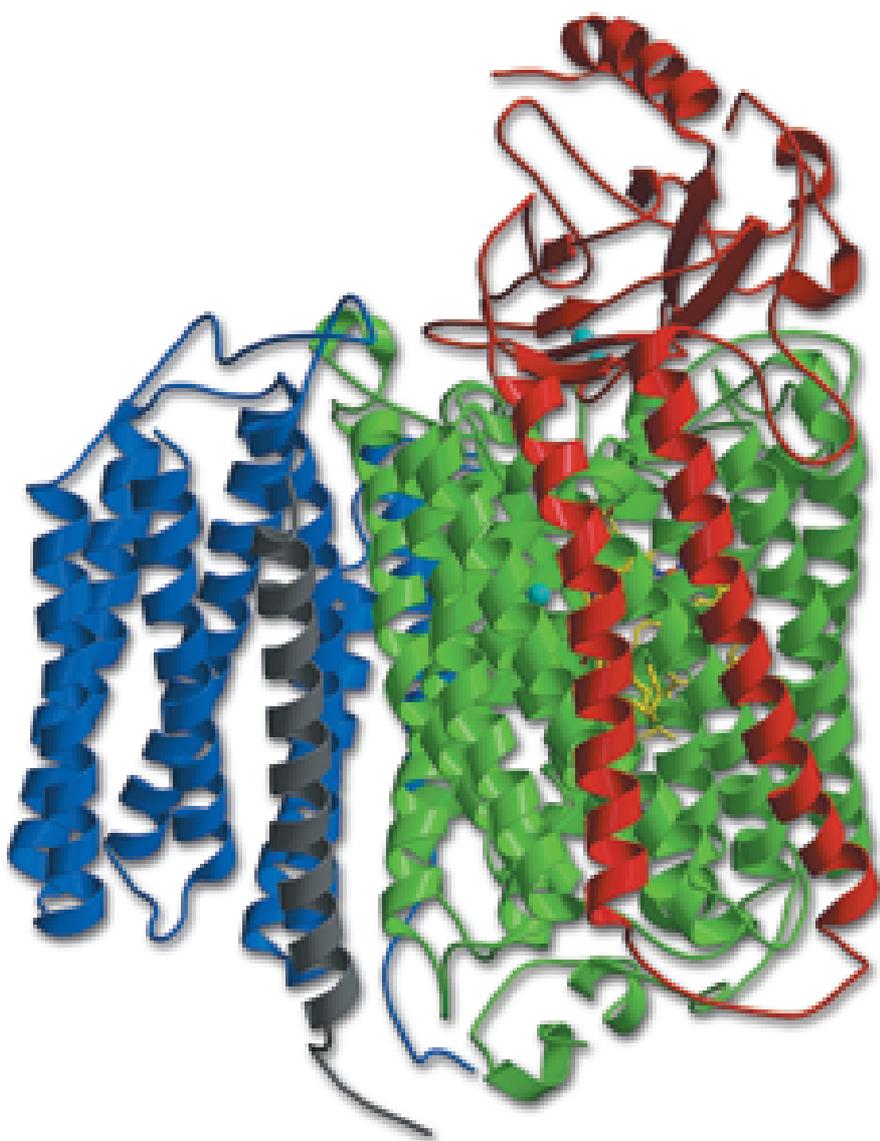
Mit der Röntgenstrukturanalyse Strukturen knacken

Motor der Wirkstoff-Entwicklung

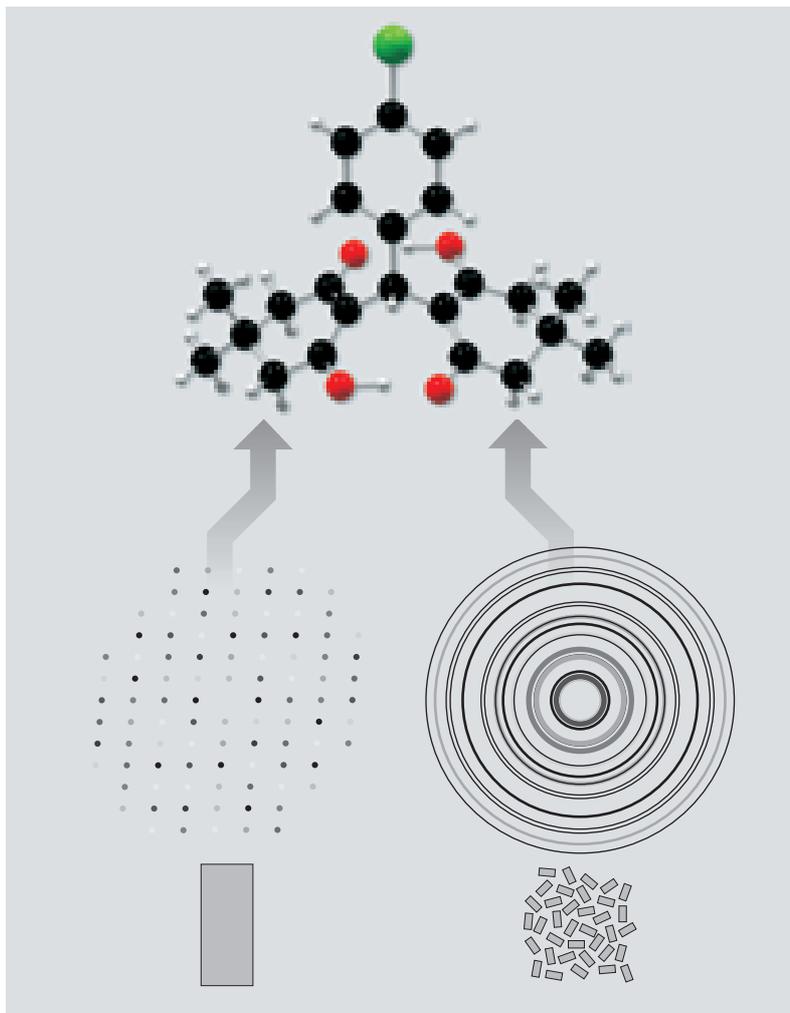
Chemiker stehen in ihrer Mentalität Architekten nahe: Sie planen und bauen Moleküle. Schon lange, bevor der atomare Aufbau der Materie experimentell bewiesen war, entwickelten sie genaue Vorstellungen über die Raumstruktur von Molekülen. Erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden diese »Arbeitshypothesen« – zum Beispiel das von Jacobus van't Hoff postulierte Tetraedermodell für den vierbindigen Kohlenstoff – von den Physikern glänzend bestätigt.¹⁾ Zwar ist es mittlerweile möglich, die Struktur von unbekanntem Molekülen zuverlässig vorherzusagen; doch nach wie vor sind genaue experimentelle Strukturbestimmungen ein unverzichtbarer Bestandteil vieler Forschungsprojekte.

Eine vielversprechende Strategie bei der Entwicklung neuer, noch leistungsfähigerer pharmazeutischer Wirkstoffe ist die Suche nach Beziehungen zwischen der Struktur von Molekülen und ihrer biologischen Funktion (»rational drug design«). Dies setzt voraus, dass die Strukturen von potenziellen Wirkstoffen oder zumindest ähnlichen Verbindungen zuverlässig und genau bestimmt werden können. Aus der Vielzahl von Strukturbestimmungsmethoden ragen zwei Verfahren aufgrund ihrer besonderen Leistungsfähigkeit heraus: die Kernmagnetische Resonanz-Spektroskopie (NMR) und die Röntgenstrukturanalyse. Diese beiden Verfahren sind heute in der chemischen Forschung unverzichtbar, so dass praktisch jede Forschungsabteilung innerhalb der Chemie zumindest Zugang zu den dazu erforderlichen Großgeräten besitzt. Im Institut für Organische Chemie und Chemische Biologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität wird die Bedeutung der NMR-Spektroskopie und der Röntgenstrukturanalyse durch die Ausrichtung zweier Professuren besonders hervorgehoben. Hier werden diese beiden modernen Strukturbestimmungsmethoden nicht nur als Service für die synthetisch arbeitenden Forschungsgruppen betrieben, sondern auch kontinuierlich weiterentwickelt und auf besonders anspruchsvolle Probleme angewandt. Außerdem erhalten die Chemie-Studierenden an der Universität Frankfurt – im Gegensatz zu vielen anderen Universitäten – im Rahmen von Pflichtveranstaltungen einen grundlegenden Einblick in diesen Bereich.

von Ernst Egert



Die Cytochrom c-Oxidase ist ein zentrales Enzym der Atmungskette, einer Reaktionskaskade, bei der die Zelle die zur Aufrechterhaltung ihrer Lebensfunktion notwendige Energie bildet. Die Struktur dieses Proteins wurde durch Röntgenstrukturanalyse von Prof. Dr. Hartmut Michel am Max-Planck-Institut für Biophysik aufgeklärt. Die hier abgebildete Cytochrom c-Oxidase stammt aus dem Bodenbakterium *Paracoccus denitrificans*. Die C(alpha)-Ketten der Polypeptiduntereinheiten I, II, III und IV sind in grün, rot, blau beziehungsweise schwarz dargestellt. Außerdem ist die Lage der gebundenen Kupferzentren (hellblau) und Hämgruppen (gelb) zu sehen.

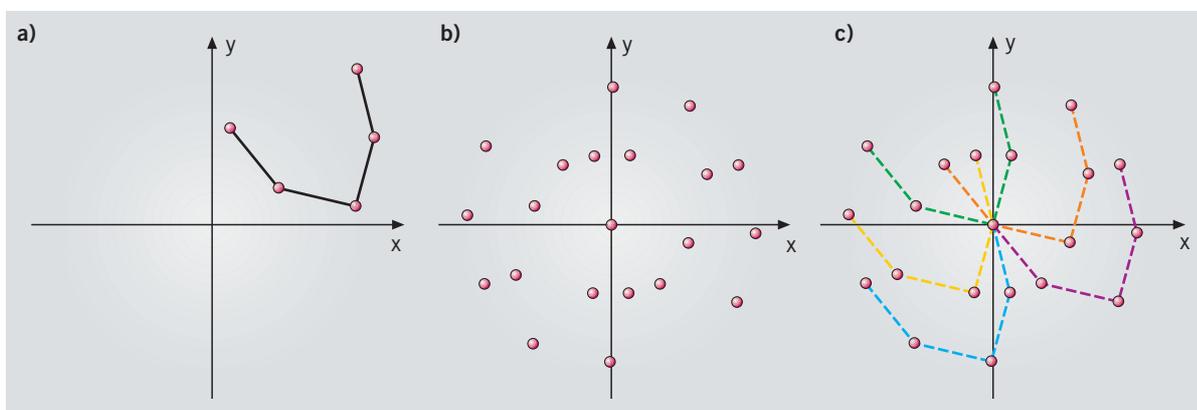


2 Setzt man Einkristalle Röntgenstrahlung aus, erhält man ein Beugungsdiagramm, aus dem man die Kristall- und Molekülstruktur bestimmen kann (links). Liegt nur ein feinkristallines Pulver vor, erhält man stattdessen nur die charakteristischen Pulverringe (rechts). Der Weg zur Struktur ist dann erheblich steiniger.

anderen Methode erreichte Zuverlässigkeit und Genauigkeit wettgemacht. Ursache dafür ist eine Fülle an experimentellen Daten. Wegen der unterschiedlichen Stärken und Schwächen gibt es zwischen Röntgenstrukturanalyse und NMR-Spektroskopie keine erbitterte Rivalität, sondern ein friedliches Miteinander. Die mit beiden Methoden erhältlichen Aussagen ergänzen sich hervorragend, so dass in vielen Fällen beide Verfahren angewandt werden.

Entwicklung der Röntgenstrukturanalyse

Kristalle üben seit Jahrtausenden eine große Faszination aus, doch erst seit knapp hundert Jahren weiß man, dass ein »Röntgenblick« durch kristalline Materie ihre innere Struktur offenlegt. Die Entdeckung Max von Laues (Nobelpreis 1914), dass Röntgenstrahlen an Kristallen gebeugt werden, und die blitzartige Erkenntnis von Vater und Sohn Bragg (Nobelpreis 1915), dass damit die atomare Struktur von Kristallen bestimmt werden kann, hat eine dramatische Entwicklung in Gang gesetzt. Seitdem ist der Fortschritt auf diesem Gebiet mit vielen weiteren Nobelpreisen gewürdigt worden. Darunter befinden sich auch James Watson und Francis Crick, die vor genau 50 Jahren die berühmte Struktur der DNA-Doppelhelix als Trägerin der Erbin-



3 Ein ebenes fünfatomiges Molekül (a) führt zu einer Pattersonfunktion mit 21 Maxima, die den Atom/Atom-Vektoren entsprechen (b). Verbindet man die Maxima geschickt miteinander, erhält man fünf Bilder der Molekülstruktur in der korrekten Orientierung, wobei in jedem Bild ein anderes Atom im Nullpunkt des Koordinatensystems liegt (c).

Die Röntgenstrukturanalyse besitzt gegenüber der NMR-Spektroskopie zugegebenermaßen einige Nachteile: Während NMR-Untersuchungen im allgemeinen in Lösung stattfinden, muss eine Verbindung für eine Röntgenstrukturanalyse zunächst kristallisiert werden. Dadurch sind die Moleküle im Kristallverband zwangsläufig sehr regelmäßig und dicht gepackt, so dass über ihre Beweglichkeit (Dynamik) nur begrenzte Aussagen möglich sind. Dies wird allerdings durch die von keiner

formation erkannten, Max Perutz und John Kendrew, die die ersten Proteinstrukturen bestimmten, und Johann Deisenhofer, Robert Huber und Hartmut Michel – er ist am Frankfurter Max-Planck-Institut für Biophysik tätig – für die Bestimmung der dreidimensionalen Struktur eines photosynthetischen Reaktionszentrums 4. Insgesamt fast 30 Nobelpreisträger sprechen eine deutliche Sprache für die Bedeutung dieses Forschungsgebiets – insbesondere wenn man berücksichtigt, dass die Gesamtzahl der bisher wissenschaftlich tätigen »Kristallographen«, darunter viele Chemiker, weltweit nur etwa 10 000 beträgt.

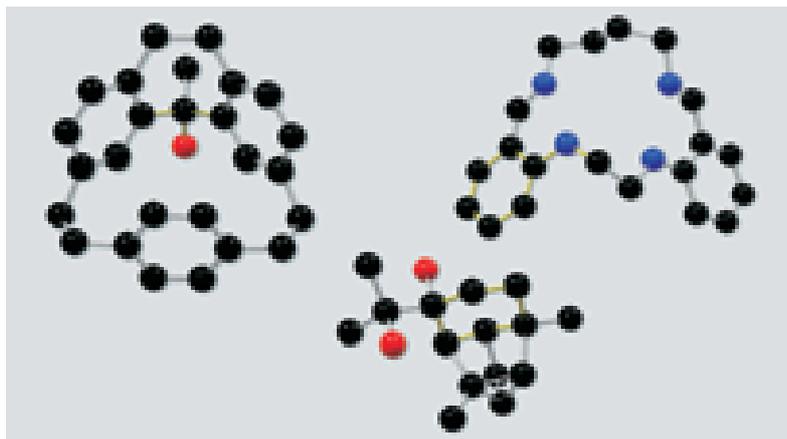
Die Röntgenstrukturanalyse beruht auf der Streuung von Röntgenstrahlen an der Elektronenhülle von Atomen. Die in Kristallen vorhandene periodische Ord-

nung in allen drei Raumrichtungen führt zu einem dreidimensional-periodischen Beugungsmuster, das im Gegensatz zur kontinuierlichen Streuung diskrete Maxima von unterschiedlicher Stärke (Intensität) aufweist **2**. Durch Messung der Intensitäten – im allgemeinen mehrere tausend – an rechnergesteuerten automatischen Messgeräten, so genannten Diffraktometern, lässt sich im Prinzip die Elektronendichte im Kristall und damit die Struktur der den Kristall aufbauenden Moleküle ermitteln. Es gibt jedoch ein fundamentales Problem: Die zentrale Größe bei der Röntgenstrukturanalyse ist der Strukturfaktor, der die Information über die Positionen der Atome im Kristall enthält. Dabei handelt es sich um eine komplexe Zahl, die durch einen Betrag und eine Phase beschrieben werden kann. Könnte man den Strukturfaktor vollständig ermitteln, wäre mit Hilfe eines einfachen Rechenverfahrens, einer Fouriertransformation, die gesuchte Elektronendichte unmittelbar zugänglich. Aus den gemessenen Intensitäten erhält man allerdings nur den Betrag des Strukturfaktors und nicht seine Phase – dies gelingt nur in ganz wenigen Fällen unter hohem apparativem Aufwand. Mit anderen Worten: Die Hälfte der eigentlich benötigten Information fehlt. Dies ist das berühmt-berüchtigte Phasenproblem der Röntgenstrukturanalyse.^{12/}

Vor etwa 50 Jahren erkannte man einen Ausweg aus diesem Dilemma: Es zeigte sich, dass die gesuchten Phasen nicht unabhängig voneinander sind, sondern in vielfältigen Beziehungen miteinander stehen. Diese Beziehungen sind allerdings nicht streng gültig, sondern unterliegen einer berechenbaren Wahrscheinlichkeit. Dies führte über eine Entwicklungsarbeit von mehreren Jahrzehnten zu den äußerst leistungsfähigen so genannten Direkten Methoden, deren Pioniere Jerome Karle und Herbert Hauptman 1985 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet wurden. Dank hervorragender Rechenprogramme ist damit die Röntgenstrukturanalyse von einer Kunst, die nur von wenigen Spezialisten beherrscht wurde, zumindest vordergründig zu einem »Routineverfahren« geworden. Ein eindrucksvoller Beweis dafür sind die mehr als 250 000 Kristallstrukturen, die – in Datenbanken gespeichert und ansprechend aufbereitet – für die Untersuchung vieler chemischer Probleme eine wahre Fundgrube sind. Auch die Anzahl der Proteinstrukturen, deren Bestimmung bis vor wenigen Jahren eine besondere Herausforderung darstellte, wächst inzwischen exponentiell an. Allerdings werden Strukturen von Makromolekülen nicht mit den Direkten Methoden, sondern mit speziell dafür entwickelten Verfahren aufgeklärt.

Lokalisierung von Molekülfragmenten

Damit scheint das Problem der Strukturbestimmung mit Hilfe von Röntgenbeugungsdaten gelöst zu sein. Die Direkten Methoden besitzen jedoch zwei Schwachpunkte: Zum einen benötigen sie gute experimentelle Daten. Diese Forderung ist nicht immer zu erfüllen, vor allem wenn die Kristallqualität zu wünschen übrig lässt, denn nicht alle Verbindungen liegen in Form von Einkristallen entsprechender Größe, etwa 0,3 Millimeter Kantenlänge, vor. Zum anderen sind die oben erwähnten statistischen Beziehungen prinzipiell unzuverlässig, insbesondere wenn die Größe der zu untersuchenden Struktur zunimmt. Daher gibt es viele Kristallstrukturen, die



4 Die Strukturen dieser drei Moleküle, die noch vor einiger Zeit als Problemstrukturen galten, wurden mit PATSEE ohne Schwierigkeiten gelöst. Die zur Strukturbestimmung erforderlichen minimalen Molekülfragmente sind durch gelbe Bindungen hervorgehoben (Kohlenstoff: schwarz, Sauerstoff: rot, Stickstoff: blau, Wasserstoffatome sind weggelassen).

nicht automatisch bestimmt werden können, sondern die Expertise eines ausgebildeten Kristallographen erfordern. Übrigens: Eine Röntgenstrukturanalyse steckt in allen Stadien voller Fallen, in die selbst ausgebildete Kristallographen leicht tappen können; deswegen ist sie keineswegs ein »Routineverfahren« und wird dies auch auf absehbare Zeit nicht werden! Immer wieder treten Probleme auf, die trotz wiederholter Versuche mit diesen Methoden nicht gelöst werden können. Deshalb haben wir nach einem leistungsfähigen alternativen Verfahren gesucht.

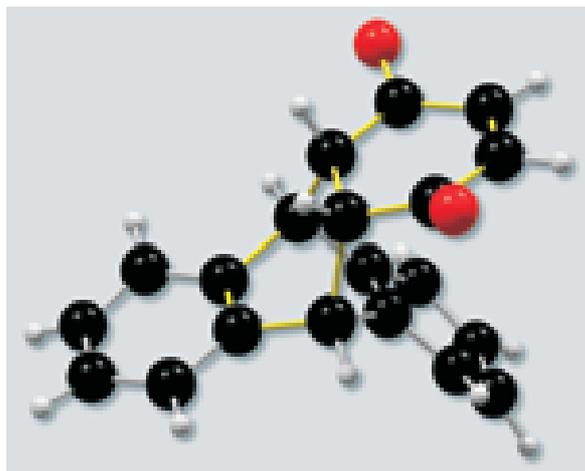
Die Direkten Methoden gehen nur von wenigen elementaren Voraussetzungen aus. Sie vernachlässigen jedoch damit die Strukturinformation, die gerade bei organisch-chemischen Verbindungen schon vor Beginn einer Röntgenstrukturanalyse wenigstens teilweise vorhanden ist, zum Beispiel der Aufbau des Molekülgerüsts oder die Anordnung vorhandener Atomgruppen. Wie kann man diese wertvolle Information direkt für die Strukturbestimmung ausnutzen? Den Schlüssel dazu

Der Autor

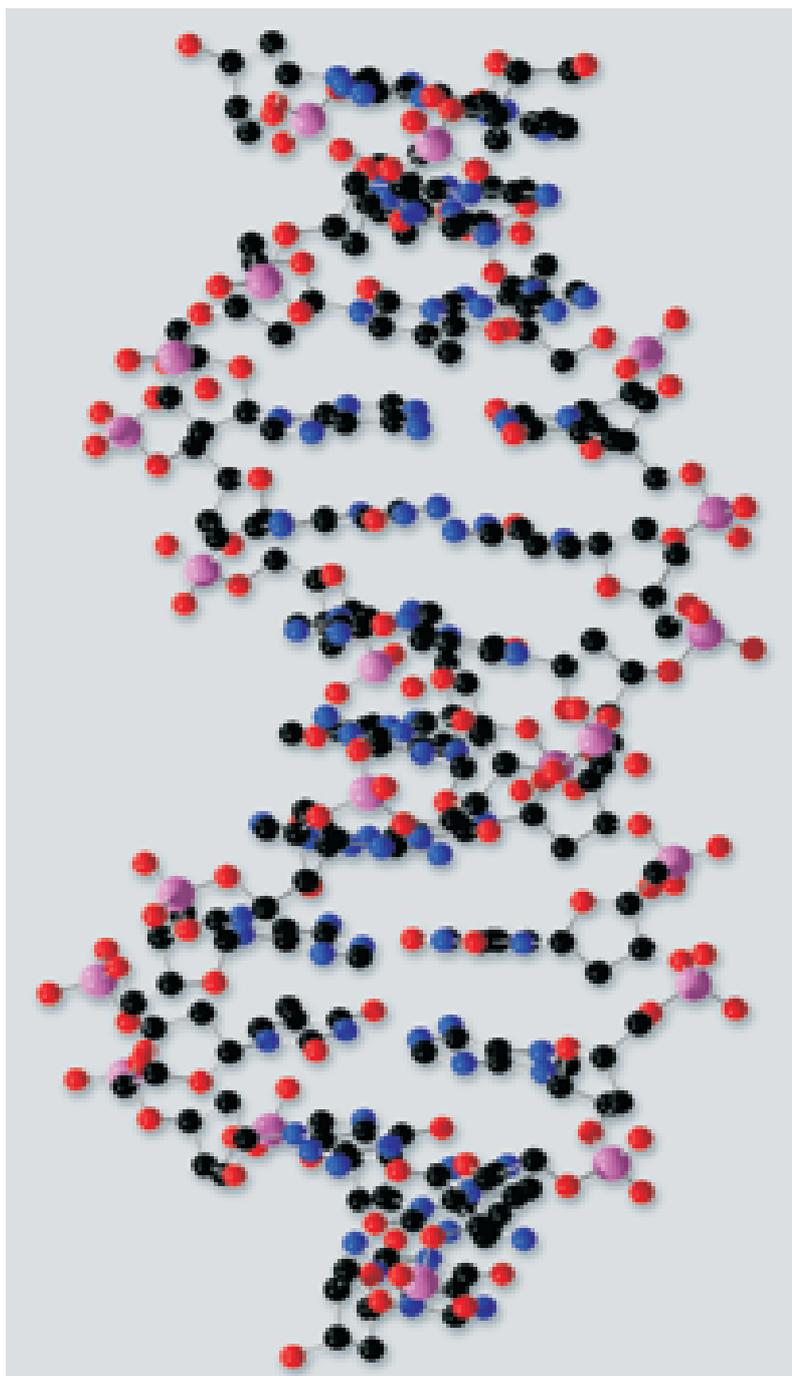


Prof. Dr. Ernst Egert, 53, studierte und promovierte an der Technischen Universität Darmstadt. Nach einem zweijährigen Postdoc-Aufenthalt an der University of Cambridge bei Dr. Olga Kennard ging er zu Prof. Dr. George M. Sheldrick an die Universität Göttingen, wo er sich 1988 habilitierte. Seit 1989 ist er im Institut für Organische Chemie und Chemische Biologie (Fachbereich Chemische und Pharmazeutische Wissenschaften) tätig. Er war zwei Jahre Dekan des Fachbereichs Chemie und ist jetzt Vorsitzender des Studienausschusses Chemie. Außerdem ist er zusammen mit Prof. Dr. Hans Joachim Bader verantwortlich für die Chemie-Ausbildung der Medizin- und Zahnmedizin-Studierenden. Seit zwei Jahren ist er Vorsitzender des Arbeitskreises Chemische Kristallographie (ChemKrisT) innerhalb der Gesellschaft Deutscher Chemiker. Er war Sprecher des Graduiertenkollegs »Chemische und biologische Synthese von Wirkstoffen«.

liefert die so genannte Pattersonfunktion, die unmittelbar aus den gemessenen Intensitäten berechnet werden kann. Die Maxima dieser Funktion entsprechen den Atom/Atom-Vektoren – also den gerichteten Abständen – in der Kristallstruktur. Da die Vektoren zwischen Atomen mit höheren Ordnungszahlen im Periodensystem zu besonders auffälligen Maxima führen, bot die Pattersonfunktion als »Schweratommethode« vor der Entwicklung der Direkten Methoden die einzige zuverlässige Strategie zur Lösung des Phasenproblems. Für Moleküle ohne Schweratome wie Selen, Brom und Iod – also für die meisten organischen Moleküle – ist dieses Verfahren nicht anwendbar, doch es gibt einen Ausweg: In der Pattersonfunktion sind n-Bilder eines n-atomigen Moleküls versteckt. Da die Anzahl der Vektoren quadratisch mit der Anzahl der Atome wächst, sind diese Bil-



6 Die Struktur dieses Moleküls wurde mit PATSEE aus Pulverdaten bestimmt. Das erfolgreich lokalisierte Suchfragment ist durch gelbe Bindungen hervorgehoben und besteht aus ungefähr der Hälfte des Moleküls (Kohlenstoff: schwarz, Sauerstoff: rot, Wasserstoff: hellgrau).



5 Die mit PATSEE bestimmte Struktur eines Oligonukleotids. Trotz signifikanter Abweichungen von der zu lösenden Struktur wurde das Suchfragment korrekt lokalisiert.

der schon bei mittelgroßen Molekülen so verwischt, dass man sie nicht erkennen kann. Falls jedoch ein signifikanter Teil der Molekülstruktur a priori bekannt ist, ergibt sich daraus ein ganzes Muster von Vektoren, nach dem man gezielt suchen kann 6. Bei dieser Suche werden für das bekannte Molekülfragment durch Rotation und Translation alle möglichen Positionen erzeugt und jedes Mal die berechneten Vektoren mit den entsprechenden Werten der Pattersonfunktion verglichen. Die korrekte Position sollte sich durch eine besonders gute Übereinstimmung zu erkennen geben. Ist das Molekülfragment erst einmal lokalisiert, ist es im allgemeinen nicht schwierig, die fehlenden Atome zu finden und damit das Strukturmodell zu vervollständigen.^{13/}

Große Moleküle und winzige Kristalle

Während meiner Postdoktorandentätigkeit in Cambridge erzielte ich erste Erfolge mit dieser Struktur Lösungsstrategie. Die Idee, die Methode zu automatisieren, entwickelte sich zu einem Langzeitprojekt. Wiederholt führten neue Ideen zu signifikanten Verbesserungen bei dem Bemühen, die Strukturen immer größerer Moleküle mit möglichst kleinen Fragmenten zu bestimmen. Das dabei entstandene Rechenprogramm PATSEE wird mittlerweile von Kristallographen auf der ganzen Welt benutzt und hat eine beachtliche Zahl von Kristallstrukturen gelöst, die zuvor als »unlösbar« galten. Darunter befinden sich einige spektakuläre Erfolge, zum Beispiel im Bereich der Oligopeptide und Oligosaccharide.^{14/} Falls ein verlässliches Molekülfragment von ausreichender Größe – etwa ein Fünftel des gesuchten Moleküls reicht oft aus – zur Verfügung steht und die experimentellen Daten nicht zu schlecht sind, findet PATSEE mit großer Wahrscheinlichkeit die richtige Lösung 4.

Woher stammen die Suchfragmente? Eine ganz wichtige Quelle sind die oben erwähnten kristallographischen Datenbanken; eine Suche nach ähnlichen Verbindungen liefert sehr oft ein brauchbares Molekülfragment. Eine konkurrenzfähige Alternative stellen so genannte Kraftfeldmethoden dar, bei denen mit Hilfe eines empirischen Ansatzes die Strukturen von meist

organischen Molekülen schnell und zuverlässig berechnet werden können.

Unsere aktuellen Forschungsanstrengungen verfolgen zwei Ziele: die Bestimmung noch größerer Molekülstrukturen und die Strukturaufklärung aus Pulverdaten. Vor einiger Zeit ist es uns am Beispiel von Oligonukleotiden, die als Doppelhelix vorliegen, erstmals gelungen, Strukturen mit mehr als 500 Atomen mit Hilfe der Fragmentsuche zu bestimmen ^{1/}. Dies ist deshalb von Bedeutung, weil es bei der Röntgenstrukturanalyse eine »Lücke« bei mittelgroßen Strukturen gibt: Während die Strukturen »kleiner« Moleküle mit weniger als 200 Atomen und großer Moleküle, vor allem von Proteinen, mit mehr als 1000 Atomen mit Hilfe gut etablierter Verfahren bestimmt werden können, bestehen im Zwischenbereich noch erhebliche Probleme. Da viele der heutzutage untersuchten Moleküle, insbesondere auch biologisch interessante Moleküle, diese Größenordnung aufweisen, ist die Entwicklung noch besserer Strukturbestimmungsmethoden ein wichtiges Forschungsziel. Hier wollen wir auch in Zukunft einen Beitrag leisten.

Viele Verbindungen kristallisieren notorisch schlecht; bestenfalls erhält man ein kristallines Pulver, das beim Röntgenbeugungsexperiment kein dreidimensional aufgelöstes Muster, sondern die typischen Pulverringe ^{2/} ergibt – dies bedeutet letztendlich die Reduktion der Daten auf eine Dimension. Eine Strukturbestimmung mit einer solch geringen Datenmenge ist eine äußerst schwierige Aufgabe. Ist der Datenverlust durch die Kenntnis eines Molekülfragments kompensierbar? Nach vielen Tests mit bekannten Strukturen sind die Parameter jetzt so weit optimiert, dass uns vor kurzem erstmals die Bestimmung einer unbekannt Struktur aus Pulverdaten gelang. Nachdem wir danach doch noch gut ausgebildete Kristalle erhalten hatten, führten wir zur Kontrolle eine »klassische« Röntgenstrukturanalyse durch – mit dem zufriedenstellenden Ergebnis, dass die beiden Strukturen sehr gut übereinstimmen ^{3/}.

Mit Hilfe von Struktur-/Funktions-Beziehungen ist – wie oben erwähnt – eine gezielte Suche nach Wirkstoffen möglich. Allerdings erfordert dieser Ansatz leistungsfähige Methoden zur Bestimmung der Strukturen bekannter und unbekannter Verbindungen, damit die biologische Wirkung potenzieller Kandidaten beurteilt werden kann, ohne dass die Verbindungen tatsächlich durch chemische Synthese hergestellt werden müssen. Aus diesem Grund hat unsere Arbeitsgruppe auch ein Computerprogramm zur Vorhersage von Molekülstrukturen entwickelt, das »Molecular Modelling«-Programm MOMO, aber das ist eine andere Geschichte. ◆

Literatur

^{1/} G. Quinkert, E. Egert, C. Griesinger. Aspekte der Organischen Chemie – Band 1: Struktur. 1995. Basel. Verlag Helvetica Chimica Acta.

^{2/} W. Massa. Kristallstrukturbestimmung. 2002. Stuttgart. B. G. Teubner.

^{3/} E. Egert. Eine »chemische« Methode zur Aufklärung von Kristallstrukturen. Nachr. Chem. Tech. Lab. 36 (1988) 498–505.

^{4/} K. Wagner, J. Hirschler, E. Egert. Structure solution with PATSEE. Z. Kristallogr. 216 (2001) 565–572.

Link

<http://www.chemie.uni-frankfurt.de/egert/>



Abonnement FORSCHUNG FRANKFURT

FORSCHUNG FRANKFURT, das Wissenschaftsmagazin der Johann Wolfgang Goethe-Universität, stellt viermal im Jahr Forschungsaktivitäten der Universität Frankfurt vor. Es wendet sich an die wissenschaftlich interessierte Öffentlichkeit und die Mitglieder und Freunde der Universität innerhalb und außerhalb des Rhein-Main-Gebiets.

- Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von 14 Euro pro Jahr einschließlich Porto. Die Kündigung ist jeweils zum Jahresende möglich.
- Hiermit bestelle ich FORSCHUNG FRANKFURT zum Preis von 10 Euro als Schüler- bzw. Studentenabo einschließlich Porto (Kopie des Schüler- bzw. Studentenausweise lege ich bei).

Name Vorname

Straße, Nr. PLZ, Wohnort

(nur für Universitätsangehörige:) Hauspost-Anschrift

Datum Unterschrift

Widerrufsrecht: Mir ist bekannt, dass ich diese Bestellung innerhalb von zehn Tagen schriftlich beim Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Vertrieb FORSCHUNG FRANKFURT, widerrufen kann und zur Wahrung der Frist die rechtzeitige Absendung des Widerrufs genügt. Ich bestätige diesen Hinweis durch meine zweite Unterschrift.

Datum Unterschrift

- Ich bin damit einverstanden, dass die Abonnementgebühren aufgrund der obigen Bestellung einmal jährlich von meinem Konto abgebucht werden.

Konto-Nr. Bankinstitut

Bankleitzahl Ort

Datum Unterschrift

- Ich zahle die Abonnementgebühren nach Erhalt der Rechnung per Einzahlung oder Überweisung.

Bitte richten Sie Ihre Bestellung:
An den Präsident der
Johann Wolfgang Goethe-Universität
»FORSCHUNG FRANKFURT«
Postfach 11 19 32, 60054 Frankfurt

Antibiotika aus Käse und Humus

Eine Alternative bei Resistenzen –
die Lantibiotika Nisin und Subtilin

von Torsten Stein und Karl-Dieter Entian

Krankheitserreger lernen schnell und gründlich. Manche von ihnen besiegen bereits alle therapeutisch zur Verfügung stehenden Antibiotika. Doch Biochemiker und Mikrobiologen haben die Suche nach Substanzen mit neuartigen Wirkmechanismen gestartet und sind in Milch und Erde fündig geworden.



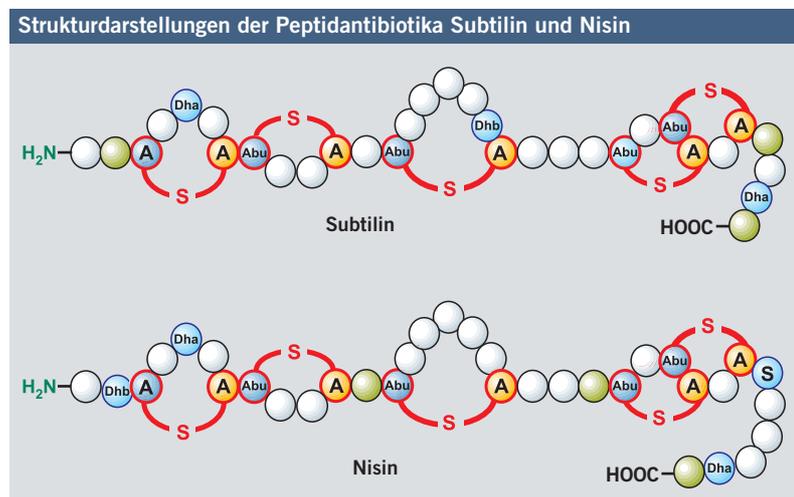
1 Der schottische Bakteriologe Alexander Fleming (1881 – 1955) züchtete 1928 am Londoner St. Mary's Universitätskrankenhaus in Kulturschalen Staphylokokken, im Klinikbetrieb gefürchtete Eiterbakterien. Auf einem der Gefäße waren durch eine Verunreinigung Kolonien des grünen Schimmelpilzes *Penicillium notatum* gewachsen. Der Pilz schien etwas abzusondern, das die Staphylokokken absterben ließ: Penicillin. Erst zehn Jahre später fanden Mediziner heraus, dass sich der Pilz für die Behandlung des Menschen eignet, da er dessen Zellen nicht in gleicher Weise schädigt. Die Ära der Antibiotika begann.

Mikroorganismen befinden sich in ständiger Konkurrenz um Nährstoffe. Vermutlich, um sich Wachstumsvorteile zu verschaffen, produzieren eine Vielzahl von Mikroorganismen antibiotisch wirksame Substanzen. Schon 1867 beobachtete der französische Mikrobiologe und Chemiker Louis Pasteur (1822–1895), dass lebende Mikroorganismen oder deren Stoffwechselprodukte das Wachstum anderer Mikroorganismen hemmen können («Antibiosis»). Die Antibiotika-Ära begann 1928 mit der Entdeckung des britischen Bakteriologen Sir Alexander Fleming (1881–1955), der feststellte, dass ein Stoffwechselprodukt des Schlauchpilzes *Penicillium notatum*, das »Penicillin«, wachstumshemmend auf Mikroorganismen wirkte **1**. Für diese Entdeckung wurde Fleming 1945 mit dem Nobelpreis ausgezeichnet. Der Einsatz von Penicillin bei der Prophylaxe und Therapie von vorher tödlich verlaufenen Infektionskrankheiten begründete einen der wichtigsten medizinischen Fortschritte des letzten Jahrhunderts.

Heutzutage versteht man unter »Antibiotika« alle Substanzen, die schon in niedrigen Konzentrationen (weniger als 0,1 Milligramm pro Milliliter) das Wach-

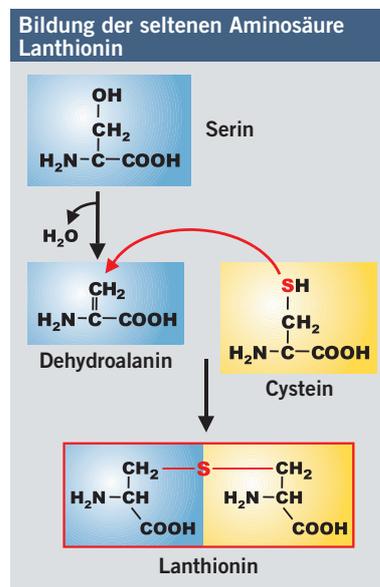
wirkenden Eiweißmolekülen (Peptide aus weniger als 50 Aminosäuren) gehören Nisin aus *Lactococcus lactis* und Subtilin aus *Bacillus subtilis* **2** **3**. Nisin wird von dem Milchsäurebakterium *Lactococcus lactis* gebildet und kommt deshalb in vielen Milchprodukten vor **4**. In vielen Ländern der Welt ist Nisin (E 234) als biologisches Konservierungsmittel zugelassen. Subtilin wird von dem Bakterium *Bacillus subtilis* (Heubazillus) produziert, das in den oberen Schichten des Erdbodens sowie auf Wurzeln und Blättern von Pflanzen vorkommt und in seinen antibiotischen und biochemischen Eigenschaften dem Nisin sehr ähnlich ist. Beide Peptide werden zunächst als lineare Aminosäurekette an den Proteinsynthesestätten der Zelle, den Ribosomen, synthetisiert und anschließend mit Hilfe von spezifischen Enzymen chemisch modifiziert. Sie sind durch charakteristische Ringstrukturen gekennzeichnet, bei denen Aminosäuren über Schwefelbrücken miteinander verknüpft sind. Diese in der Natur selten vorkommende Aminosäuren bezeichnet man als Lanthionin.

Die meisten antibakteriell wirkenden Peptide einschließlich der Lantibiotika besitzen positive Nettoladun-



2 Jede Kugel symbolisiert eine einzelne Aminosäure. Rot: charakteristische schwefel (S)-haltige Brücken, blau: ungesättigte Aminosäuren, grün: Aminoterminus und Lysinreste mit positiver Ladung.

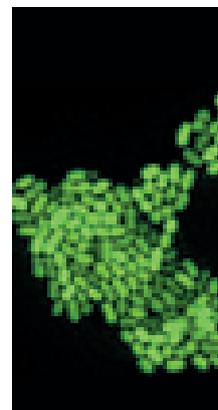
3 Durch Abspaltung von Wasser (H₂O) aus der Aminosäure Serin erhält man die ungesättigte Aminosäure Dehydroalanin (Dha). Durch Addition eines Schwefels (S, rot) von der Aminosäure Cystein an die Doppelbindung entsteht das Lanthionin (A-S-A in **2**). Wird anstelle von Serin die Aminosäure Threonin verwendet, entsteht das Methyl-Lanthionin (Abu-S-A; Abu: Aminobuttersäure in **2**).



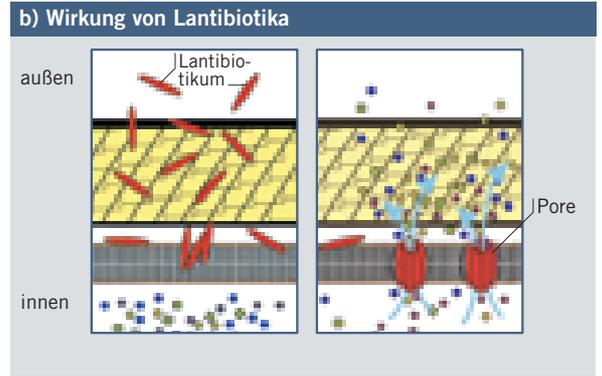
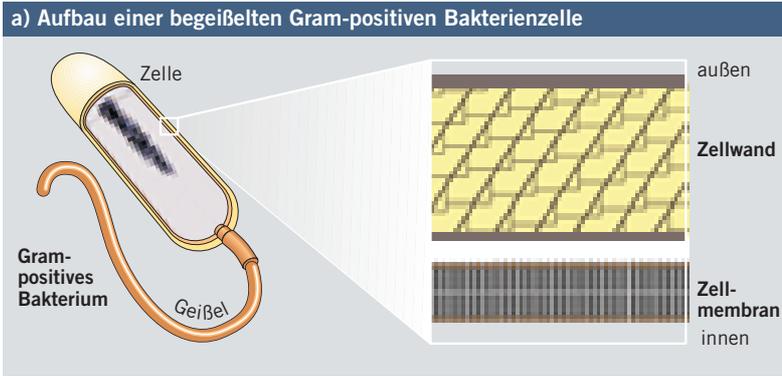
tum oder die Vermehrung von Mikroorganismen verhindern und die keine oder lediglich geringfügige toxische Wirkungen auf höhere Organismen ausüben. Bis heute wurden mehr als 6000 Antibiotika entdeckt, allerdings können nur etwa 80 Verbindungen für therapeutische Zwecke eingesetzt werden. Anfangs erschienen Antibiotika als Wunderwaffe gegen viele bakterielle Infektionskrankheiten, doch durch ihren falschen und übermäßigen Einsatz züchtete der Mensch regelrechte »Superstämme« heran, gegen die kein Kraut gewachsen ist. Außerdem sind Bakterien Überlebenskünstler; es gelingt ihnen immer wieder, sich an geänderte Lebensbedingungen anzupassen, so dass immer neue Antibiotika entwickelt werden müssen.

Antibakterielle Peptide und Lantibiotika

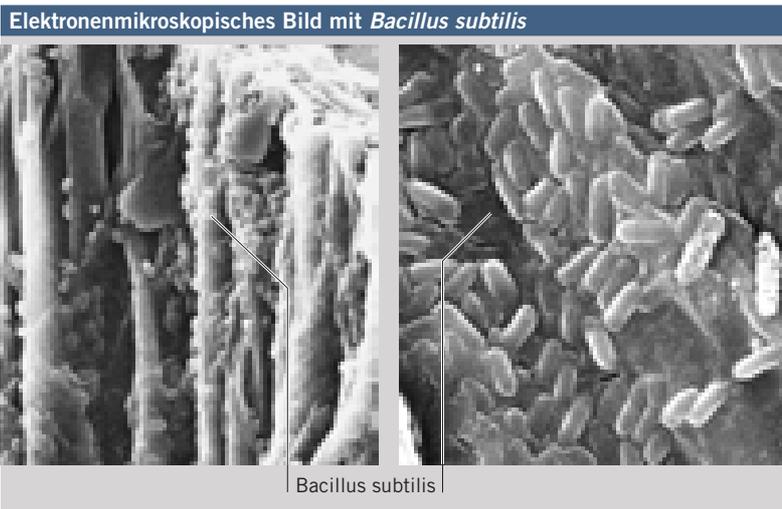
Die meisten Organismen besitzen die Fähigkeit, Peptidantibiotika zu bilden. Zu diesen kleinen antibakteriell



4 Das Lantibiotikum Nisin kann in den meisten Milchprodukten (links) nachgewiesen werden. Der Produzent, das Gram-positive Milchsäurebakterium *Lactococcus lactis* ist ein einzelliger Mikroorganismus. Die Abbildung rechts zeigt einen Zellhaufen von grün angefärbten *L. lactis*-Zellen, die knapp ein Mikrometer lang sind.



5 a) Die Zellwand aus einem Netzwerk von Zucker- und Peptidmolekülen bewirkt die Festigkeit und Form von Bakterienzellen (»Lederhülle eines Balls«). Die Zellmembran besteht aus einer Lipid-(Fett-)Doppelschicht und umschließt das Innere von Bakterienzellen (»Gummibläse eines Balls«).
b) Positiv geladene Lantibiotikamoleküle werden durch das negativ geladene Peptidoglycan elektrostatisch angezogen und erreichen dadurch leicht die Zellmembran (links). Lantibiotika bilden Poren in der Zellmembran (rechts), so dass essentielle Stoffwechselprodukte (kleine Vier- und Fünfecke, Kreise) nach außen strömen können. Dieser Prozess ist tödlich für die betroffene Zelle.



6 Das Heubakterium *Bacillus subtilis* besiedelt sowohl Pflanzen (Wurzeln, Blätter) als auch die oberen Schichten des Bodens und kann daher besonders gut aus Komposterde isoliert werden. Neben Subtilin besitzt *B. subtilis* die Fähigkeit, mehr als ein Duzend verschiedene Peptidantibiotika zu produzieren.

gen und Strukturen, die sowohl aus wasserlöslichen (hydrophilen) als auch aus fettlöslichen (lipophilen) Anteilen bestehen. Diese Eigenschaften bilden die Basis der antibiotischen Wirkung. Die vernetzten Zucker- und Peptidmoleküle (Peptidoglycan) der Zellwände Gram-positiver Bakterien besitzen meist negative Nettoladungen und ziehen dadurch die positiv geladenen Lantibiotika regelrecht an **5**. Die Lantibiotika lagern sich in die Zellmembran ein, so dass die lipophilen Regionen zur Membran nach außen gerichtet sind und die hydrophilen Regionen Poren bilden. Die Lantibiotika Nisin und Epidermin benutzen den membrangebundenen Zellwandbaustein Lipid II als Anker-molekül für die Porenbildung. Durch die Porenbildung wird die Zellmembran durchlässig: Die Zelle läuft gewissermaßen aus und stirbt.

Nisin wurde 1944 erstmals beschrieben. Menschen verzehren Nisin schon seit Jahrhunderten in Form von Joghurt, Buttermilch und Käse, ohne dass bislang Nebenwirkungen bekannt wurden. In vielen Ländern dient Nisin als konservierender Lebensmittelzusatz (E 234) mit einer tolerierbaren Tagesdosis von 0,13 Milligramm Nisin pro Kilogramm Körpergewicht. Bei normalgewichtigen Erwachsenen werden demzufolge sechs bis zehn Gramm Tagesdosis als unbedenklich angesehen. Nisin ist aufgrund seiner proteinogenen Natur eine gesundheitlich unbedenkliche Alternative zu Nitraten (Kaliumnitrat E 249 und Natriumnitrat E 250), aus denen beim Konservierungsprozess – wenn auch in verschwindend geringen Mengen – das krebserregende N-Nitrosamin entstehen kann. Aufgrund der vergleichsweise hohen Herstellungskosten ist ein genereller Ersatz chemischer Konservierungsmittel durch Nisin jedoch

Literatur

Zasloff, M. (2002): Antimicrobial peptides of multicellular organisms. <i>Nature</i> 415: 389–395.	(2001): Lantibiotics: structure, biosynthesis and mode of action. <i>FEMS Microbiol. Rev.</i> 25: 285–308.	Kraaij, C., Kuipers, O. P., Sahl, H. & de Kruijff, B. (1999) Use of the cell wall precursor lipid II by a pore-forming peptide antibiotic. <i>Science</i> . 286, 2361–2364.	ribosomally synthesized antibiotic with four sulphide-rings. <i>Nature</i> 333: 276–278.	Kiesau, P., Eikmanns, U., Gutowski-Eckel, Z., Weber, S., Hammelmann, M. & Entian, K. D. (1997): Evidence for a multimeric subtilin synthetase complex. <i>J. Bacteriol.</i> 179: 1475–1481.	an, K. D. (2002): Dual control of subtilin biosynthesis and immunity in <i>Bacillus subtilis</i> . <i>Mol. Microbiol.</i> 44: 403–416.	the surrogate host <i>Bacillus subtilis</i> . <i>J. Biol. Chem.</i> 278: 89–94.
Guder, A., Wiedemann, I. & Sahl, H. G. (2000): Post-translationally modified bacteriocins-The lantibiotics. <i>Biopolymers</i> . 55: 62–73.	Ross, R. P., Morgan, S. & Hill, C. (2002): Preservation and fermentation: past, present and future. <i>Int. J. Food Microbiol.</i> 79: 3–16.	Schnell, N., Entian, K.-D., Schneider, U., Götz, F., Zahner, H., Kellner, R. & Jung, G. (1988): Prepeptide sequence of epidermin, a	Siegers, K. & Entian, K. D. (1995): Genes involved in immunity to the lantibiotic nisin produced by <i>Lactococcus lactis</i> 6F3. <i>Appl. Environ. Microbiol.</i> 61: 1082–1089.	Stein, T., Borchert, S., Kiesau, P., Heinzmann, S., Klöss, S., Klein, C., Helfrich, M. & Entian, K. D. (2003) Function of <i>Lactococcus lactis</i> nisin immunity genes <i>nisI</i> and <i>nisFEG</i> after coordinated expression in	Stein, T., Heinzmann, S., Kiesau, P., Himmel, B. & Entian, K.-D. (2003): The spabox for transcriptional activation of subtilin biosynthesis and immunity in <i>Bacillus subtilis</i> . <i>Mol. Microbiol.</i> 47: 1627–1636.	
McAuliffe, O., Ross, R. P. & Hill, C.	Breukink, E., Wiedemann, I., van					

wenig wahrscheinlich. Erst eine drastische Steigerung der Produktionsraten sowie vereinfachte Herstellungsverfahren könnten den breiteren Einsatz von Lantibiotika als biologische Konservierungsmittel fördern.

Subtilin wird vom »gemeinen Heubazillus« *Bacillus subtilis* gebildet . Dieser Mikroorganismus besiedelt sowohl Pflanzen (Wurzeln, Blätter) als auch die oberen Schichten des Bodens und kann daher besonders gut aus Komposterde isoliert werden. Neben Subtilin besitzt *B. subtilis* die Fähigkeit, mehr als ein Duzend verschiedene Peptidantibiotika zu produzieren. In der Landwirtschaft wird *B. subtilis* deshalb vermehrt als Bio-Fungizid und »Wuchsförderer« eingesetzt, da das Wurzelsystem während der Pflanzenauskeimung besiedelt und dadurch vor einer Verpilzung geschützt wird.

Lantibiotika im Aufschwung

Der Grundstein für eine neue Ära zur Erforschung der Lantibiotika-Biosynthese wurde 1987 gelegt: Unserer Arbeitsgruppe gelang es erstmalig, ein Lantibiotika kodierendes Gen nachzuweisen und zu charakterisieren (Epidermin aus *Streptococcus epidermidis*). Mittlerweile hat sich herausgestellt, dass alle Lantibiotika produzierenden Mikroorganismen nach vergleichbaren Bauplänen vorgehen (siehe »Biosynthese von Lantibiotika«, Seite 24). Alle Produzenten von Lantibiotika gehören zu den Gram-positiven Bakterien. Da die Aktivität von Lantibiotika allerdings gerade gegen Gram-positive Organismen gerichtet ist, müssen sich die Produzenten effizient gegen ihre eigenen Produkte schützen. Dazu hat die Natur Selbstschutz-Systeme entwickelt, die aus den Proteinen LanI, LanF, LanE und LanG bestehen. LanI ist an die Außenseite der Zellmembran mit einem Lipidanker angeheftet und fungiert sozusagen als erste Verteidigungslinie. Eine zweite Verteidigungslinie wird durch die membranständigen Transportsysteme LanFEG gebildet, die schon in die Membran gelangte Lantibiotikamoleküle in das umgebende Medium nach außen pumpen. Die LanIFEG-Selbstschutzsysteme reduzieren also gemeinsam die Anzahl von Lantibiotikamolekülen in der Zellmembran sowie in unmittelbarer Membrannähe und verhindern dadurch die für die Zelle tödliche Porenbildung.

Mikroorganismen sind ständigen Änderungen in ihrer Umwelt ausgesetzt. Um überleben zu können, müssen sie schnell auf die geänderten Bedingungen reagieren und sich effizient an sie anpassen. Deshalb werden die meisten zellulären Prozesse, insbesondere die sehr energieaufwändigen Biosynthesen, strikt reguliert. Dies wird durch kontrolliertes An- und Ausschalten der dazugehörigen Gene gewährleistet. Auch die Bildung der Lantibiotika bilden in diesem Zusammenhang keine Ausnahme. Alle Gene für die Biosynthese von Lantibiotika und des Selbstschutzes werden hauptsächlich durch zwei weitere Lan-Proteine reguliert, LanR und LanK, klassische Vertreter einer großen Proteinfamilie, den so genannten Zweikomponenten-Regulationssystemen. Vertreter dieser Proteinfamilie fungieren als »Signalwandler«: Extrazelluläre Signale, zum Beispiel Änderungen in der Nährstoffkonzentration oder der Temperatur, werden in intrazelluläre Signale umgewandelt. Diese führen dazu, dass bestimmte Gene an- oder ausgeschaltet werden. Bei den Lantibiotikasytemen bestehen die Signalwandler aus einem trans-

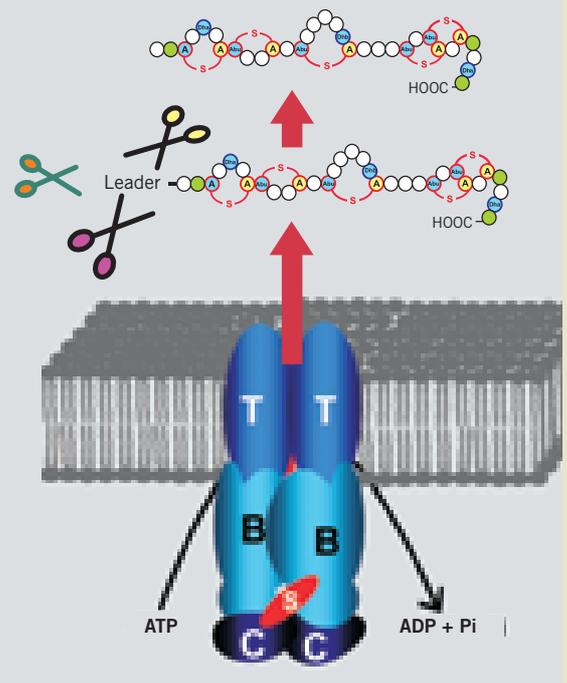
Anzeige 10
Zeiss

90 x 260

Biosynthese von Lantibiotika

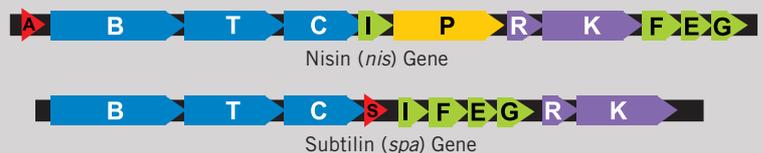
Die Lantibiotika werden als Vorläuferpeptide hergestellt, die aus einer Leitsequenz und aus einer so genannten Propeptidsequenz bestehen, aus der das antibiotisch aktive Lantibiotikum hervorgeht **1** **2**. Die Gene der Vorläuferpeptide wurden in Gen-Clustern gefunden, die oft nach Funktionen geordnet sind: Bei den Lantibiotika sind dies die Gene der Biosynthese (LanBTCP und LanA oder LanS), die Gene, die den Produzenten vor seinem eigenen Lantibiotikum schützen (Selbstschutzgene LanFEG) und die Gene für die Regulation (LanRK) des Systems. Die enge Nachbarschaft in einem Gen-Cluster der Erbsubstanz besitzt den entscheidenden Vorteil, dass gleichzeitig benötigte Gene auch synchronisiert reguliert werden können. Für die chemischen Modifikationen von Serin-, Threonin-, und Cysteinresten zu Lanthionin und Methylanthionin werden zwei Proteine benötigt, die durch die Gene LanB und LanC verschlüsselt werden. Den Transport der chemisch modifizierten Lantibiotika aus dem Zellinneren über die Zellmembran nach außen wird von Transporterproteinen bewerkstelligt, die durch die LanT-Gene kodiert werden. Im letzten Schritt der Lantibiotika-Reifung wird die Leitsequenz abgespalten, und es entstehen die antibiotisch aktiven Lantibiotika. Im Falle des Nisin-Systems bewerkstelligt dies die spezifische Protease NisP. Das Subtilin-Gen-Cluster enthält keine für Subtilin spezifische Protease. Allerdings ist *B. subtilis* für seine Fähigkeit bekannt, sehr viele Proteasen zu bilden. Wir konnten zeigen, dass mindestens drei verschiedene *B. subtilis*-Proteasen die Leitsequenz von Subtilin abspalten können. Durch umfangreiche genetische und biochemische Untersuchungen haben wir herausgefunden, dass die Transporterproteine für Nisin und Subtilin in der Zellmembran der Produzenten lokalisiert sind und dass die modifizierenden Enzyme im Zellinneren mit dem Transporter LanT-Multienzymkomplexe bilden.

Biosynthese von Subtilin



1 Subtilin wird als Vorläuferpeptid hergestellt (SpaS, rot) und besteht aus einer Leit (»Leader«)-sequenz und einer so genannten Propeptidsequenz. Nach der Synthese der Lanthioninringe durch SpaB und SpaC wird das modifizierte Subtilin-Vorläuferpeptid durch SpaT über die Membran nach außen transportiert. In dieser Form ist es noch antibiotisch inaktiv. Das antibiotisch aktive Subtilin wird nach Abspaltung der Leitsequenz durch Proteasen gebildet.

Die Nisin- und Subtilin Gen-Cluster



2 Beide Gen-Cluster umfassen zehn bis elf Gene. Gleiche Buchstaben bedeuten gleiche Funktionen, zum Beispiel entspricht die Funktion von NisB der von SpaB (allgemeine Abkürzung für B-Proteine: LanB).

Anzeige

„Ich unterstütze **ÄRZTE OHNE GRENZEN**, weil sie dort Medizin machen, wo Menschen in Not vergessen werden.“
Sandra Maischberger, Journalistin

ÄRZTE OHNE GRENZEN hilft auch fernab der Schlagzeilen – seit über 30 Jahren, in mehr als 80 Ländern. **Helfen Sie mit.**

Bitte schicken Sie mir unverbindlich

- allgemeine Informationen über **ÄRZTE OHNE GRENZEN**
- Informationen für einen Projekteinsatz
- Informationen zur Fördermitgliedschaft
- die Broschüre „Ein Vermächtnis für das Leben“



Name

Geb.-Datum

Straße

PLZ/Ort

ÄRZTE OHNE GRENZEN e.V. • Am Köllnischen Park 1 • 10179 Berlin
www.aerzte-ohne-grenzen.de • Spendenkonto 97 0 97 • Sparkasse Bonn • BLZ 380 500 00

111035 02

membranen Sensor-Protein (LanK) und einem intrazellulären Regulatorprotein (LanR). LanK ist ein Rezeptor, an den Lantibiotikamoleküle spezifisch binden können, wodurch die LanK-Proteine aktiviert werden. Die aktivierten LanK-Proteine aktivieren ihrerseits die LanR-Proteine, die daraufhin die Biosynthese und den Selbstschutz anschalten. Als Folge erhöht sich Produktionsrate der Lantibiotika. Eine derartige positive Rückkopplung wird als Autoregulation bezeichnet.

Perspektiven

Mit der Charakterisierung der Nisin- und Subtilin-Gencluster wurden die Grundlagen für die Aufklärung der Biosynthese, des Selbstschutzes und der Regulation dieser Lantibiotika auf molekularer Ebene gelegt. Ein Forschungsziel ist die Identifizierung und Charakterisierung der katalytisch aktiven Zentren der Proteine LanB und LanC, die bei der Lanthioninbildung – den Strukturkennzeichen der Lantibiotika Nisin und Subtilin – beteiligt sind. Es ist denkbar, dass das Einfügen von Lanthioninringen in Peptide oder Proteine biotechnologisch zu nutzen ist, zum Beispiel zur Stabilisierung von Peptiden oder Enzymen gegen proteolytischen Abbau.

Da die weitreichende Nutzung von Lantibiotika als Antibiotika oder Konservierungsmittel durch relativ geringe Produktionsraten eingeschränkt wird, zielt unser weiteres Forschungsinteresse darauf ab, Stämme mit besseren Syntheseleistungen zu konstruieren. Außerdem wollen wir die Spezifität der geschilderten Prozesse untersuchen: Wie bewerkstelligt es die Bakterienzelle, hochspezifisch nur ihr eigenes Lantibiotikum zu erkennen und nicht das von anderen Mikroorganismen? Derartig hochspezifische Prozesse (Schlüssel-Schloss-Prin-

Glossar

DNA

Desoxyribonukleinsäure (deutsch oft als DNS abgekürzt) ist die Grundsubstanz des Erbgutes aller Lebewesen.

Enzyme

Proteine, die als Bio-Katalysatoren sämtliche biochemische Reaktionen in Zellen ermöglichen, indem sie Energiebarrieren herabsetzen.

Gram-positiv/negativ

Für jeden Bakterienstamm charakteristisches Merkmal zur Unterteilung von Bakterien. Mit einer bestimmten Färbetechnik lassen sich Zellwände von Bakterien entweder anfärben (Gram-positiv) oder nicht anfärben (Gram-negativ).

Lantibiotika

Antibiotika mit der seltenen Aminosäure Lanthionin.

Peptid

Aminosäurekette mit weniger als 50 Aminosäuren Länge (»kleines« Eiweiß).

Protein

Aminosäurekette mit mehr als 50 Aminosäuren Länge (»großes« Eiweiß).

Ribosom

Zellfabriken für die Eiweiß-Synthese, die aus Protein und Ribonukleinsäure (ribosomale RNA) bestehen.

Zellwand

Bewirkt die Festigkeit und Form der Bakterienzellen (»Lederhülle eines Balls«) und besteht aus einem Netzwerk von Zucker- und Peptidmolekülen **5**.

Zellmembran

Besteht aus einer Lipid- (Fett-) Doppelschicht und umschließt das Innere von Bakterienzellen (»Gummibläse eines Balls«) **5**.

Die Autoren



Prof. Dr. Karl-Dieter Entian, 50, studierte Biologie an der Technischen Universität Darmstadt, wo er auch promovierte. Von 1983 bis 1987 war er als Hochschulassistent am Physiologisch-Chemischen Institut der Universität Tübingen tätig, wo er sich 1985 in den Fächern Biochemie und Physiologische Chemie habilitierte. 1987 war Karl-Dieter Entian Heisenberg-Stipendiat der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Ein Jahr später wurde er auf eine C3-Professur für Molekulare Genetik an die Johann Wolfgang Goethe-Universität berufen. Seit 1993 ist er als C4-Professor am Institut für Mikrobiologie tätig. Karl-Dieter Entian ist Gründungsinitiator der 1995 gegründeten Firma Scientific Research and Development GmbH. In den Jahren 1998/1999 und 2000/2001 war er Dekan – zunächst des Fachbereichs Biologie, dann des Fachbereichs Biologie und Informatik. 2002 war er Mitbegründer der Frankfurter BioTech-Firma »Phenion«.

Dr. Torsten Stein, 39, promovierte nach dem Studium der Chemie an der Technischen Universität Berlin 1996 über den Mechanismus der nichtribosomalen Biosynthese von Peptidantibiotika bei Privatdozent Dr. Joachim Vater und Prof. Dr. Horst Kleinkauf. Nach Mitwirkung an einem Forschungsprojekt der Europäischen Union über die Biosynthese von Lipopeptid-Antibiotika in *Bacillus subtilis* an der Technischen Universität Berlin wechselte er als wissenschaftlicher Mitarbeiter (1997 bis 2000) und Assistent (seit 2000) an die Johann Wolfgang Goethe-Universität, wo er sich 2003 habilitierte. Seine Forschungsschwerpunkte sind Biosynthese, Immunität und Regulation von Lantibiotika sowie die Charakterisierung kovalenter Proteinmodifikationen.

zip) sind bei allen Schritten der Lantibiotikasyntese verwirklicht und erlauben es der Zelle, »richtig« zu reagieren. Hinweise auf die Struktur der Protein-Peptid (Schloss-Schlüssel)-Interaktionen kann durch chemische Quervernetzung (Crosslinking) der interagierenden Partner erreicht werden. Dadurch lassen sich die Kontaktflächen zwischen Peptid und Protein und die Zusammensetzung von Proteinkomplexen ermitteln. Dazu ist eine sensitive Analytik mit Hilfe von modernen massenspektrometrischen Methoden unerlässlich, die durch die Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Michael Karas, Institut für Instrumentelle Analytik, in idealer Weise gegeben ist. Um Biosynthese sowie Selbstschutz- und Regulationsprozesse detailliert – das heißt in molekularer Auflösung – zu studieren, möchten wir als Fernziel die Raumstrukturen der daran beteiligten Proteine bestimmen. Die neu gegründeten biowissenschaftlichen Zentren der Goethe-Universität, insbesondere das »Center for Membrane Proteomics« (CMP) (siehe Seite 4) und das Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz (BMRZ), werden für unsere Arbeiten von großer Bedeutung sein. Die Stärkung der Membranforschung gibt uns Zugang zu neuen experimentellen Ansätzen, die magnetische Kernresonanzspektroskopie (NMR) ist bei der Aufklärung von Proteinstrukturen entscheidend. ♦

Refuge – »Sich zurückziehen, um besser springen zu können«



Der Künstler Prof. Dr. Till Neu im Gespräch mit Alexander Titz – aufgezeichnet während eines Studienaufenthalts im südfranzösischen Marcevol

Als Till Neu 1977 erstmals mit einem Künstlerstipendium des saarländischen Kultusministeriums in die Provence reiste, besuchte er den romanischen Kreuzgang der Kathedrale Notre-Dame de Nazareth von Vaison-la-Romaine: »Ich buchstabierte dort einen rätselhaften lateinischen Text, der in deutscher Sprache nicht weniger geheimnisvoll blieb. Er war den Mönchen im Mittelalter als geistige Wegweisung an eine Wand der Kathedrale geschrieben worden. Der letzte Satz verkündete etwas von einer bis heute spürbaren Ausstrahlung des kleinen Ortes: »Frieden sei mit diesem Haus.«^{1/} **■**

23 Jahre später konnte Neu während eines Forschungssemesters im Sommer 2000 sein künstlerisches Projekt über südfranzösische und katalonische Kreuzgänge vor Ort weiter verfolgen und viele jener »friedlichen Häuser« aufsuchen: in der Provence die zisterziensischen Klöster Senanque, Silvacane und Le Thoronet, auch die Kreuzgänge in Montmajour, Aix-en-Provence

und Saint Remy. Im Roussillon und im spanischen Katalonien waren von 16 erkundeten Kreuzgängen besonders diejenigen von Elne, Serrabone, Cuxa, Vilabertran, San Cugat bei Barcelona, Lluça, San Benet de Bages, L'Estany und Saint-Martin du Canigou von initiiertem Interesse. Angeregt wurde der Frankfurter Künstler und Kunstpädagoge auch von seinem Kollegen der Katalanistik, Prof. Dr. Tilbert Stegmann.

Bis zum Beginn der Ausstellungen im Februar 2002 entstanden drei Werkgruppen: Malerei zu den Grundrissen und zu den Kapitellen, sowie Zeichnungen zu den Kapitellen; und im Frühjahr 2002 kam der Zyklus der »Singenden Steine« hinzu. Unter dem Titel »Refuge/Nothaltebucht« waren die Arbeiten zunächst im Kunstverein Altes Schloß-Dillingen zu sehen, wanderten dann ins Atelierhaus Vahle nach Darmstadt und wurden zuletzt im Juli mit verändertem Konzept als Installation in der Ausstellungshalle der Universität Frankfurt und im Gästehaus der Universität gezeigt.

? Wir sitzen hier in einer mittelalterlichen Klosterkirche am Fuße der Pyrenäen. In den vergangenen Tagen haben wir noch andere romanische Klosteranlagen im nördlichen Katalonien und in der Provence besucht. Welche

besondere Bedeutung haben diese Orte für Sie?

Neu: Es ist natürlich sehr schön, das Gespräch an einem Ort zu führen, der selbst eine Art Refuge ist. Seit zwei Jahren habe ich an meinem

Projekt gearbeitet und in dieser Gegend ausgewählte Kreuzgänge romanischer Klöster für meine künstlerische Arbeit erkundet. So wie hier, im kühlen Kirchenraum der Prieuré in Marcevol, so war es auch an anderen Orten: Ich fühlte mich

durch Stille und Schönheit privilegiert. Auf der Suche nach einem Titel für dieses Projekt fand ich »Refuge«. Ein Wort, das im französischen Lexikon »Petit Robert« eine reiche Konnotation aufweist: die Gewissheit eines Menschen, der an Gott glaubt, eine Art »inneres Refuge«, und natürlich der Schutzraum für Tiere und Menschen bei Unwettern, und nicht zuletzt gibt es einen ganz profanen, aber sinnträchtigen Gebrauch des Wortes bei den französischen Autobahnen: »Refuge« bedeutet auch Nothaltebucht für die Autofahrer.

? Ihre Arbeitsweise setzt sich im Grunde aus zwei Komponenten zusammen: Auf der einen Seite erforschen Sie die kunsthistorischen Fakten und Daten, die mit einem Ort verbunden sind, aber auf der anderen Seite beziehen Sie die Empfindungsebene in besonderer Weise mit ein.

Neu: Wenn es nicht zu anmaßend klingt: Ich brauche für meine künstlerische Arbeit alles. Intellekt, Neugier, – einen gewissen Forschergeist –, vielleicht auch Reiselust, Sinnestätigkeit und begleitend ein unbestimmtes künstlerisches Entwerfen. Als ich mich mit den Kreuzgängen befasste, wusste ich nichts. Zunächst war da die innere Freude an schönen Orten. Aber ich konnte darauf vertrauen, dass sich in meinen Projekten immer wieder eine Liason zweier Aktivitäten einstellt. Da ist ein analytischer Geist, der etwas Rekonstruierendes sucht, die Historie. Mein Geist interessiert sich für den Geist eines Ortes. Parallel dazu verläuft ein tastendes und sehr körperlich empfundenes Wahrnehmen.

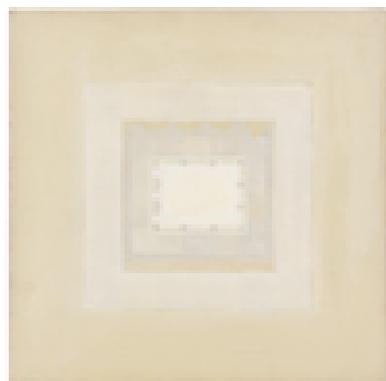
? Die Bewegung um die Mitte ist ein Motiv, das in Ihren künstlerischen Projekten häufiger auftaucht – bei Ihren Arbeiten zum Mont Ventoux war es der Gipfel, den sie am Boden »umkreisten«, und bei den Kreuzgängen ist es oft eine leere Mitte. Handelt es sich bei dieser Mitte eher um einen konkreten architektonischen Ort oder um ein übergeordnetes Prinzip der Mitte?

Neu: Natürlich ist der Kreuzgang im Grundriss eines Klosters eine architektonische Mitte, und er ist bedeu-

tungsvolles Zentrum, in dem sich Aktivitäten der Mönche konzentrieren. Wenn wir heute in Kreuzgänge kommen, bindet uns das Geviert des Baues mit seiner Regelmäßigkeit, den vier Arkaden nach vier Himmelsrichtungen, einer vielleicht bepflanzten Mitte und dem offenen Himmelsraum darüber. Selbst Wechsel von Licht und Schatten, von Innenraum und Außenraum verbinden sich mit allen Teilen zu einer besonderen Harmonie, die ich als ein vollendetes Gleichgewicht empfand. Später habe ich davon geträumt, wirklich geträumt, auf diesen »geglückten Ausgleich« der Kräfte und Formen mit einer kostbaren, fast leeren Mitte künstlerisch antworten zu können. Ich hoffte, ein Bild malen zu können, dessen Mitte in einem regelmäßigen Bildformat auf feinste Weise leuchtet. **2**

? Das hat sich dann wohl am intensivsten in den Holztafeln niedergeschlagen. In diesen Bildern treffen zwei Ebenen zusammen: In der Mitte des Bildes befindet sich eine eher erzählerische Ebene, in der Sie mit dem Grundriss des Kreuzganges einen wiedererkennbaren Ort markieren. Darum breitet sich eine Zone aus, die mit Farbflächen eher abstrakt gestaltet ist. Dieser Umraum erinnert mich an eine Ihrer Veröffentlichungen vor sechs Jahren in Forschung Frankfurt, in der es um Grenzphänomene bei der Wahrnehmung von Farbe ging.

Neu: In diesem Aufsatz ^{12/} habe ich am Beispiel der beiden Künstler Albers und Rothko modellhaft Situa-



tionen erläutert und darauf hingewiesen, dass visuelle Phänomene als visuelle Metaphern menschlichen Lebens gelesen werden können. Bei Rothko kann die Auflösung der

Grenzen Geborgenheitsgefühle wachrufen, da sich die Grenze sanft und behutsam zeigt, bei Albers verspürt man in der disziplinierten, linearen Grenze stärker Gesetzmä-



ßigkeit und Ordnung, die durch kalkuliertes Überfluten hellkeitsgleicher Farbtöne überschritten werden. Mit diesen großen Meistern kann ich mich nicht messen, auch wenn in meiner Arbeit Grenzphänomene eine zentrale Rolle spielen, insbesondere bei der Auflösung von Raumschichten durch hellkeitsgleiche Farben. Zum Zweiten bilden die Grundrisse der Kreuzgänge ein erzählerisches Element, das mit den so genannten »konkreten« malerischen Qualitäten im Dialog entsteht.

? Das Stichwort »Konkrete Kunst« führt uns zu Ihren drei Werkgruppen, die Sie in der Ausstellungshalle gezeigt haben. Die zentral angeordnete Gruppe befand sich in einem eigens gebauten Raum innerhalb der Halle: einem Oktogon, das zu einer Seite hin offen war und in dem sich der Zyklus der »Singenden Steine« befindet, die man als abstrakte Farbfeldmalerei bezeichnen könnte. Ist dies nicht doch »konkrete Malerei«? **3 4**

Neu: Zuerst zum Raum selbst: Mit dem Oktogon wollte ich den Betrachter im großen Raum in einen kleinen Raum lenken. Er ist so etwas wie ein feineres Gehäuse innerhalb der leeren Halle, die sehr strikt ist und etwas Grobes hat. Damit ge-

1 Vaison-la-Romaine, 36 x 36 cm, Acryl/Tempera, MDF, 2000.

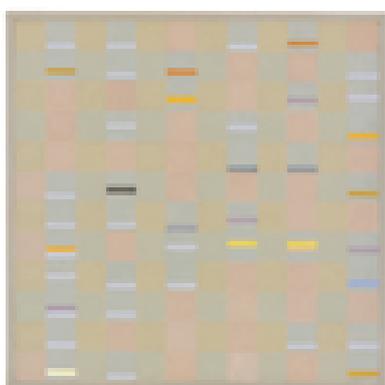
2 Montmajour, 36 x 36 cm, Acryl/Tempera, MDF, 2000.



3 100 Singende Steine (3), 24,1 x 24 cm, Acryl/Tempera, Karton, 2002.

4 100 Singende Steine (11), 24,1 x 24 cm, Acryl/Tempera, Karton, 2002.

winnen meine Bilder einen Ort, der Intimität der Betrachtung ermöglicht. Gegenwärtig spricht man – mit Blick auf die Dokumente und das Cross-Over der Kunstgattungen – von einer Tradition des Tafelbildes in der Kunstgeschichte des Abendlandes, die mit diesem intimen Blick des Betrachters zu tun hat. Der Tradition des ruhenden Tafelbildes und der Andacht vor Bildern fühle ich mich sehr verbunden, gerade mit den Bildern der »Singenden Steine«. Sie sind nicht im strengen Sinne »konkret«, da sie Atmosphären erzeugen. Ich spreche von »visuellen Ereignissen«, hellen oder dunklen Feldern, die wie Lebensmomente auftauchen. Es würde mich zum Beispiel freuen, wenn ein Betrachter ein Bild anschaut und bemerkt: »Ach, wie ungewöhnlich, dass dieses Bild hier an den Rändern überall von selbst aufzuhören scheint.« Schließlich muss ich sagen, dass konkrete Künstler vielleicht schon den Titel »Singende Steine« völlig abstrus finden würden, denn warum soll konkrete Malerei auf etwas anderes verweisen als auf sich selbst? Meine künstlerische Arbeit antwortet auf konkrete weltbezogene Erfahrungen. Das sind bewundernswerte Steinmetzarbeiten ebenso wie bloße Farben von Mauern oder Proportionen eines Raums.



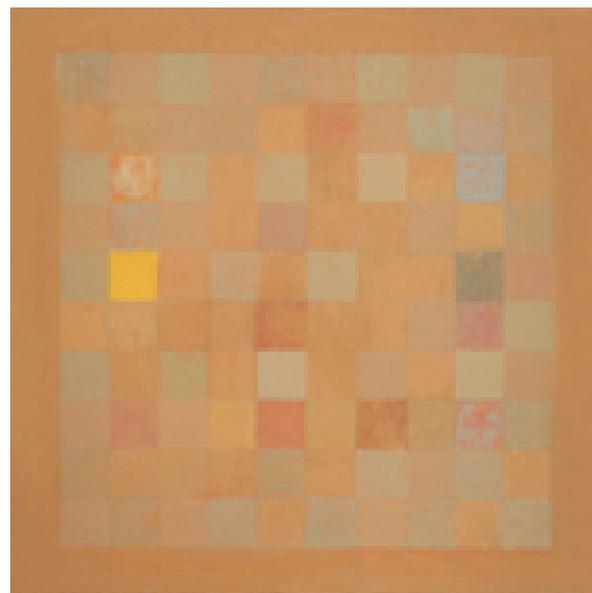
5 144 Singende Steine, 38 x 38 cm, Acryl/Tempera, MDF, 2001.

Hymnus – bezieht. Durch kleine Farbzeichen, die innerhalb der Farbfelder auftauchen, erscheint die Bildstruktur noch differenzierter. Was hat es mit den partiturnähnlichen Farbnotationen auf sich? 5

Neu: Das ist eine verwickelte Geschichte und kam durch einen Zufall zustande. Über den Kreuzgang von San Cugat (bei Barcelona) stellte ich bei der Lektüre in einem Buch von Tilbert Stegmann fest, dass ein Musikwissenschaftler katalonische Kreuzgänge daraufhin erforscht hatte, dass die unterschiedlichen Tiere an den Kapitellen Noten chiffrieren.^{13/} Jene Noten ergaben einen bestimmten Hymnus, der damals dort vermutlich gesungen wurde. Der Forscher, Marius Schneider, dem ich die Titelgebung »Singende Steine« verdanke, übertrug schließlich die Folge der Tiergestalten an den Kapitellen in Musiknoten. Diese Partitur faszinierte mich, und ich versuchte, die Töne in eine Systematik von Farbfeldern und Farbwerten zu überführen.^{14/}

? Die dritte Gruppe von Kunstwerken in der Ausstellungshalle befand sich auf der Laderampe. Dort waren Arbeiten zu sehen, die sich direkt auf Kapitelle bezogen. Warum sind Sie dabei über die Präsentation von flachen Bildträgern hinausgegangen? 6

Neu: Mit den weißen Kästen auf der Rampe konnte ich auf Pfeiler und Kapitelle anspielen. An den Vorderseiten sind zehn Bilder zu sehen, deren Entstehung in der Halle mit dem Nachmischen der verschiedenen Grautöne der alten Zementfarbe begann. Sie erzählen vom



Dualismus (nicht nur) des Mittelalters: der Kampf des Guten mit dem Bösen. In der Reihung geben sie einen Rhythmus des Gehens vor – parallel zu den zehn Kreuzgang-Bildern auf der gegenüberliegenden Seite. Wie am Anfang erwähnt, ist damit neben der Methodik der konkreten Malerei und der Möglichkeit visueller Metaphorik ein drittes Element meiner Bilder benannt: das erzählerische Moment, das in den Kapitellarbeiten Malerei und Linie miteinander verbindet. 7 8

? In diesen mehr erzählerischen Bildern zu den Kapitellen taucht etwas Dunkles auf, das die Holztafeln nicht haben. Diese zeigen ein ungebrochenes Leuchten. In Ihrer bisherigen Arbeit hat das Dunkle nicht so eine große Rolle gespielt. Sind sie häufiger mit dem Vorwurf konfrontiert, dass Sie sich die Welt schön malen?

Neu: Wenn man das Leuchten aus der Mitte der Holztafeln als eine gewisse Idealität bezeichnen würde, wäre ich einverstanden. Auf den ersten Blick sieht diese Malerei so aus: abgewandt von der Welt, sozusagen im »Refuge«. Nehmen wir aber als Beispiel die Kapitelle, plötzlich war mir ihre Lektüre ein offenes Buch, ohne ikonografische Details zu verstehen. Früher konnte ich das Gemisch aus Geheimnisvollem, Widersprüchlichem und Hässlichem nicht ertragen, das Bedrohliche und »Schwarze« lehnte ich ab. Endlich habe ich diese Szenarien, auch die Bilder des Gierigen und Gewalttätigen, akzeptieren können. Daher wagte ich eine Transformation, mit meinen Mitteln, sicherlich weniger drastisch als die romanischen Künstler, etwas leiser und ausgleichender.



eine Rolle spielen. Ihre Vorstellungen von Ordnung sind nicht nur bildnerischer Selbstzweck, sie beziehen sich vielmehr auf die reale Lebenswelt. Welche Strukturen außerhalb des Bildes spielen in Ihrem Denken eine Rolle?

6 Installation auf der Rampe in der Ausstellungshalle der Universität.



Neu: Das sind schwierige Fragen, komplexe Themen. Welche Rolle spielt letztlich die künstlerische Arbeit, welche Funktion übernimmt Kunst im Bezug zur – früher sagte man – gesellschaftlichen Wirklichkeit? Auf welchem Niveau und mit welchen Interessen arbeiten Künstler, wenn sie als Lebewesen auf diese Welt an einem Ort und in einer Situation antworten wollen? Eine grundsätzliche Erfahrung möchte ich anführen: Kunst-

7 Serrabone (K-Nr.1), 26 x 26 cm, Acryl/Tempera, Karton, 2001.

? Zum Schluss möchte ich die Zeichnungen ansprechen, die im Gästehaus der Universität zu sehen waren. Sie nehmen ebenfalls die Kapitelle als Ausgangspunkt, aber bilden sie nicht im eigentlichen Sinne ab. Man könnte sie als eine grafische Partitur lesen. Inwieweit eröffnen musikalische Vorstellungen in Ihrer Arbeit eine neue Dimension?

Neu: Das Wort Partitur gefällt mir gut. In meiner Malerei versuche ich, die Malgeste zu beruhigen. Das ist bei den Zeichnungen wirklich anders. Hier vertraue ich meiner Hand, die zeichnet, meine Sensibilität an, und dann kann sie sich bewegen – fast wohin sie will, wie bei einem Tanz. Das Kapitell, auf das ich anspiele, ist die Quelle der Einfälle. Mit den Zeichen für Voluten und Tiermäuler beflügelt das Zeichnen sich selbst.

? Bei sehr vielen Ihrer Arbeiten fällt auf, dass ordnende Bildstrukturen



8 Saint Martin du Canigou, (K), 26 x 26 cm, Acryl/Tempera, Karton, 2001.

Durch Reproduktion und Druck der Bilder sind die Farben der Originalmalerei nicht optimal zu übermitteln.

Ein Forum für zeitgenössische Kunst:
Die Ausstellungshalle der Johann Wolfgang Goethe-Universität



»How we used to live« – Michael Elsen berichtete im Dezember 2000/Januar 2001 über die Entstehung, Verarbeitung und Fertigstellung von Bildern.

Die Ausstellungshalle in der Sophienstraße ist seit 1998 das Forum für die Präsentation zeitgenössischer Kunst an der Johann Wolfgang Goethe-Universität. In fast zwanzig Ausstellungen wurden die Abschlussarbeiten der Studierenden des Instituts für Kunstpädagogik, Kooperationsprojekte mit ausländischen Kunstschulen, Einzel- und Gruppenausstellungen mit deut-

schsen und internationalen Malern, Bildhauern oder Installations- und Medienkünstlern vorgestellt. Daneben finden in dieser

ehemaligen Verladehalle die Ergebnisse künstlerischer Forschungssemester von Institutsmitgliedern oder Ausstellungen als Teil von Antrittsvorlesungen ihren öffentlichen Raum. Dort, wo früher die Lastwagen anhielten, um Frachtgut an einer langen Rampe abzuladen, werden Ausstellungen kuratiert, die den Studienbetrieb nach innen bereichern, zugleich wie kommunika-

Eröffnung der Ausstellung »Steinskulpturen« des Kölner Künstlers Josef Wolf im April/Mai 2001.

Johannes Fox, Saarbrücken, legte im April/Mai 2000 in der Ausstellungshalle seine »ortsgebundene Bodenarbeit« »Für einen Wanderer« vor.



tive Fenster in die Öffentlichkeit der Metropole hinein fungieren. So sind zum Beispiel Kontakte zur »Auswärts-Galerie« und zur Staatlichen Hochschule für Bildende Künste, Städelschule, entstanden.

Die Ausstellungshalle ist keine weitere Konzeptgalerie in Frankfurt. Ihre Ausstellungen, die im Semesteralltag des Instituts einen festen Platz haben, thematisieren weder eine bestimmte künstlerische Haltung noch ein festgelegtes Medium. Sie ist vielmehr ein weitestgehend unhierarchischer Vermittlungsraum an der Schnittstelle von Produktion, Präsentation, Rezeption, persönlicher Reflexion und öffentlicher Diskussion.

Das Programm spiegelt die Pluralität der gegenwärtigen Kunstproduktion: Minimalistische Bodenzeichnungen folgen auf raumgreifende Architekturplastik, gestische Malerei oder Video und Photo-kunst. Joseph Wolfs archaische Plastiken aus Tuffstein verwandelten die Halle in einen rhythmisierten Raum, der die Menhirfelder von Carnac assoziieren ließ. Der Frankfurter Künstler Claus Bury füllte mit einer schiffartigen Konstruktion aus gewaltigen Holzkuben die filigrane Halle geradezu überbordend aus, ohne dabei die spannende Balance zwischen Volumen, Konstruktion und Umraum zu verlieren. Vorsichtige Annäherung an fremde Lebensräume und große Menschenfreundlichkeit machten die Präsentation der Schweizer Fotografin Veronique Audergon, die seit Jahren in Ägypten lebt, zu einer eindringlichen Seherfahrung. Ihre Ausstellung von zwanzig überlebensgroßen Schwarz-Weiß-Porträts oberägyptischer Arbeiter war Teil einer Doppelausstellung, in deren weiteren Part der Kairoer Maler und Zeichner Yassir Gerab im Gästehaus der Universität in der Ditmarstraße zarte und zerbrechliche Innenansichten unangepassten Künstlerlebens in der afrikanischen Metropole zeigte.

Mit seiner Ausstellung »how we used to live« ermöglichte Michael Elsen im

Januar 2001 einen Blick in sein alchimistisches Labor und berichtete mit seinem Ausstellungsbeitrag über die Entstehung, Verarbeitung und Fertigstellung von Bildern. Mit Malerei prüft der Berliner Maler Christoph M. Gais Farbe und Leinwand auf ihre Materialität. Die heftigen, pastosen, in der Tradition der expressiven Künstler Europas und Nordamerikas stehenden Tafelbilder wurden zusammen mit einer großräumigen Installation der ebenfalls aus Berlin stammenden Bildhauerin Susanne Windelen gezeigt. Sie hatte einen für die Halle angefertigten trichterförmigen grellroten Stoffkörper mit Korn gefüllt. Windelens Thema, das durch Fließen und Auffüllen entstandene Volumen, war auch in ihrer zweiten Arbeit aus den Innenräumen hunderter ausgegossener Alltagsflaschen präsent. Ein besonderer Beitrag war im April 2002 zu sehen, als Alexander R. Titz im Rahmen der »Luminale« sein »Windlicht« in der Halle installierte, eine windabhängige Lichtinstallation, in der physikalische Gesetze, technische Ausstattung und künstlerische Idee vereint wurden.

Im Frühjahr 2002 zeigte die Ausstellungshalle, wieder in Zusammenarbeit mit dem Gästehaus, den ersten Teil einer Kooperation zwischen der Kunsthochschule Bergen, norwegischen Künstlern aus verschiedenen Bereichen und Studierenden des Institutes für Kunstpädagogik. Es war die dritte Ausstellung, die in Zusammenarbeit mit einer ausländischen Kunstschule konzipiert werden konnte. Nach der »Academia Carrara di Belle Arti« in Bergamo (1998/99) waren junge Künstler der Kunstakademie Tallinn 1999 Gäste in Frankfurt. Während der Vorbereitung der Ausstellungen lebten die Besucher bei ihren Frankfurter Kommilitonen und erfuhren so etwas über Studium und Lebenssituation ihrer Gastgeber.

Die Autoren

Prof. Jochen Fischer und **Prof. Dr. Till Neu** sind Kuratoren der Ausstellungshalle.

werke können im Rahmen historischer Momente modellhaft wirken. In dem klugen Essay über das offene Kunstwerk hat Umberto Eco ^{/5/} vielleicht zum Ärger der Kunstverehrer erst einmal bestritten, dass Kunst ein erkenntnisträchtiges Mittel sei. Kunst liefere keine Erkenntnis wie Wissenschaft. Um dann zu sagen, sie sei der Erkenntnis aber nicht fern. Kunst sei so etwas wie eine epistemologische Methode: Sie verwickelt den Betrachter in Prozesse, wo Erkenntnisse über unser Leben entstehen können. Das ist sicher nicht originell, ich möchte das Hoffnungsvolle, das ich daran selbst immer wieder entdeckt habe, unterstreichen: Wenn sich in der künstlerischen Arbeit etwas so konzentriert, dass ein modellhaftes Werk entsteht, ich nenne eine Plastik von Giacometti, ein Stilleben von Morandi, ein Datumbild von On Kawara, dann kann Erfahrung mit dieser Kunst Erkenntnis erzeugen. Darin steckt ein utopisches Überlebensprinzip der Künste: aufklärender, bereichernder Austausch mit der Welt durch das Medium der Kunst. Die gebauten Kunstwerke des Mittelalters haben mir, dem Zeitgenossen des 21. Jahrhunderts, mit ihrer modellhaften Klarheit und Schönheit solche Lebensmomente gewährt.

? An den Orten, die Sie aufsuchen, wurde Transzendenz in einer bestimmten institutionalisierten Form praktiziert. Suchen Sie an diesen Orten Überreste dieser transzendierenden Kraft?

Neu: In einer romanischen Apsis zu sitzen und nach dem Glauben an Transzendenz gefragt zu werden, ist eine Form freundlicher Suggestion! Mit dem Doppelstichwort »Refuge/Nothaltebucht« habe ich auch auf unsere mobile Massengesellschaft angespielt, die sich einen schmalen Randstreifen zur Beruhigung und zum kurzen Still(an-)halten leistet. Es gibt aber ganz andere Lebensmodelle, die dem ökonomischen Wettbewerb, dem persönlichen Ehrgeiz oder dem individuellen Reichtum nicht so verpflichtet sind. Meine Erlebnisse in den Kreuzgängen waren in gewisser Weise radikal und nicht fortsetzbar: Ich war allein, hatte nichts außer mir selbst, saß irgendwo und brauchte nichts. In der Moschee in Cordoba oder auf den Bergen der Haute-Provence erging es mir zu anderen Zeiten ebenso. Die Kreuzgänge wurden zu punktuellen »Refuges«, Quellen intensiver, fast gegenstandslos zu nennender Lebensfreude, die manchmal meine Person entgrenzte. Vielleicht kann man in solchen Situationen, da sich das empfindende, atmende Lebewesen offenbar in einem besonderen Gleichgewicht befindet, von transzendierenden Momenten des üblichen Bewusstseins sprechen. Und ich glaube, wie Ihre Frage vermuten lässt,

sakrale Orte sind physisch existierende, teils zerstörte oder überformte Speicher, an denen Menschen in ähnliche Lebensprozesse eingebunden waren. ◆

Die Autoren



Prof. Dr. Till Neu, 59, lehrt seit 1984 am Institut für Kunstpädagogik. Zunächst betreute er im Grundstudium die Grundlagen der Gestaltung und vermittelte in Vorlesungen Grundlagen der Kunstgeschichte. Seit 1993 leitet er den Bereich Malerei. Ausbildung und Tätigkeit sind von der Parallelität künstlerischer und wissenschaftlicher Interessen geprägt: Er studierte an der Werkkunstschule in Saarbrücken bei Oskar Holweck Grundlagen der Gestaltung und zugleich an der Universität des Saarlandes Kunstgeschichte und Philosophie. Als später Anhänger des Bauhauses freute er sich, an der Hochschule der Bildenden Künste in Kassel bei Fritz Winter Malerei zu studieren. Dann folgten erstes und zweites Staatsexamen in Kunsterziehung und Germanistik und ein Studium der Kunstgeschichte bei Wilhelm Messerer in Saarbrücken, das mit einer Promotion über Gestaltungslehren abgeschlossen wurde. Er veröffentlichte vor allem Bücher, Mappen und Kataloge, beispielsweise: *Noheremhattan* (1980), *Sonnenbilder* (1982), *Ockerbilder* (1987), *Mont Ventoux* (1993), *Saint Donat* (1995). Seine künstlerischen Arbeiten sind regelmäßig bei Ausstellungen im In- und Ausland zu sehen. Seit einigen Jahren lebt er auch in der Vaucluse, am Fuß des Mont Ventoux.

Alexander Titz, 34, arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kunstpädagogik. Er studierte an der Universität des Saarlandes und an der Hochschule der Bildenden Künste Saar Kunsterziehung und Freie Kunst. Nach der Ernennung zum Meisterschüler legte er das erste Staatsexamen in Kunsterziehung und Sport ab. Als Künstler arbeitet er mit Klang- und Lichtinstallationen und erhielt in diesem Jahr für eine seiner Arbeiten den Deutschen Klangkunstpreis.

Der im Februar 2002 erschienene Katalog »Refuge/Nothaltebucht« enthält neben Texten von Christiane Klein und Nicole Kramer 25 farbige beziehungsweise schwarz-weiße Reproduktionen zu den einzelnen Werkgruppen.

Literatur

^{/1/} Der vollständige, lateinische und deutsche Text ist zu lesen in: Droste, Thorsten: *Die Provence*, Köln 1992, 6. Auflage., S.87. Siehe auch: Till Neu, *Refuge/Not-*

haltebucht, herausgegeben vom Kunstverein in Dillingen, 2002.

^{/2/} Schneider, Marius: *Singende Steine. Rhythmus-Studien an drei katalanischen Kreuzgängen romani-*

schen Stils, Kassel u.a. 1955. Siehe auch: Stegmann, Til und Inge: *Katalonien und die Katalanischen Länder*, Stuttgart/Berlin/Köln, 1992, S.302–304.

^{/3/} Siehe: Neu, Till: *Grenzen – ein Phänomen der Farbe*, in: *Forschung Frankfurt 2/1996*, S. 32–45

^{/4/} Eichhorn, Andreas: *Zen-Musik, Malerei und Singende Steine*; schriftliche Fassung eines Vortrags im Beiheft zum Katalog »Refuge/Nothaltebucht«, Frankfurt am Main 2002

^{/5/} Eco, Umberto: *Das offene Kunstwerk*, Frankfurt am Main 1993, S. 160 ff.

Wie hoch ist das Strahlenrisiko durch das Handy?

Zum aktuellen Stand der wissenschaftlichen Diskussion



Welche Art Strahlung geht vom Handy und von Relaisstationen aus? Wie kann sie auf den Menschen wirken, welche Wirkmechanismen werden ausgelöst? Welche Vorschriften und Grenzwerte gibt es? Wohl kaum ein Thema wurde in den vergangenen Jahren in Medien und in Öffentlichkeit so heiß und kontrovers diskutiert wie das »Strahlenrisiko« durch Mobilfunkanlagen, Mobiltelefone und schnurlose Telefone. Insbesondere, wenn Relaisstationen für mobile Kommunikationseinrichtungen in Verbindung mit dem neuen UMTS-Netz eingerichtet werden, beobachtet man oft erbitterte Konfrontationen zwischen Betreibern und Gegnern, die manchmal zu merkwürdigen Entwicklungen führen; so wurde beispielsweise die Antenne auf einem Kirchendach als Kreuz getarnt. Oft nutzen auch erklärte Gegner von Relaisanlagen am Wohnort beruflich oder privat ihr Handy. Leider herrscht häufig ein Defizit an

Fachinformation, was die Debatte sehr emotionalisiert. Die wissenschaftliche Grundlagenforschung ist zudem sehr lückenhaft: Trotz etlicher tausend Publikationen zu Forschungsarbeiten sind nur für einige der Fragen gesicherte Antworten möglich. Wir untersuchen in unserem Arbeitskreis die Wechselwirkung von Infrarot- und Terahertz-Strahlung mit biologischen Molekülen. Daraus lassen sich viele Informationen über das mögliche Strahlenrisiko durch Handys gewinnen.

Mobilfunkanlagen nutzen überwiegend elektromagnetische Wellen im Bereich um ein Gigahertz (GHz). Da eine direkte Kommunikation von Gerät zu Gerät viel zu hohe Leistungen erfordern würde, wird über Relaisstationen vermittelt. Jeweils für einen bestimmten Bereich (eine »Zelle«) werden alle Gespräche zunächst vom sendenden Mobiltelefon an die Relaisstation übermittelt, von dort an die entsprechende Relaisstation des angewählten Emp-

fängers, und dann in dieser Zelle an das empfangende Mobiltelefon.

Der wichtigste Bereich für die mobile Kommunikation liegt zwischen etwa 800 Megahertz (MHz) und 2,5 Gigahertz (GHz) **1**. Diese Frequenzen liegen etwas oberhalb der Frequenzen für die Übermittlung von Fernsehprogrammen (um 700 MHz) und etwa zehnfach höher als der UKW-Bereich für Rundfunksender. Bei noch höheren Frequenzen liegen die Bereiche für die weitverbreiteten Mikrowellenherde, die direkte Kommunikation über Satelliten (Iridium-Netz) sowie Frequenzbänder für wissenschaftliche und technische Anwendungen. Hier sei aber gleich erwähnt, dass eine Reihe von Anwendungen mit noch höheren Frequenzen im Terahertz-Bereich für bildgebende Verfahren in der Medizin oder in der Personenüberwachung entwickelt wurden und nur darauf warten, in der Breite eingesetzt zu werden. Grund genug, sich Gedanken um ein Sicherheitskonzept und um Grenzwerte zu machen, bevor Anwendungen auf den Markt kommen.

Elektromagnetische Wellen können das Gewebe erhitzen

Elektromagnetische Wellen im Gigahertz-Bereich verfügen nicht über ausreichend Energie, um beim Absorptionsprozess direkt zu ionisieren, das heißt, ein Elektron aus einem Atom oder Molekül herauszuschlagen **2**. Diese Eigenschaft tritt erst bei höheren Frequenzen, bei ultravioletter Strahlung, Röntgenstrahlung oder Gammastrahlung auf und bestimmt die biologische Wirkung dieser Strahlungsformen. Dabei werden durch die ionisierten Moleküle Reaktionen ausgelöst, die Schädigung von Zellen oder der Erbanlagen zur Folge haben. Nichtsdestoweniger können elektromagnetische Wellen im Gigahertz-Bereich, wie man es anschaulich bei einem Mikrowellenherd sieht, zur Erhitzung im Gewebe führen.

Wie kann diese elektromagnetische Strahlung auf den Menschen wirken? Dies hängt zunächst einmal davon ab, wie sie vom Gewebe absorbiert wird, welche Energie im Gewebe deponiert wird, und wie diese absorbierte Energie dann vom Körper umgesetzt oder abgegeben wird – auf harmlose oder auf schädliche Weise. Für die Wirkung der elektromagnetischen Welle betrachtet man als physikalische Größen entweder die Stärke der elektrischen Feldstärke E (Einheit: Volt/Meter), die magnetische Feldstärke H (Einheit: Ampère/Meter) oder die absorbierte Strahlungsleistung P (Einheit: Watt/Quadratmeter). Daneben ist auch noch üblich, die spezifische Absorption SA (Einheit: Joule/Kilogramm) oder die spezifische Absorptionsrate SAR (Einheit: Watt/Kilogramm) zu bestimmen **2**. Die zulässigen Grenzwerte dieser Größen sind gesetzlich festgelegt. Die Bundesimmissionschutzverordnung »Elektromagnetische Felder« von 1997 legt für die Bevölkerung beispielsweise als höchstzulässige spezifische Absorptionsrate (SAR) für Teile des Körpers 20 Milliwatt pro 10 Gramm Körpergewebe fest. Diese Grenzwerte basieren derzeit noch auf Schätzungen und Extrapolationen. Sie sollten ständig überprüft werden, und es wäre wünschenswert, dass sie mit zunehmendem Stand der Technik gesenkt würden. Die Eindringtiefe und Absorption elektromagnetischer Strahlung sind stark frequenzabhängig. Sie sind für einen Teil des Frequenzbereichs in **3** dargestellt.

Thermische Effekte abhängig von Art des Gewebes

Die Eindringtiefe hängt neben der Frequenz auch noch vom Wasser- und Proteingehalt des Gewebes ab. Bei Fettgewebe oder Knochengewebe kann sie zwei- bis dreifach größer sein als im Muskelgewebe. Bei den hier betrachteten Frequenzen (1–2 GHz) beträgt die Eindringtiefe einige Millimeter bis einige Zentimeter.

Welche Wirkungsmöglichkeiten und Wirkungsorte sind denkbar? Am Beispiel der als Cartoon gezeichneten Zelle **4** sind diese möglichen Einflüsse zusammengefasst. Denkbar ist, dass die elektrische Feldstärke die Zellmembran beeinflusst, die als Lipiddoppelschicht

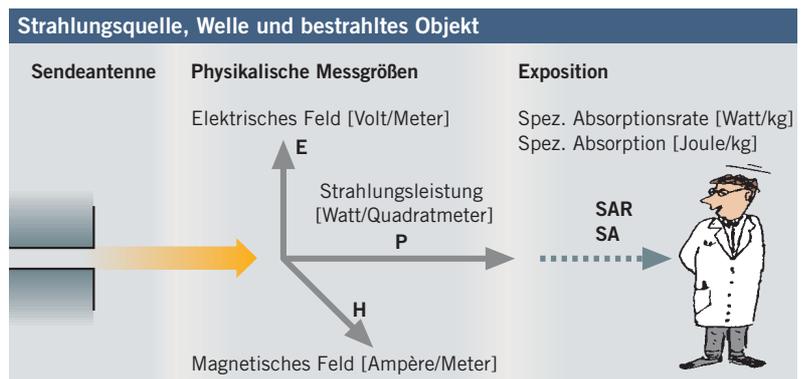


1 Zwischen etwa 800 Megahertz (MHz) und 2,5 Gighertz (GHz) liegt der Bereich des elektromagnetischen Spektrums, der für den Betrieb von Handys genutzt wird.

und elektrischer Isolator die Zelle umgibt. Die »normalen« elektrischen Potenziale über diese Lipiddoppelschicht betragen bis zu zirka 0,1 Volt. Würde dieser Spannung ei-

Auch ein Einfluss durch Ionenwanderung – an die Zellaußen- und Innenwand sind Ionen angelagert – auf die Zellfunktion erscheint möglich. Der Transport von geladenen

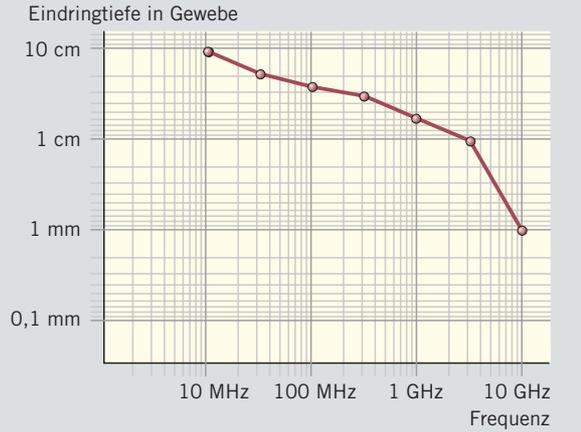
2 Wie absorbiert das menschliche Gewebe die elektromagnetische Strahlung? Dieser Vorgang wird in dieser Abbildung dargestellt – von der Strahlungsquelle über die Welle bis zum bestrahlten Objekt.



ne von außen wirkende Spannung überlagert, beispielsweise 0,5 Volt oder mehr, so könnte das elektrische Feld »durchbrechen«, analog zu einer Funkenentladung in Luft zwischen zwei Elektroden. Ein solcher elektrischer Durchbruch würde die Zellfunktion beeinträchtigen. Allerdings ist es sehr unwahrscheinlich, dass bei Frequenzen um ein Gigahertz mit Mobiltelefonen solche Feldstärken erreicht werden.

Teilchen durch Poren in der Zellmembran ebenso wie Signalketten, die über das Membranpotenzial wirken, könnte durch felderzeugte elektrische Spannungen gestört werden. Im Zellinneren muss prinzipiell berücksichtigt werden, dass die geladenen Teilchen wandern und die elektromagnetische Wellen direkt auf die DNA im Zellkern einwirken könnten. Schließlich müssen noch Erwärmungseffekte, lokal

Absorption und Eindringtiefe elektromagnetischer Strahlung in Gewebe



3 Eindringtiefe und Absorption elektromagnetischer Strahlung in das Gewebe sind stark abhängig von der Frequenz der Strahlungsquelle.

oder über größere Bereiche, als potenzielle Wirkungen erfasst werden.

Welche Effekte sind von vorneherein unwahrscheinlich? Wo sind aufgrund von experimentellen Befunden konkrete Aussagen möglich? Die Strahlung wird absorbiert, indem das elektrische Feld der elektromagnetischen Welle mit Ladungen und Dipolen der Moleküle, vor allem mit den Dipolen der Wassermoleküle, Wechselwirkungen hervorruft. Diese Dipole werden von der oszillierenden elektrischen Feldstärke zu Schwingungen angeregt und können durch »Reibung« mit ihrer Umgebung Wärme erzeugen. Man spricht hier von der »Orientierungspolarisation« von Wasser, die den Haupteffekt der Absorption bei Frequenzen von ein bis zwei Giga-

hertz ausmacht. Auf der Basis dieser »Reibungswärme« funktioniert der Mikrowellenherd.

Diese Art Wechselwirkung bezeichnet man als »thermische Effekte«. Sie sind halbwegs gut charakterisiert, so dass zu eventuellen Schäden klare Aussagen möglich sind. Daher kann keine pauschale Entwarnung gegeben werden. Vor allem bei Kleinkindern muss bei der Risikobewertung mit Vorsicht vorgegangen werden, da bei ihnen die geringen Volumina von Organen mit den üblichen Sendeleistungen zusammenkommen. Bei Erwachsenen können Trübungen der Augenlinse eintreten, da die protein- und wasserhaltige Augenlinse einerseits gute Absorptionseigenschaften für die Strahlung bietet, andererseits die schlechte Wärmeabfuhr in der nicht durchbluteten Augenlinse den Prozess begünstigt.

Häufig wird die Frage diskutiert, inwiefern sich diese thermischen Effekte über das hinaus auswirken, was starke Sonneneinstrahlung ohnehin bewirkt. Während manche Wissenschaftler ein längeres Handy-Telefonat, bei dem »heiße Ohren« entstehen können, mit einem Sonnenbad vergleichen, diskutieren andere durchaus ernsthaft die Möglichkeit, dass aufgrund inhomogener Erwärmung im Gewebe und der gepulsten Strahlung in Körperzellen lokal höhere Temperaturen auftreten können, die die Zellen zur Produktion von so genannten Hitze-

schockproteinen (hsp, *heat shock proteins*) anregen könnten. Solche Hitzeschockproteine sind aus zellulären Signalwegen bekannt, wo sie beispielsweise das Absterben von Zellen initiieren können. Bisher kann weder die eine noch die andere Fraktion schlüssige Beweise für die Harmlosigkeit der Erwärmung beziehungsweise für die Theorie der Hitzeschockproteine anführen.

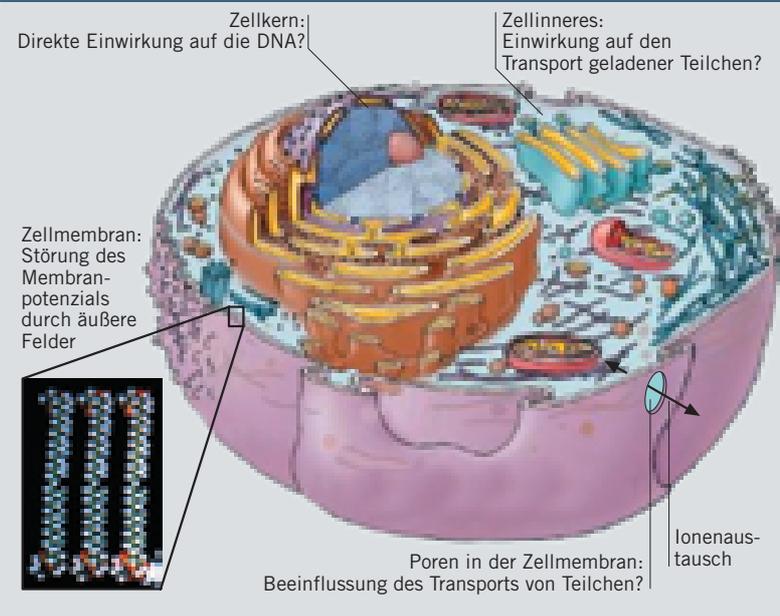
Die technische Weiterentwicklung der Handys hat die Gefahren thermischer Schäden minimiert. Während in der Anfangszeit das Netz der Relaisstationen noch sehr weitmaschig war, und die Handys daher mit konstant hoher Leistung pulsten, entwickelten die Hersteller bald Systeme, die ihre Sendeleistung abhängig von der Entfernung und der Feldstärke der Relaisstation anpassen. Wenn das Display am Handy eine hohe Senderfeldstärke und damit eine nahe Relaisstation anzeigt, genügt eine geringere Sendeleistung. Dies lässt sich vom Hersteller gut als »Schonung« des Nutzers verkaufen, obwohl der Verdacht naheliegt, dass es eigentlich darum ging, die maximale Sprechdauer mit einer Batterieladung zu verlängern. Auch die Entwicklung von Antennenstrukturen, die die Hauptsendeleistung vom Kopf weg gerichtet ausstrahlt, hat dazu beigetragen, dass die thermischen Belastung reduziert wurde.

Nur geringe »Störungssignale« in der Zellmembran

Wie aber steht es mit nicht-thermischen Effekten? Bislang kann eine Kraftwirkung auf geladene Teilchen, die in zelluläre Transportprozesse oder Signalwege eingreift, nicht ausgeschlossen werden. Für den Aufbau von Spannungen über die Zellmembran kann aber Entwarnung gegeben werden: die Lipid-Doppelschicht dieser Membran wirkt bei Frequenzen oberhalb zirka 100 Megahertz wie ein elektrischer Kondensator, der das Hochfrequenzsignal kurzschließt. Die bei Einstrahlung von elektromagnetischen Wellen über die Lipidmembran auftretenden »Störersignale« sind aus diesem Grund so klein, dass sie gegenüber den biologischen Membranpotenzialen vernachlässigt werden können.

Eine dritte, nicht-thermische Wirkung sollte wenigstens prinzipiell in Betracht gezogen werden, ob-

Komponenten einer Zelle und die möglichen Einwirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern



4 Wie sich Hochfrequenzstrahlen im Bereich von ein bis zwei Gigahertz auf die verschiedenen Komponenten einer Zelle auswirken könnten, wird in dieser Zeichnung dargestellt.

wohl auch hier bisher keine eindeutigen experimentellen Aussagen vorliegen. Ähnlich wie bei sichtbarem Licht oder bei Licht im infraroten Spektralbereich könnten resonante Absorptionen möglich sein, die nur bei einer bestimmten Frequenz auftreten und die Biopolymere anregen könnten. Zumindest prinzipiell sind solche Resonanzen denkbar, die dann auch in zelluläre Stoffwechselfvorgänge oder Signalwege eingreifen könnten. Für solche Wechselwirkungen müssten eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein: Die betroffenen Moleküle müssten niederfrequente Anregungszustände mit sehr niedrigen Energien entsprechend der Energie der elektromagnetischen Wellen aufweisen. Dies könnten Rotationen von Molekülteilen, die Schwingungsbewegung von Proteindomänen oder die kollektive Bewegung von schwach über Wasserstoffbrücken gebundenen Molekülteilen sein. Diese Bewegungen wären allerdings bei Raumtemperatur auch schon durch die Wärmebewegung aktiviert, so dass die Einstrahlung einer elektromagnetischen Welle nur schwache Einwirkung hätte. Möglicherweise ist unser übliches Bild von den möglichen Anregungszuständen von Makromolekülen auch zu einfach, um Anregungen durch niederfrequente Strahlung zu erklären. Denkbar sind auch »Tunnelprozesse«, bei denen Makromoleküle zwischen zwei möglichen Konformationen pendeln und dazwischen »verbotene« Konfigurationen annehmen müssen.

Die experimentellen Arbeiten zur resonanten Anregung von Biomolekülen sind spärlich. Während für kleine Moleküle, zum Beispiel Ammoniak, niederfrequente Absorptionen durch Tunnelprozesse gemessen werden konnten, fehlen spektroskopische Daten über die Absorption von Proteinen, Lipiden und DNA im betrachteten Spektralbereich fast völlig. Es gibt jedoch vereinzelt Hinweise auf nicht-thermische, resonante Effekte beim Wachstum von Zellkulturen, die jedoch kaum reproduziert wurden. Hier ist ein großer Nachholbedarf an Experimenten, die allerdings nicht einfach sind. Auch solche Wechselwirkungseffekte können daher beim jetzigen Stand der Forschung weder bestätigt noch ausgeschlossen werden.



Kein Anlass zur Panik, aber keine pauschale Entwarnung

Es gibt derzeit keine hinreichenden Hinweise, dass Mobiltelefone, schnurlose Telefone oder drahtlose Vernetzungstechniken (»bluetooth«) zu schädigenden thermischen Effekten führen, wenn die geltenden Grenzwerte (20 mW absorbierte Energie pro 10 g Körpergewebe, gemittelt über 6 Minuten – in dieser Zeit kann sich ein Gleichgewicht durch die Blutzirkulation einstellen) eingehalten werden. Überschreitungen dieses Wertes sind nur in unmittelbarer Nähe (innerhalb von wenigen Metern) der Antennen von Relaisstationen zu erwarten. Da diese jedoch meist auf Dächern und Masten montiert sind, liegt auch hier die Belastung weit unterhalb der geltenden Grenzwerte.

Die Hinweise auf eine mögliche Schädigung durch nicht-thermische Effekte sind derzeit nicht ausreichend, um daraus Empfehlungen für niedrigere Grenzwerte oder für Vermeidung von Frequenzbereichen oder bestimmte Übertragungstechniken abzuleiten. Die entsprechenden Studien krankten oft an unzureichend definierten Versuchs-

bedingungen, schlechter Reproduzierbarkeit und unvollständiger Dosimetrie. Die Hinweise auf eine Störung von Hirnströmen, Nervenzuständen oder Schlafphasen sind größtenteils widersprüchlich und lassen bisher keine eindeutigen Schlüsse zu. Dies gilt ebenso für Hinweise auf eine Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke. Auch die vielen Fallberichte von Ärzten sind nur Einzelhinweise, die oft einer genaueren Überprüfung nicht standhalten. Für eine erhöhte »elektromagnetische Sensibilität« einzelner Personen gibt es derzeit keinen wissenschaftlichen Beweis.

Auch wenn der gegenwärtige Kenntnisstand keinen Anlass zu Besorgnis oder gar Panik gibt, sollte er nicht dazu verwendet werden, pauschal zu entwarnen. Fortentwicklungen sollten es ermöglichen, mit kleineren Sendeleistungen zu arbeiten und damit punktuelle Belastungen weiter zu reduzieren. Wenn das Netz von Relaisstationen flächendeckend engmaschiger geknüpft wird, kann mit punktuell geringeren Leistungen gesendet werden. Damit könnte der Dialog zwischen Betreibern und Gegnern zukünftig in nüchternen Bahnen verlaufen. ♦

Der Autor

Prof. Dr. Werner Mäntele ist Direktor des Instituts für Biophysik im Fachbereich Physik der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Er befasst sich in seinem Arbeitskreis mit infrarotspektroskopischen Untersuchungen von Proteinen. In diesem Zusammenhang arbeitet er an Absorptions- und Wirkungsmechanismen für Infrarot- und Terahertz-Strahlung in biologischen Systemen.

pretagrāha ṭoṭaṃ bhindāmi – Magische Silben zur Abwehr von Dämonen

Die Malediven im Wandel der Sprachen und Religionen



■ Eine Malediveninsel, wie man sie aus Reiseprospekten und der Rumreklame kennt (Medhufushi, Meemu-Atoll).

In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts hat sich die Inselgruppe der Malediven im Indischen Ozean in rasantem Tempo von einem geografisch isolierten und deshalb nahezu unbekanntem Flecken am Rande der Welt zum Geheimtipp für Tiefseetaucher und weiter zum modernen, internationalen Touristenzentrum entwickelt. Von den zirka 1250 Inseln, die dem Inselstaat angehören, sind heute fast 100 als »tourist resorts« ausgebaut ■, die über einen internationalen Flughafen und mit Wasserflugzeugen bequem erreichbar sind. Nur die wenigsten Besucher werden dabei bemerken, dass die Bewohner des zwischen Afrika und Asien gelegenen Archipels zu einer alten Kulturnation gehören. Tatsächlich können die Malediver auf eine schriftliche Tradition zurückblicken, die der des Deutschen in ihrer zeitlichen Erstreckung nicht nachsteht; sie ist zudem durch den durchgreifenden Wechsel der Staatsreligion vom Buddhismus zum Islam und einen mehrfachen Wandel der Schrift geprägt.

Der Fund unter dem Korallensand

Über Art und Inhalt der maledivischen Überlieferung sind bisher allerdings kaum irgendwelche Informationen verfügbar; ein Umstand, der mir deutlich vor Augen trat, als ich die Inseln 1987 – damals natürlich selbst als Tourist – zum ersten Mal besuchte und im Museum der Hauptstadt Male ratlos vor den dort ausgestellten, nicht kommentierten oder erläuterten Schriftdenkmälern stand. Als Sprachwissenschaftler fühlte ich mich sogleich herausgefordert, und im Laufe der Jahre gelang es mir, tiefer und tiefer in die maledivische Geistesgeschichte »einzutauchen«. Eine schmerzliche Lücke blieb dabei freilich bestehen: Gerade die ältesten, vorislamischen Inschriften ließen sich nicht erschließen. Dies hat sich erst in jüngster Zeit geändert, nachdem unter dem Korallensand eine Inschrift gefunden wurde, die den buddhistischen Hintergrund der maledivischen Kultur erstmals auch sprachlich greifbar macht; ein geeigneter

Anlass, um die Entwicklung dieser Kultur einmal kurz zu umreißen.

Vom Buddhismus zum Islam: rechts- und linksläufige Schriften werden verknüpft

Für das *Dhivehi*, die letztlich auf das altindische, indogermanische Sanskrit zurückgehende einheimische Sprache der Malediven, wird heute die *Thaana*-Schrift verwendet ■, die etwa gegen Ende des 17. Jahrhunderts entstanden ist. Sie vereint in sich Elemente der arabischen Schrift mit solchen der zuvor gebräuchlichen *Dives Akuru* ■, die als eine typische kursive Abart der indischen Brāhmī-Schriften gelten kann und mit den für das Singhalesische in Sri Lanka und das Malayālam in Südindien gebrauchten Schriften verwandt ist. Der Wechsel der Schrift hängt offensichtlich mit dem der Religion zusammen: Als die Inseln im 12. Jahrhundert islamisiert wurden, mussten die originalsprachlichen, in der rechtsläufigen *Dives akuru* geschriebenen Texte mit arabischen, linksläufig geschriebenen Textelementen verknüpft werden ■, was

die Schreiber mehr und mehr vor Probleme stellte.^{1/1}

In inhaltlicher Hinsicht sind die Textzeugnisse vom 12. bis zum 18. Jahrhundert nicht sehr ergiebig: Es handelt sich fast ausschließlich um Urkunden und Grabinschriften, wobei aus der Zeit vor der kurzen portugiesischen Herrschaft (Ende des 16. Jahrhunderts) im wesentlichen *Lōmāfanus* 3 vorliegen, das sind Kupferplatteninschriften mit Dekreten von Sultane über die Stiftung von Moscheen.^{1/2} Erst ab dem 16. Jahrhundert werden Papierurkunden greifbar 4, darunter die Königschronik *Rādavaḷi*, und auch Grabsteine 5 sind erst ab dieser Zeit erhalten. Handschriftliche Bücher lassen sich ab dem 18. Jahrhundert nachweisen.

Die Islamisierung stellt in der Tat das herausragende historische Faktum in der maledivischen Kulturgeschichte dar, insofern sie einen (in den *Lōmāfanus* durchaus thematisierten) deutlichen Bruch mit älteren Traditionen bedeutete: Buddhistische Tempel- und Klosteranlagen wurden offenbar ebenso gezielt vernichtet wie ältere schriftliche Denkmäler.^{1/3} Tatsächlich waren bis vor kurzem nur drei vorislamische inschriftliche Zeugnisse bekannt, die

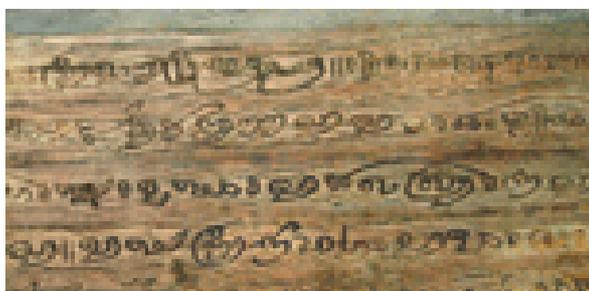
als Zufallsfunde bei Erdarbeiten entdeckt worden waren. Es handelt sich um Inschriften auf Statuen 7, die nach ihrer äußeren Gestalt und ihrer Ornamentik dem so genannten *Vajrayāna*-Buddhismus zuzurechnen sind. Die Inschriften selbst galten bisher, wie gesagt, als unlesbar, da sich zum einen die verwendete Schrift noch deutlich von der in der islamischen Epoche gebräuchlichen Abart der *Dives-Akuru*-Schrift unterscheidet^{1/4} und zum anderen weder eine chronologische noch eine inhaltliche Einordnung möglich war.

»Missing link« –
Spektakulärer Fund in
buddhistischer Klosteranlage

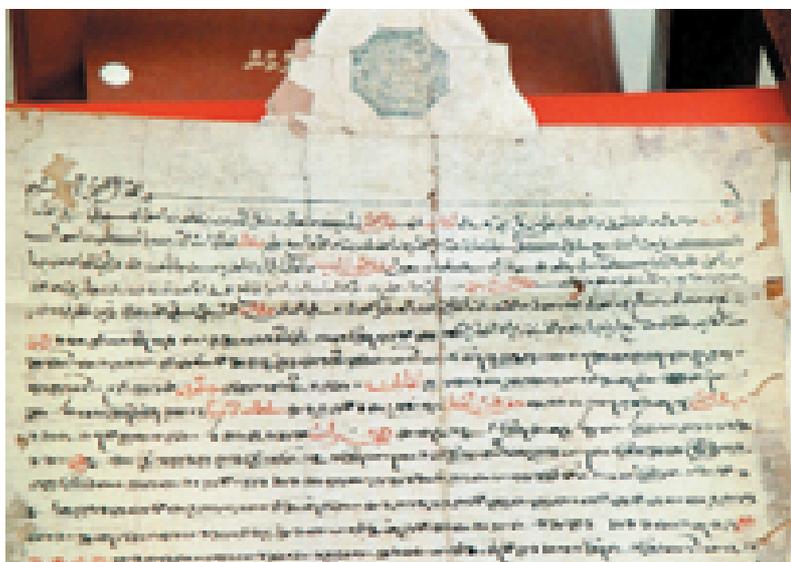
Dies hat sich erst vor zwei Jahren gewandelt, als auf der Insel *Landhoo* im Norden des Archipels bei Ausgrabungen in den Ruinen einer mutmaßlichen buddhistischen Klosteranlage eine Inschrift 9 entdeckt wurde, die aufgrund ihrer schriftlichen Ausgestaltung (die verwendete Schrift weist sowohl im Duktus als auch in den Buchstabenformen größte Ähnlichkeiten mit südindischen Schriften des 5. bis 8. Jahrhunderts auf) und ihrer sprachlichen Form (die Inschrift ist in ei-

nem für diesen Zeitraum typischen Gemisch aus Sanskrit und mittellindischem Prakrit gehalten) wesentlich älter sein muss als die bisher bekannten, gleichwohl aber wesentlich leichter zu entziffern ist.

Im Vorgriff auf die Erstausgabe, die noch in diesem Jahr erscheinen soll, sei hier festgehalten, dass die Inschrift eindeutig eine *Dhāraṇī* enthält, das heißt, einen mit magischen Silben durchsetzten, aus Bannfor-



3 Islamischer Inhalt in indischem Gewand: Dives-Akuru-Inschrift auf Holzbalken (17. Jahrhundert).



meln zur Abwehr von Dämonen bestehenden Text, wie er für den späten, tantrischen Buddhismus charakteristisch und vor allem in Tibet und Nepal bis heute verbreitet ist.^{1/5} Die in der Inschrift immer wiederkehrende Formel verwendet die Verbalform *bhīndāmi* »ich zerschlage« in Verbindung mit dem bisher unbekanntem Element *toṭa(m)*, hinter dem ich eine mittelindische Entsprechung des Sanskrit-Verbs *troṭaya-* »zertrümmern« vermutete; so würde dann beispielsweise der Spruch *pretagrāha toṭaṃ bhīndāmi* (in Zeile 3 9) soviel bedeuten wie »ich zerschlage die durch die Totengeister (Sanskrit *preta-*, wörtlich »dahingegangener«) verursachte Besessenheit (Sanskrit *graha-*, wörtlich »Ergreifung«) in Trümmer«. Bemerkenswerterweise wird das Sanskritwort *preta-* in der lautlich angepassten Form *furēta* noch heute auf den Malediven als Bezeichnung für Dämonen und Geister verwendet, und auch das dem Sanskrit *bhīndāmi* entsprechende Verbum gibt es im Dhivehi noch (*biṅdan* »ich fälle«).

2 Schriftlicher Alltag auf den Malediven von heute: Zeitungsartikel in Thaana-Schrift aus dem Internet (Zeitung *Miadhū* vom 26. Januar 2003). Diese schon gegen Ende des 17. Jahrhunderts entstandene Schrift vereinigt Elemente der arabischen Schrift mit solchen kursiver indischer Schriften und ist linksläufig.

4 Gegenläufige Schreibtraditionen vereinigt: Handschrift in Dives-Akuru mit (roten) arabischen Einsprengeln (16. Jahrhundert).



5 Religiöse Stiftung auf Kupfer beurkundet: *Lōmāfanu*, Ende des 12. Jahrhunderts.



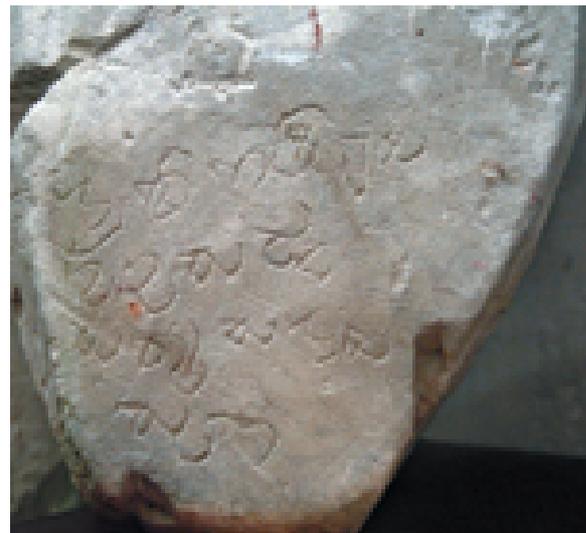
6 Kalligraphie in Korallenstein gemeißelt: Grabsteininschrift in Dives-Akuru (17. Jahrhundert).



7 Dämonenabwehr verbildlicht: Statue mit Inschrift und *Vajrayāna*-Symbolen.

Auch wenn in der neugefundenen Inschrift noch nicht alles lesbar und verständlich ist, hat sie doch ein entscheidendes Licht auf die bereits früher bekannten Inschriften auf den Statuen geworfen. Auch diese lassen sich nun als *Dhāraṇī*-Texte entziffern, mit denen Götter um Schutz vor Dämonen gebeten wurden. So kann der in 5 dargestellte Text als »schütze mich und alle Existenzen immerdar« gedeutet werden.

Die Inschrift von Landhoo repräsentiert das »missing link« zwischen der jüngeren maledivischen Tradition, die ab der Islamisierung kontinuierlich nachweisbar ist, und ihrer Herkunft aus dem altindischen Sanskrit, die sowohl die Affinität der Sprache als auch die verwendete Schrift nahelegen. Sie dokumentiert zugleich, dass die Besiedelung der Malediven in der zweiten Hälfte des ersten Jahrtausends bereits wesentlich weiter fortgeschritten war, als dies in früherer Zeit angenommen wurde. ♦



8 Fortsetzung der Inschrift zur Dämonenabwehr [vgl. 7].



9 Historisches und schriftgeschichtliches »missing link«: Inschrift aus *Landhoo* (zirka 5. bis 8. Jahrhundert).

Der Autor

Prof. Dr. Jost Gippert studierte Vergleichende Sprachwissenschaft, Indologie, Japanologie und Sinologie an den Universitäten Marburg und Berlin (FU). Zu seinen Arbeitsschwerpunkten gehören neben dem Sanskrit und den mit ihm verwandten indogermanischen Sprachen und ihren Überlieferungen auch zahlreiche heute als bedroht geltende Idiome.

Anmerkungen

^{1/1} Zum Übergang von Dives akuru zu Thaana vgl. J. Gippert, Paläographische Untersuchungen mit dem Computer, in: *Studia*

Iranica, Mesopotamica et Anatolica 2, 1996 [1997], 77–100.

^{1/2} Für eine Aufstellung der wichtigsten Dokumente

vgl.. S. Fritz, *The Dhivehi Language. A Descriptive and Historical Grammar of Maldivian and Its Dialects. II.: Material*, Heidelberg 2002, 215 ff.

^{1/3} Vgl. dazu J. Gippert, *Early New Persian as A Medium of Spreading Islam* (erscheint in den Akten der Tagung »Early New

Persian«, Göttingen 1999).

^{1/4} Vgl. Dhivehi Writing Systems. Male: National Centre for Lingui-

stic and Historical Research, 1999.

^{1/5} Vgl. z.B. K. Mylius, *Geschichte der Literatur im Alten Indien*, Leipzig 1983, 414 ff.

Von Schnecken und Menschen

Beeinflussen Umweltchemikalien die Entwicklung und Fortpflanzung?

1 Die Apfelschnecke *Marisa cornuarietis*, eine Vorderkiemerschnecke, wird in Frankfurt bei der Untersuchung hormonähnlich wirkender Umweltchemikalien eingesetzt.



In allen Stämmen des Tierreichs werden Entwicklung und Fortpflanzung durch chemische Botenstoffe gesteuert. Obwohl die generelle Strategie der endokrinen Kontrolle im Laufe der Evolution weitgehend unverändert blieb, bildeten die verschiedenen systematischen Gruppen stark divergierende Hormonsysteme aus. Gleichwohl werden einige Hormonklassen, etwa die zu den Steroiden gehörenden Geschlechtshormone der Wirbeltiere, auch von wirbellosen Tieren, wie den Stachelhäutern (Echinodermaten) oder den Vorderkiemerschnecken (Prosobranchier) 1, als Signalstoffe verwendet. Als evolutive Anpassung an den Fraßdruck durch Tiere entwickelten Pflanzen und Pilze Phytoöstrogene, die nach exzessiver Aufnahme die Fortpflanzung der Pflanzenfresser und so deren Vermehrung einschränken.

Vor etwa zehn Jahren traten Umweltchemikalien in den Mittelpunkt des wissenschaftlichen und öffentlichen Interesses, die eine den Geschlechtshormonen ähnliche Wirkung aufweisen. Die als endokrine Disruptoren bezeichneten Substanzen gehören unterschiedlichen Verbindungsklassen an. Ihr gemeinsames Kennzeichen ist, dass sie direkt oder indirekt das Hormonsystem von Mensch und Tier stören können. Auslöser der bis heute sehr

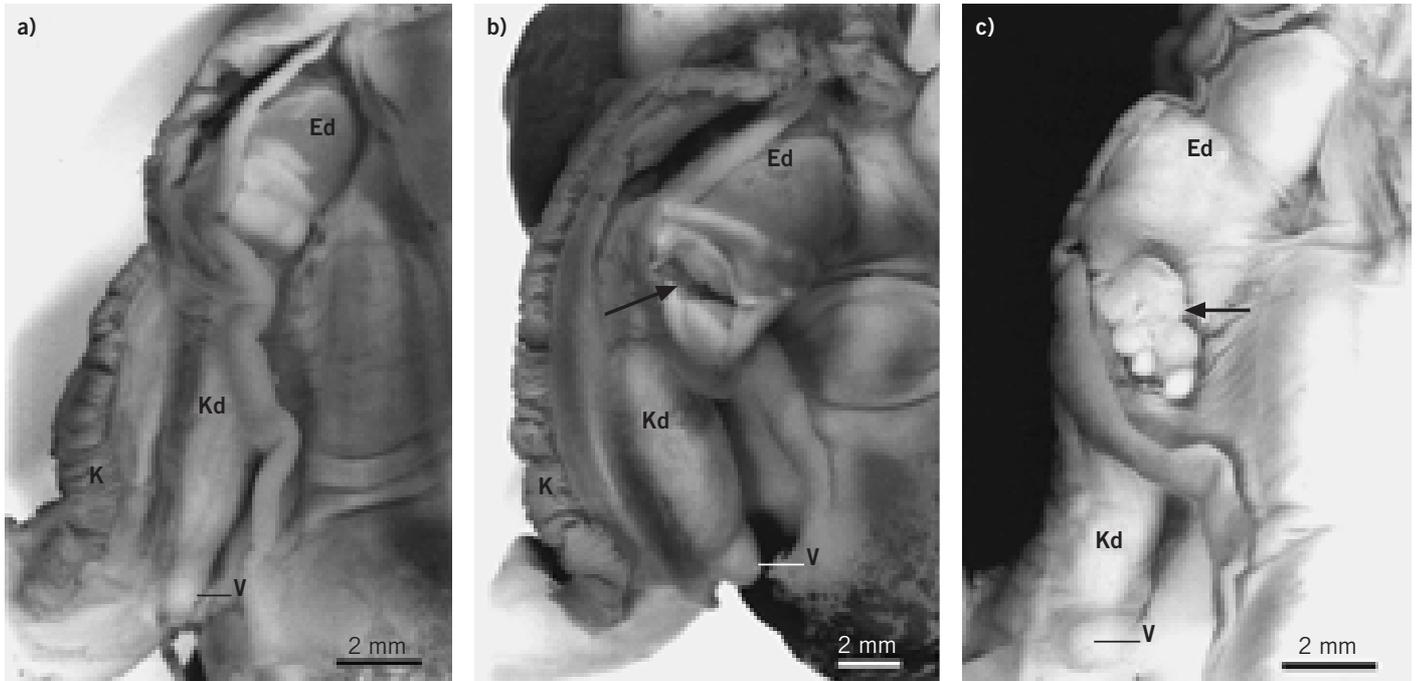
kontrovers geführten Debatte war eine retrospektive Studie aus Dänemark, bei der die Spermiedichte in Samenproben von Männern aus den Jahren 1938 bis 1988 untersucht wurde. Das niederschmetternde Ergebnis: Die Anzahl der Spermien pro Milliliter Ejakulat ist mit 60 Millionen bei den »Spätgeborenen« nahezu halbiert. Dieser Befund konnte später in französischen und britischen Untersuchungen weitgehend bestätigt werden, obwohl erhebliche regionale Unterschiede festgestellt wurden. Weiterhin lässt sich in den industrialisierten Regionen der Welt eine dramatische Zunahme kongenitaler (angeborener) Missbildungen der Genitalorgane männlicher Neugeborener, zum Beispiel Hodenhochstand oder Kryptorchismus, Harnröhrenspalten oder Hypospadie, sowie von Krebserkrankungen feststellen, die durch Geschlechtshormone begünstigt werden, darunter das Hoden- und Prostatakarzinom des Mannes und einige Brustkrebsformen der Frau 2.

Während die Vertreter der so genannten Lifestyle-Hypothese für die Häufung dieser Phänomene die Lebensumstände in den Industrienationen, etwa Bewegungsmangel, ungesunde Ernährungsweise, das Tragen enger Hosen und andere Modeerscheinungen verantwortlich machen, geht die Östrogenhypothese

se davon aus, dass endokrine Disruptoren die Effekte hervorrufen. Für die Beobachtungen am Menschen ist es bisher nicht gelungen, eine der beiden Hypothesen zu belegen. Auffallend ist aber, dass die im Zusammenhang mit endokrinen Disruptoren diskutierten Wirkungen auf den Menschen bereits durch einen Arzneimittelskandal bekannt wurden, der Affäre um Diethylstilbestrol (DES). Das synthetische Östrogen DES wurde bis Anfang der 1970er Jahre routinemäßig bei mehr als drei Millionen US-Amerikanerinnen als vermeintlich schwangerschaftserhaltendes Medikament verschrieben. Heute



2 Harnröhrenspalte (Hypospadie) bei einem wenige Monate alten Jungen.



3 Aufnahmen des Eileiters der Apfelschnecke *Marisa cornuarietis*. (a) unbelastetes Weibchen aus der Kontrollgruppe; (b) und (c) Veränderungen unter Bisphenol A-Einfluss mit einem Riss des Eileiters (Pfeil in b) und austretender Gelegetmasse (Pfeil in c). Abkürzungen: Ed: Eiweißdrüse; K: Kieme; Kd: Kapseldrüse; V: Vaginalöffnung.

wissen wir, dass das Östrogen nicht die erhoffte Wirkung zeigte, bei den männlichen Nachkommen der behandelten Mütter aber Infertilität, reduzierte Spermiedichte, Kryptorchismus, Hypospadie und Hodenkarzinome auslöste. Diese sehr gut dokumentierte Parallelität der Effekte von DES und der potenziellen Wirkungen von endokrinen Disruptoren ist eines der stärksten Argumente für die Östrogenhypothese.

Modellorganismus Schnecke

Im Gegensatz zum Menschen, für den Beweise der Östrogenhypothese noch ausstehen, konnte in zahlreichen Freiland- und Laboruntersuchungen gezeigt werden, dass Umweltchemikalien in der Lage sind, das Hormonsystem von Tieren zu beeinflussen. Die ökotoxikologischen Forschungen zu endokrinen Disruptoren konzentrieren sich vor allem auf Wasserorganismen, da die Oberflächengewässer über den Abwasserstrom und den Flächeneintrag aus landwirtschaftlich genutzten Flächen erhebliche Mengen der Verdachtssubstanzen aufnehmen. Aus der Vielzahl der analysierten Tiergruppen sollen hier die Vorderkiemerschnecken (Prosobranchier) herausgestellt werden, die – neben anderen – in unserer Arbeitsgruppe untersucht werden.

Die überwiegende Zahl der Prosobranchier ist getrenntgeschlechtlich,

während die als Gartenplage wenig geliebten Lungenschnecken (Pulmonaten) zwittrig sind. Ein weiterer Unterschied zwischen beiden Gruppen ist, dass Pulmonaten fast ausschließlich Neuropeptide als Hormone nutzen, Prosobranchier aber nicht nur die gleichen Geschlechtshormone wie die Wirbeltiere verwenden, sondern auch ähnliche Biosynthesewege und Rezeptoren aufweisen wie wir und unsere nächsten Verwandten. Dies macht sie zu sehr interessanten Modellorganismen, weit über rein ökotoxikologische Fragestellungen hinaus. In unseren Labors wird für die Untersuchung von endokrinen Disruptoren unter anderem die aus Mittelamerika stammende Apfelschnecke *Marisa cornuarietis* eingesetzt. *Marisa* entwickelt unter dem Einfluss von Umweltchemikalien, die bei Wirbeltieren eine östrogenartige Wirkung zeigen – zum Beispiel Bisphenol A, ein Bestandteil von Kunststoffen, Octylphenol, ein Abbauprodukt von Reinigungsmitteln oder Ethinylöstradiol, der Wirkstoff der Antibabypille – komplexe Veränderungen an den Geschlechtsorganen, die als Induktion von »Superweibchen« bezeichnet werden. Superweibchen weisen vergrößerte Geschlechtsdrüsen im Eileiter auf und zeichnen sich durch eine erhöhte Gelege- und Eiproduktion aus, was zum Stau der Ge-

schlechtsprodukte im Eileiter führen kann. In der Folge zerreißt der Eileiter, und das betroffene Weibchen verendet. Auch bei den Männchen lassen sich negative Wirkungen nachweisen, zum Beispiel eine Unterentwicklung von Penis und Prostata. Diese Effekte treten im Labor bereits bei Konzentrationen auf, die um den Faktor zehn niedriger liegen als die an einigen Stationen entlang der Elbe gemessenen Jahresmittelwerte für Bisphenol A. Aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit gegenüber östrogenartig wirkenden Umweltchemikalien dienen Vorderkiemerschnecken nicht nur als »ökosystemares« Frühwarnsystem, sondern sie ermöglichen es auch, Substanzen, die als endokrine Disruptoren bei Wirbeltieren wirken, im Test zu identifizieren **3**.

Organozinnverbindungen beeinflussen das Hormonsystem

Noch bevor die Prosobranchier für die Untersuchung von Xeno-Östrogenen (von griechisch xenos = fremd) eingesetzt wurden, spielten sie bereits bei der Risikobewertung einer speziellen Gruppe endokriner Disruptoren, der Organozinnverbindungen, eine wichtige Rolle. Tributylzinnverbindungen (TBT) wurden in den letzten 40 Jahren vor allem als biozide Bestandteile von Schiffsfarben (Antifoulingfarben) verwen-

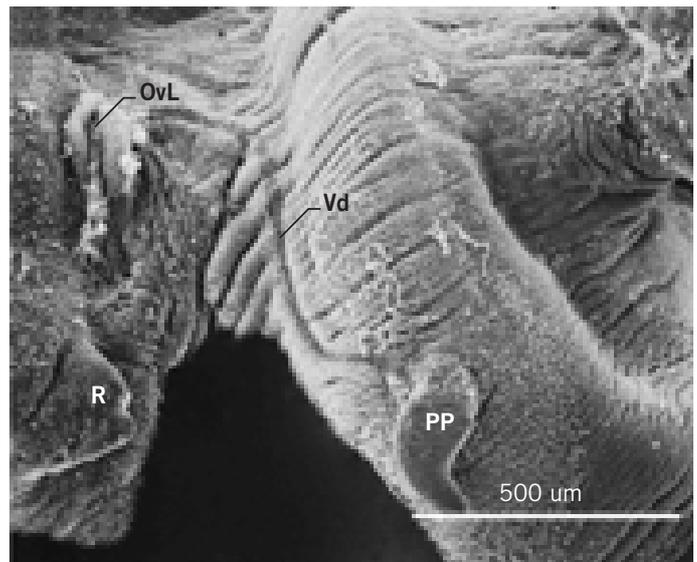
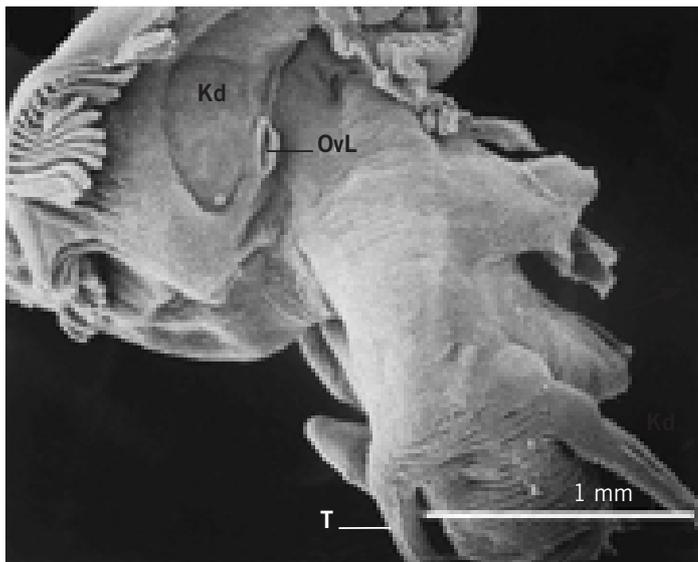
det, da sie dazu beitragen, den Bewuchs mit Algen, Muscheln und anderen Tieren zu verhindern. Diese Anwendung ist wegen der hormonähnlichen Wirkung des TBT seit Januar 2003 in der Europäischen Union verboten. Im Gegensatz zu den Xen-Östrogenen wirkt TBT als Xen-Androgen und damit vermännlichend. Bei Vorderkiemerschnecken wird bereits bei TBT-Konzentrationen von weniger als einem Nanogramm pro Liter – dies entspricht einem Stück Würfelzucker im Wasservolumen des Lechstauses – eine als Impossex bezeichnete Vermännlichung ausgelöst. Die Weibchen entwickeln zusätzlich zu ihren eigenen Geschlechtsorganen einen Penis und einen Samenleiter, der bei einigen Arten zu wuchern beginnt und den Eileiter blockiert. Die Folge ist eine Sterilisierung der Weibchen, da die Gelege nicht mehr abgegeben werden können. Weiterhin produzierte

chen in die weiblichen Geschlechtshormone verantwortlich ist. Daher steigen die Androgengehalte unter dem Einfluss von TBT bei den Weibchen an und lösen die Ausbildung männlicher Geschlechtsorgane aus. Dieses Schlüsselenzym für die Biosynthese der Geschlechtshormone, die Aromatase, tritt nicht nur bei den Prosobranchiern auf, sondern auch bei zahlreichen Klassen der Wirbellosen und allen Wirbeltieren, einschließlich dem Menschen. Insofern besteht ein Anfangsverdacht, dass Substanzen wie TBT das Hormonsystem auch anderer Tiergruppen beeinflussen können [4].

COMPRENDO nimmt endokrine Disruptoren unter die Lupe

Die Effekte von endokrinen Disruptoren quer durch das Tierreich werden seit dem 1. Oktober 2002 im EU-Forschungsprojekt COMPRENDO (Comparative Research on En-

schäften, für die das TBT ein Beispiel darstellt. COMPRENDO will zum einen die Exposition des Menschen gegenüber endokrinen Disruptoren aufklären, wozu neben Blut- und Gewebeproben auch Nahrungsmittel aus den europäischen Ländern analysiert werden. Weiterhin soll die Empfindlichkeit von Vertretern unterschiedlicher Tierstämme, von Krebsen und Schnecken bis hin zu den Säugetieren, gegenüber den Substanzen vergleichend charakterisiert werden. Ein weiteres Ziel ist es, neue Tiermodelle zu entwickeln, mit deren Hilfe die Gefährdung des Menschen durch hormonähnliche Chemikalien abgeschätzt werden kann. Auf Basis dieser Ergebnisse soll dann eine Risikobewertung durchgeführt werden, die über die im Rahmen von COMPRENDO untersuchten Substanzen hinaus Modellcharakter für weitere hormonähnlich wirkende Schadstoffe haben soll. ◆



4 Rasterelektronische Aufnahmen weiblicher Wattschnecken (*Hydrobia ulvae*, Mantelhöhle eröffnet). Links: Weibchen ohne Impossex, rechts: Weibchen im Impossex-Endstadium mit Penis (PP), Samenleiter (Vd) und Verschluss der Vaginalöffnung (OvL). Weitere Abkürzungen: Kd: Kapseldrüse; R: Rektum (Enddarm); T: Tentakel.

Gelege reichern sich im Eileiter an, überdehnen ihn, bis er schließlich zerreißt und das Weibchen zu Grunde geht. Da viele der betroffenen Arten in europäischen Küstengewässern keine Larvenstadien ausbilden, die mit dem Plankton verdriftet werden, führt die Sterilisierung aller Weibchen einer Population zum lokalen Aussterben der Art. TBT zeigt diesen Effekt bei den Vorderkiemerschnecken, weil spezifisch ein Enzym blockiert wird, das für die Umwandlung der männli-

dochrinen Disruptors), an dem 18 Institute aus zehn Ländern teilnehmen, erfasst und miteinander verglichen. Die wissenschaftliche Koordination liegt bei Dr. Ulrike Schulte-Oehlmann in unserer Arbeitsgruppe. Während in der Vergangenheit vor allem hormonähnliche Substanzen mit einer östrogenartigen Wirkung im Mittelpunkt des wissenschaftlichen Interesses standen, beschäftigt sich COMPRENDO primär mit Verdachtsstoffen mit androgenen und antiandrogenen Eigen-

Aktuelle Informationen zu den Forschungen im Bereich endokriner Disruptoren finden Sie im Internet unter <http://www.bio.uni-frankfurt.de/ee/ecotox> sowie auf der COMPRENDO-Homepage unter www.comprendo-project.org.

Der Autor

Prof. Dr. Jörg Oehlmann ist seit Mai 2001 am Zoologischen Institut tätig und beschäftigt sich seit 14 Jahren mit endokrinen Disruptoren.

Stammzelltransplantation bei Kindern

Auch Eltern sind mögliche Spender



■ Stammzellen werden bei minus 170 Grad Celsius in flüssigem Stickstoff aufbewahrt.

Heute erkranken in Deutschland etwa 750 Kinder und Jugendliche Jahr für Jahr an Leukämien und anderen bösartigen Bluterkrankungen, davon rund 600 an einer Akuten Lymphatischen Leukämie (ALL) und 150 an einer Akuten Myeloischen Leukämie (AML). Seit der Einführung moderner Chemotherapieprotokolle im Jahr 1970 ist aus dieser einst tödlichen eine jetzt heilbare Erkrankung geworden. Allerdings erleiden immer noch zirka 20 Prozent der Kinder mit einer ALL einen Rückfall. Die meisten der Kinder benötigen eine Stammzelltransplantation. In Deutschland sind dies pro Jahr etwa 100; in Frankfurt werden im Jahr gegenwärtig 20 Patienten mit Stammzelltransplanta-

tionen behandelt, davon rund 55 Prozent mit akuten Leukämien. Eine Stammzelltransplantation kostet bei Kindern gegenwärtig etwa 120 000 Euro.

1990 wurde der Nobelpreis für Medizin an Donall E. Thomas verliehen für seine Verdienste auf dem Gebiet der Knochenmarktransplantation. Er hat dieses Therapieverfahren von einer experimentellen Behandlungsmethode für unheilbar Kranke zur Routineanwendung weiterentwickelt, mit der Patienten mit bösartigen Krankheiten, vor allem akuten und chronischen Leukämien, aber auch gutartigen, aber lebensbedrohlichen Krankheiten, zum Beispiel aplastischen Anämien oder angeborenen Stoffwechsel-

und Immundefekten, behandelt werden können.

Dabei unterscheidet man die allogene von der autologen Transplantation. Bei der allogenen Transplantation handelt es sich um eine echte Organtransplantation, bei der hämatopoetische Stammzellen eines Spenders auf den Empfänger übertragen werden. Mittlerweile wird nicht mehr ausschließlich Knochenmark (KM) übertragen, da sich Stammzellen nicht nur im Knochenmark, sondern auch im peripheren Blut und im Nabelschnurblut (Plazentarestblut) finden. Daher spricht man heute im allgemeinen von der »Stammzelltransplantation«. Die übertragenen Stammzellen sind so genannte

»adulte« Zellen, aus denen sich blutbildende Zellen, aber auch Muskel- oder Gehirnzellen, entwickeln können. Solche hämatopoetischen Stammzellen stehen bei Neugeborenen, Kindern und Erwachsenen in ausreichendem Maß zur Verfügung. Allerdings ist es bisher nicht gelungen, die Stammzelle selbst zu identifizieren und zu isolieren. Bekannt ist lediglich der »Zellpool«, in dem sich die hämatopoetischen Stammzellen aufhalten: Er kann mit dem Marker CD34 gekennzeichnet werden. Die Zellen des Knochenmarks können nicht im Mikroskop, wohl jedoch aufgrund ihres Wachstumsverhaltens und mit immunologischen Methoden unterschieden werden. Aufgrund einer internationalen Übereinkunft haben alle Oberflächenmarker von Zellen, die sich mit klar definierten Antikörpern markieren lassen, eine einheitliche Codierung bekommen (CD= Clusters of Differentiation). Einer dieser Codes ist CD34, der den Zellpool kennzeichnet, in dem sich die hämatopoetische Stammzelle befindet.

Bei einer allogenen SZT (2) werden Vorläuferzellen transplantiert, die eine erfolgreiche Wiederbesiedlung des Knochenmarks mit den drei myeloischen Zelllinien (Erythrocyten, Granulocyten/Makrophagen, Thrombocyten) sowie den Aufbau eines funktionierenden Immunsystems gewährleisten. Voraussetzung für eine erfolgreiche allogene Transplantation ist die adäquate Vorbereitung (»Konditionierung«) des Empfängers. Dabei wird mit Hilfe einer intensiven Strahlen- und Chemotherapie sowohl die Blutbildung des Empfängers als auch sein Immunsystem zerstört. Diese war bisher so intensiv, dass eine Wiedererholung des Empfänger-Knochenmarks sicher ausgeschlossen werden konnte (so genannte supraletale Konditionierung). Mittlerweile sind weniger intensive Konditionierungsverfahren entwickelt worden, bei denen die Immunsuppression und nicht die Zerstörung der Empfängerblutbildung im Vordergrund steht (»nicht-myeloablative Konditionierung«). Bei bösartigen Krankheiten erfüllt die Konditionierung darüber hinaus den Sinn, die Leukämiezellen zu zerstören oder zumindest stark zu reduzieren.

Im Gegensatz zur allogenen SZT geht es bei der autologen Transplan-

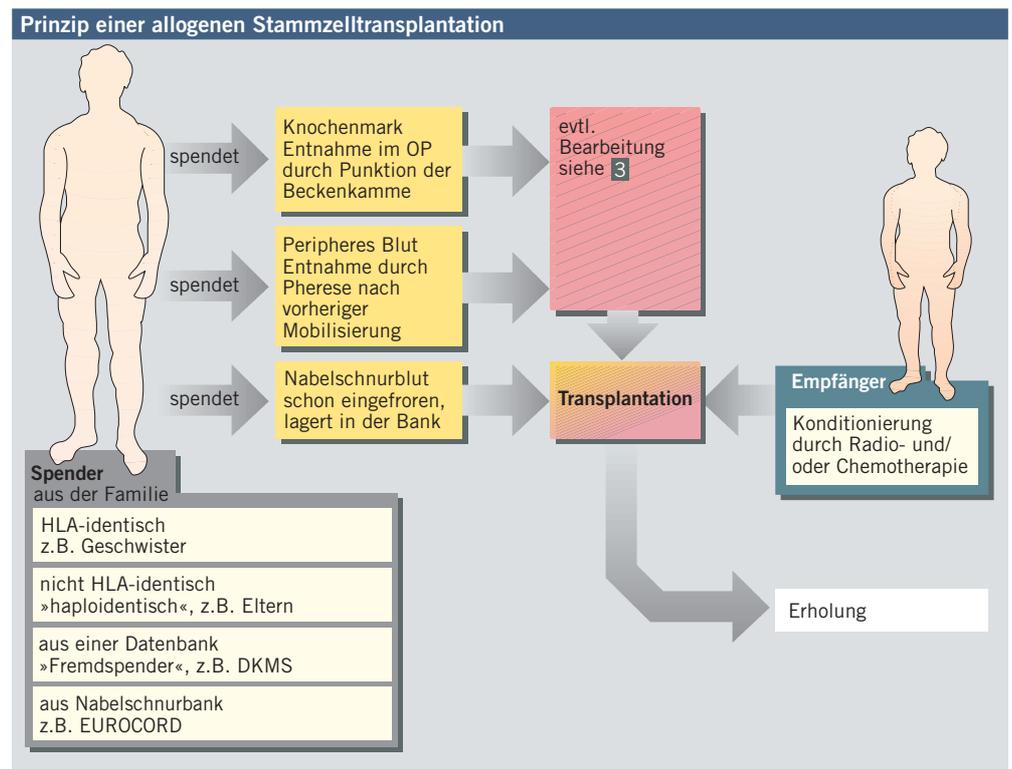
tation darum, eine Intensivierung der konventionellen Chemotherapie auf das Drei- bis Vierfache (»Hochdosistherapie«) zu ermöglichen. Hierbei dient die Stammzellgabe dazu, das Knochenmark vor den Folgen der hochdosierten Chemotherapie (»Rescue«) zu schützen.

Die Auswahl der Patienten, die eine SZT erhalten sollen, erfolgt nach verschiedenen Aspekten: Einerseits sollen nicht Patienten behandelt werden, die auch ohne dieses Verfahren gesund würden, andererseits nicht solche, bei denen die Wahrscheinlichkeit extrem hoch

krankte Kinder, Frankfurt e.V.« zur Verfügung gestellt. Im August 2002 war der erste Spatenstich.

Spenderauswahl und haploidentische Transplantation

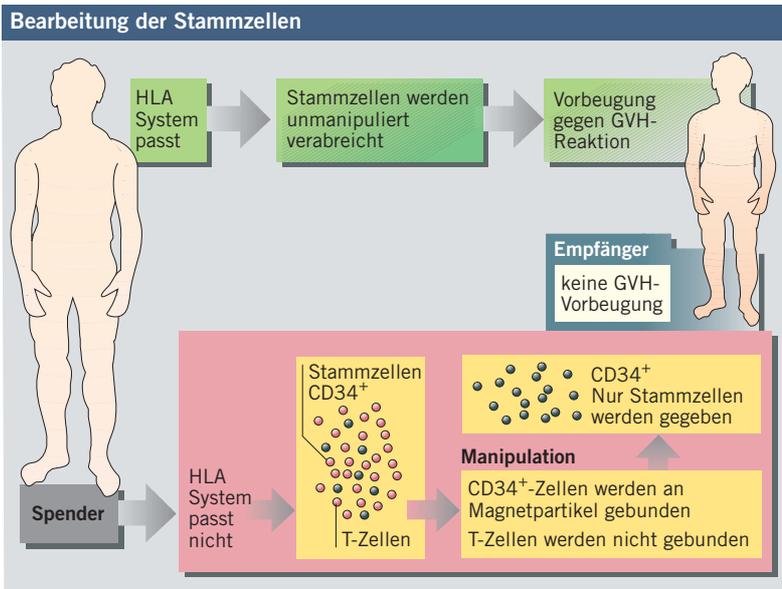
Die Auswahl des richtigen Spenders für eine allogene SZT ist ein schwieriges Unterfangen und abhängig von der Übereinstimmung der HLA-Merkmale (Human Leukocyte Antigen), zwischen Spender und Empfänger. Die Zellen des menschlichen Abwehrsystems verfügen über ein Identifikationssystem, mit dessen Hilfe sie körpereigene von körper-



ist, dass auch eine SZT nicht mehr helfen wird. Im Gegensatz zu den Anfangszeiten der SZT gilt eine Transplantation heute nicht mehr als »last chance«-Prinzip, sondern als Therapieverfahren im Rahmen eines rationalen Gesamtkonzepts, zu dem in erster Linie konventionell dosierte Chemo- und Radiotherapie gehören. Um betroffene Kinder im Universitätsklinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität besser behandeln zu können, wird dort bis zum Jahr 2004 ein Zentrum zur Stammzelltransplantation aufgebaut, das aus Mitteln der Hochschulbauförderung finanziert wird; der Landesanteil wird vollständig durch private Mittel, in erster Linie durch den Verein »Hilfe für Krebs-

fremden Zellen unterscheiden können. So wie Spieler unterschiedlicher Fußballmannschaften ein Trikot aus verschiedenen Bestandteilen (Hose, Hemd, Stutzen) tragen, die eine zweifelsfreie Zuordnung zulassen, »tragen« Körperzellen ein System von Oberflächenmarkern, die den Abwehrzellen des Körpers erlauben, »Selbst« und »Fremd« zu unterscheiden und »fremde« Zellen sofort aus dem Körper zu entfernen. Der ideale Spender aus der Sicht der genetischen Verträglichkeit wäre ein identisches Zwillingsgeschwister. Dieser optimale Zustand ist allerdings äußerst selten. Rund jeder fünfte Patient hat einen passenden – das heißt HLA-identischen – Spender, in der Regel Bruder oder

2 Bei einer autologen SZT sind Spender und Empfänger identisch.



Bei passendem HLA-System können die Zellen völlig unmanipuliert verabreicht werden. Bei abweichendem HLA-System (»Mismatch«) wird die CD34-positive Stammzellfraktion mit Hilfe eines Immunmagnetverfahrens herausgefiltert. Dies korrespondiert mit einer Entfernung von immunologisch aktiven T- und B-Zellen. Eine Vorbeugung gegen eine GVH-Reaktion nach SZT ist dann nicht mehr nötig.

Schwester, in der Familie. Für den Rest ist eine Suche nach einem unverwandten freiwilligen Spender, die so genannte Fremdspendersuche, über das nationale Suchzentrum Deutschlands (Zentrales Knochenmarktransplantationsregister Deutschland, ZKRD) nötig. Mittlerweile gibt es in allen Industriestaaten Spenderdatenbanken, die sowohl die Daten von freiwilligen, nicht-verwandten Spendern bereitstellen, als auch die Stammzellentnahme organisieren und die Spender betreuen. Die Datenbanken sind weltweit zusammengefasst (gegenwärtig rund 8 000 000 potenzielle Stammzellspender). In Deutschland wurde 1992 die Deutsche Knochenmarkspenderdatei (www.dkms.de) gegründet, die 800 000 Spender betreut und die größte Einzeldatei ist. Durch Suche in diesen Spenderdatenbanken wird für weitere 60 Prozent der Patienten rechtzeitig ein Spender gefunden.

Dies ist im Vergleich zur Situation vor zehn Jahren ein großer Fort-

schritt, bedeutet aber auch, dass wir zwar für vier von fünf unserer Patienten, die eine allogene SZT benötigen, rasch einen geeigneten Spender finden, für die übrigen 20 Prozent jedoch nicht.

Die Eltern als Spender

Angeregt durch die erfolgreiche Arbeit der Gruppe um Yair Reisner, Weizman Institute, Israel, und Massimo Martelli, Universität Perugia, Italien, ist es unserer Arbeitsgruppe in den letzten Jahren gelungen, für solche Patienten die Eltern als Spender heranzuziehen. Da bei Eltern nur die Hälfte der HLA-Merkmale genetisch übereinstimmen, nennen wir diese Konstellation haploidentisch.

Die ersten Versuche, nicht HLA-übereinstimmende (»nicht-gematchte«) Familienmitglieder als Spender heranzuziehen, scheiterten an zwei Hürden: Entweder wuchsen die Stammzellen überhaupt nicht erst an – sie wurden aufgrund der HLA-Barrieren abgestoßen –

und die Patienten starben an den Folgen der andauernden Knochenmarkinsuffizienz, oder sie starben nach erfolgreichem Angehen (»Engraftment«) an den Folgen der entstandenen Graft-versus-Host-Reaktion (GVHR). Diese Reaktion belastet die SZT auch dann, wenn Spender und Empfänger besser zusammenpassen, wird bei einer haploidentischen Konstellation jedoch zu einer unüberwindlichen Barriere. Grund sind die im Transplantat enthaltenen T-Zellen, die den Empfänger-Organismus attackieren.

Uns ist es gelungen, diese beiden Hürden zu überwinden. Dazu stellen wir sehr hohe Stammzell Dosen (Megadosen) bereit, die das Angehen der transplantierten Stammzellen auch bei großer HLA-Differenz erlauben. Die Gewinnung so großer Mengen ist durch den Einsatz von Knochenmarkwachstumsfaktoren mit Hilfe von Apheresegeäten möglich. Bei Kindern kommt uns der Gewichtsunterschied zwischen Spendern (Eltern) und Empfängern (Kinder) zugute, da es vom Gewicht des Spenders abhängt, wie viele Stammzellen gewonnen werden können. Die zweite Maßnahme, die haploidentische Transplantationen möglich gemacht hat, ist die komplette T-Zell-Depletion. Die T-Zellen, die die GVHR ausüben, werden mit der Technik der CD34-Selektion komplett entfernt. Wir arbeiten daran, die Aufbereitung der Spenderstammzellen noch zu verbessern, da durch die komplette T-Zell-Depletion die Gefahr von Infektionen und möglicherweise auch von Rezipienten nach der SZT größer ist als bei Anwesenheit der T-Zellen. Neuere Isolationstechniken werden möglicherweise den Stammzellpool so verbessern, dass sich die T-Zellen rascher wieder erholen.

Literatur

F. Aversa, A. Tabilio, A. Velardi et al. Treatment of high-risk acute leukemia with T-cell depleted stem cells from related donors with one fully mismatched HLA haplotype. <i>New Engl J Med</i> 339: 1186–1193 (1998).	P. Bader, J. Handgretinger, H. Kreyenberg, N. J. Goulden, D. Niethammer, A. Oakhill, C. G. Steward, R. Handgretinger, J. F. Beck, T. Klingebiel. Minimal residual disease (MRD) status prior to allogeneic stem cell transplantation is a powerful predictor for post-transplant outcome	in children with ALL. <i>Leukemia</i> 16: 1668–72 (2002).	therapeutic intervention in acute lymphoblastic leukemias. <i>Ann Hematol</i> 81 (Suppl 2):S25–27 (2002).	hammer. Megadose transplantation of purified peripheral blood CD34+ progenitor cells from HLA-mismatched parental donors in children. <i>Bone Marrow Transpl</i> 27: 777–783 (2001).	scherer, E. Seifried, T. Klingebiel, D. Schwabe. Autologous transplantation of CD133 selected hematopoietic progenitor cells in a pediatric patient with relapsed leukemia. <i>Bone Marrow Transplant</i> . 29: 927–930 (2002).	P. Lang, R. Handgretinger, D. Niethammer, P. G. Schlegel, M. Schumm, J. Greil, P. Bader, C. Engel, H. Scheel-Walter, M. Eyrych, T. Klingebiel. Transplantation of highly purified CD34+ progenitor cells from unrelated donors in pediatric leukemia. <i>Blood</i> (2002).
--	--	---	---	--	---	--

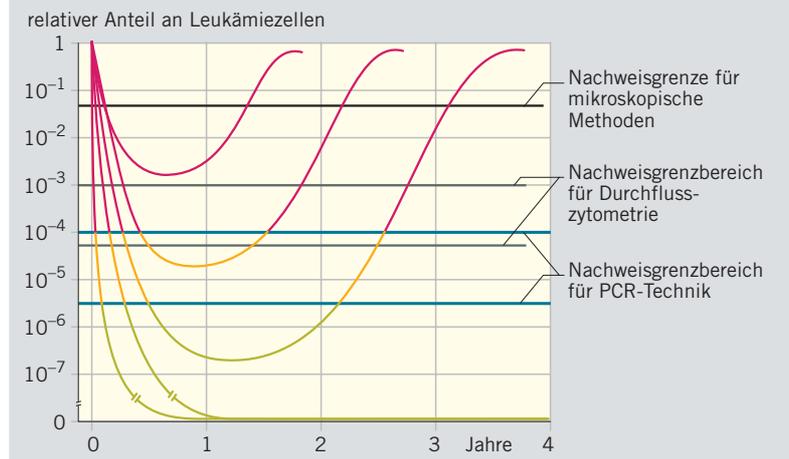
Rezidive, hämatopoetischer Chimärismus und MRD

Ein bisher ungelöstes Problem ist es, dass es trotz hochintensiver Konditionierung noch immer zu Rückfällen (Rezidiven) nach Transplantationen kommt. Offensichtlich sind Leukämien nicht alleine mit Hilfe einer Chemo- oder Strahlentherapie zu überwinden, auch wenn sie noch so hoch dosiert ist. Eine wesentliche Aufgabe der Spender-Stammzellen ist es, noch vorhandene Leukämiezellen (minimale Rest-erkrankung – englisch minimal residual disease, MRD) zu erkennen und zu beseitigen. Insofern ist die SZT eine in der Praxis angewandte und auch funktionierende Immuntherapie.

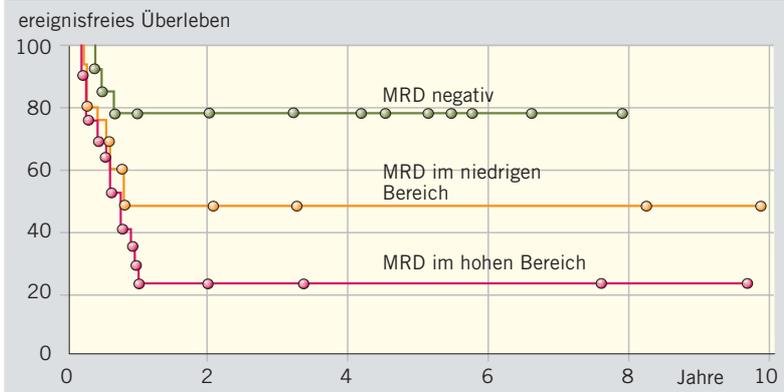
Mit minimaler Resterkrankung versteht man die Leukämiezellen, die auch nach erzielter Heilung noch vorhanden sein können. Es handelt sich um Leukämiezellen, die nur mit molekularbiologischen Methoden erkennbar sind, sich der mikroskopischen Betrachtung jedoch entziehen. Wir haben nachgewiesen, dass bei akuten lymphatischen Leukämien die Anzahl der noch vorhandenen Leukämiezellen vor der Transplantation maßgeblich für den Erfolg der SZT ist. Deswegen versuchen wir, für Patienten mit hoher Rezidivgefahr bessere Konditionierungsverfahren und eine bessere Nachbehandlung nach der SZT zu entwickeln [4].

Nach einer allogenen Transplantation wird die Bildung von Blut- (Hämatopoese) und Lymphzellen (Lymphopoese) durch Zellen des Spenders garantiert. Da diese Zellen einen vom Empfänger verschiedenen genetischen Ursprung haben, entsteht ein hämatopoetischer Chimärismus. Den Zustand, in dem die komplette Hämatopoese durch Spenderzellen erfolgt, bezeichnet man als kompletten Chimärismus und den Zustand, in dem entweder im Knochenmark oder im peripheren Blut Empfängerzellen nachweisbar sind, als gemischten Chimärismus. Nimmt der Empfängerzellanteil zu, spricht man von zunehmendem gemischten Chimärismus. Die Untersuchung des Chimärismus nutzt die Tatsache aus, dass es im menschlichen Erbgut so genannte repetitive DNA-Sequenzen an definierter Stelle gibt, durch die sich auch verwandte Individuen unter-

Rolle der MRD nach SZT



Rolle der MRD nach SZT



4 oben: Modellhafte Darstellung der Kinetik der Leukämiezellen und der möglichen Nachweismethoden im Rahmen einer Leukämiebehandlung. unten: Wahrscheinlichkeit, nach einer SZT einen Rückfall zu erleiden, in Abhängigkeit von der MRD-Beladung vor der SZT.

scheiden. Diese DNA-Sequenzen lassen sich mit der Polymerase-Ketten-Reaktion (PCR) vermehren und untersuchen, sodass die exakte Länge der jeweiligen Sequenz bei Spender und Empfänger bekannt ist. Daraus kann der Anteil an Spender- und Empfängerzellen in einer Blut- oder Knochenmarkprobe ermittelt werden. Die Bestimmung des hämatopoetischen Chimärismus nach einer Transplantation gibt nicht nur darüber Auskunft, in welchem Ausmaß das neue Knochenmark funktioniert; sie stellt darüber hinaus vor allem bei malignen Erkrankungen ein wichtiges Instrument dar, Rezidive frühzeitig zu erkennen. Dabei werden nicht die Leukämiezellen selbst nachgewiesen, sondern die Abnahme der antileukämischen Wirksamkeit des transplantierten Marks mit zunehmendem Empfängeranteil (zunehmender gemischter Chimärismus) dient als Hinweis auf ein Rezidiv. In einer bundesweiten

Studie haben wir gezeigt, dass eine Immunstimulierung durch den Entzug der Immunsuppression oder die Gabe von Spender-Lymphozyten einen Rückfall bei einer akuten Leukämie verhindern kann. Damit gibt es nach SZT erstmals die Möglichkeit, gezielt einem Rezidiv entgegenzuwirken. Diese Erkenntnis ist von wesentlicher praktischer Bedeutung: Jahr für Jahr erkranken rund 30 Prozent der Patienten trotz erfolgreicher SZT an einem leukämischen Rezidiv. ◆

Der Autor:

Prof. Dr. Thomas Klingebiel, seit November 2000 Direktor der Klinik für Kinderheilkunde III, ist Experte auf dem Gebiet der Stammzelltransplantation.

Klimaverschiebungen bringen Vogelarten in Bedrängnis

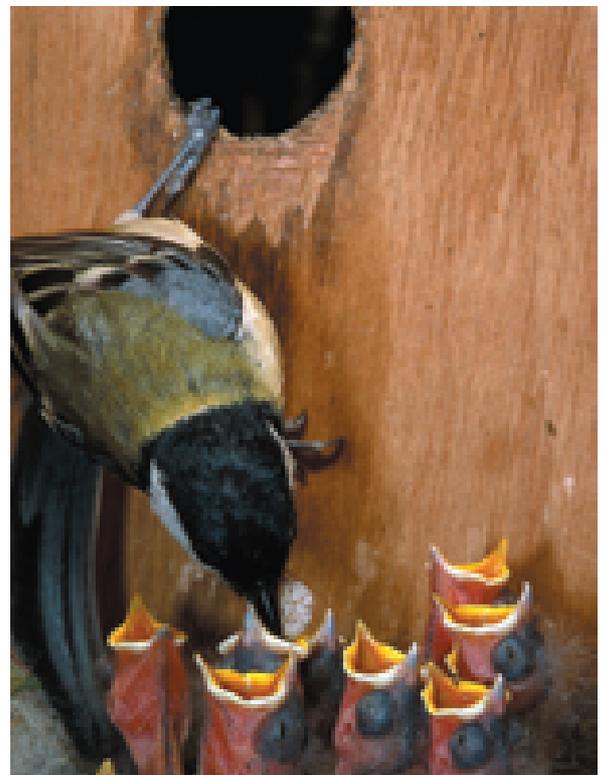
Wie sich die Konkurrenz zwischen Vögeln und Siebenschläfern verschärft

Die Mitteltemperatur hat sich in den vergangenen 120 Jahren um mindestens 0,6 Grad Celsius erhöht. Für die nächsten hundert Jahre wird ein weiterer Anstieg um 1,4 bis 5,8 Grad Celsius prognostiziert. Auswirkungen dieser Erwärmung sind heute schon in der Tierwelt in unseren Regionen zu spüren: So ziehen einige Vogelarten im Winter

der Langzeitbeobachtung, wie dies an der Ökologischen Außenstelle der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt in Schlüchtern, zirka 70 Kilometer nordöstlich von Frankfurt, geschieht: Dort untersuchen wechselnde Teams um den Biologen und Lehrer Dr. Karl-Heinz Schmidt seit 33 Jahren in einer Langzeitstudie höhlenbrütende

Die Lebenswelt des Siebenschläfers

Der Siebenschläfer zählt zusammen mit drei weiteren in Deutschland heimischen Arten – Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*), Gartenschläfer (*Eliomys quercinus*) und Baumschläfer (*Dryomys nitedula*) – zur Familie der Schlafmäuse oder Bilche



Der Siebenschläfer erwacht immer früher aus dem Winterschlaf und gefährdet den Nachwuchs der Höhlenbrüter, wie der Kohlmeise.

nicht mehr in ferne Gefilde, sondern überwintern deutlich näher an ihren Brutgebieten. Verschiedene Tier- und Pflanzenarten, wie die Zebra spinne (*Argiope bruennichi*) oder das Salomonsiegel (*Polygonatum odoratum*), breiten sich stärker nach Norden aus. Immer häufiger gerät die friedliche Koexistenz von Tieren ins Wanken: Wegen der gestiegenen Temperaturen erwachen die Siebenschläfer deutlich früher aus ihrem Winterschlaf und stellen eine Bedrohung für höhlenbrütende Singvögel dar.

Um Reaktionen der Tier- und Pflanzenwelt auf die globale Erwärmung gezielt zu prüfen, bedarf es

Singvögel. Generationen von Studierenden, Diplomanden und Doktoranden der Universität Frankfurt sind an Datensammlung, Beobachtung und Analyse seit 1969 beteiligt. Eine Vielzahl ökologischer und umweltrelevanter Fragen werden mit einer konstanten Methodik über diesen langen Zeitraum untersucht. Mit diesem Monitoring-Programm lässt sich auch nachweisen, wie sich höhlenbrütende Singvögel und Kleinsäuger, die dieselben Höhlen nutzen, wie beispielsweise Siebenschläfer (*Glis glis*), in die Quere kommen, weil sich ihre Brutperioden aufgrund der klimatischen Veränderungen verschoben haben.

(Gliridae). Seinen Namen verdankt der Nager, der wegen seines buschigen Schwanzes auch gelegentlich als nachtaktive Ausgabe des Eichhörnchens bezeichnet wird, seinem Winterschlaf: Die Zahl Sieben beschreibt dabei jedoch nicht die Dauer der Winterpause, sondern bedeutet nach uralter mystischer Vorstellung auch »lange Zeit«. Der Siebenschläfer lebt vor allem im Stamm- und Kronenbereich von Laubmischwäldern, wobei er einen alten Baumbestand mit hohem Buchen- und Eichenanteil bevorzugt. Deren Früchte stellen mit verschiedenen anderen Wildfrüchten, Knospen und Samen die wichtigste Nah-

rungsquelle der Siebenschläfer. Sein Verbreitungsgebiet reicht im Westen von Nordspanien bis zum Kaukasus im Osten, im Süden bis nach Kreta. Die Norddeutsche Tiefebene stellte bisher aus klimatischen Gründen die natürliche Verbreitungsgrenze im Norden dar. Der Nager bevorzugt Höhen zwischen 150 bis 300 Meter.

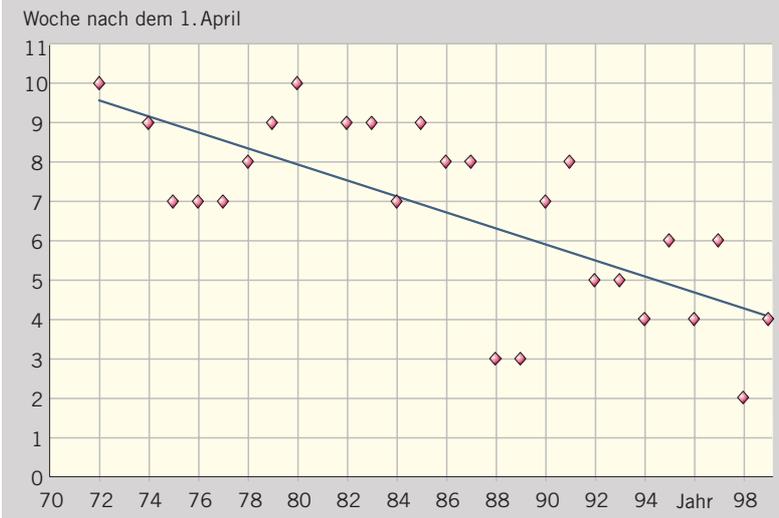
Im September/Oktobre zieht sich der Siebenschläfer zum Winterschlaf in selbst gegrabene Erdhöhlen in Baumwurzeln, unter alte Baumstümpfe oder in verlassene Mäusehöhlen bis zu einem Meter Tiefe zurück. Im Frühjahr besiedelt er dann Baumhöhlen, die im Jahresverlauf als Tagesschlafplatz und Aufzuchtort für seine Jungen genutzt werden. Selten beziehen diese Nager freistehende Kugelnester, die an Eichhörnchen-Kobel erinnern.

Es ist äußerst schwierig, die nachtaktiven Tiere in ihren Naturhöhlen zu beobachten. Im Umkreis der Ökologischen Außenstelle in Schlüchtern wurden für die Langzeitstudie an Höhlbrütern, zu denen Vögel ebenso wie Siebenschläfer zählen, 2000 künstliche Nisthöhlen aufgestellt und damit ermöglicht, die Lebensweise genauer zu studieren. Protokolliert werden Neststadien, Eimaße und Gewicht der Jungvögel, aber auch die Nutzung der Nistkästen durch andere Tiere wie Insekten und Kleinsäuger, zu denen auch der Siebenschläfer zählt.

Der frühe Frühling und die Folgen

Für ihre Diplomarbeit wertete zunächst Bettina Koppmann-Rumpf Daten von 1190 Nistkästen rund um Schlüchtern aus, die innerhalb von fast dreißig Jahren (1970 bis 1999) protokolliert worden waren. Dabei stellte sich heraus, dass der Beginn der Aktivitätszeit der Siebenschläfer und die Frühjahrstemperaturen miteinander korreliert sind, das heißt: Je wärmer der Beginn des Frühjahrs ist, desto früher erwachen die Siebenschläfer aus dem Winterschlaf. Beide beobachteten Tiergruppen passen ihr Timing offensichtlich

Auftauchen des ersten Siebenschläfers (Woche 1 = 1. – 7. April)



1 Der Siebenschläfer taucht 1999 erheblich früher in den Nistkästen auf als noch zu Beginn der Untersuchungen 1970. Die Punkte markieren für jedes Untersuchungs-jahr das Auftauchen der Siebenschläfer im Rahmen von wöchentlichen Untersuchungen. Fehlt für ein Jahr die Markierung, so wurden während der Brutkontrollen keine Tiere in den Nistkästen gefunden.

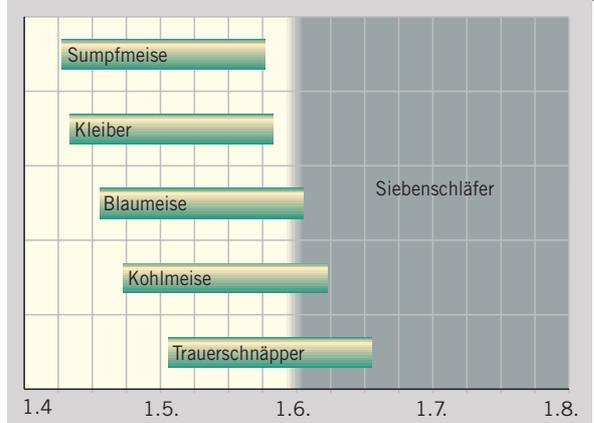
dem immer früher einsetzenden Frühling an: Die in Höhlen brütenden Singvogelarten haben ihre Eier durchschnittlich um eine Woche früher abgelegt. Beim Siebenschläfer ist die Verschiebung weitaus dramatischer: 1999 beziehen die Tiere die Nistkästen im Mittel viereinhalb Wochen früher 1 als zu Beginn der Studie im Jahr 1970.

Überlebenskampf in den Nistkästen

Während zu Beginn der 1970er Jahre der Großteil der Jungvögel von höhlenbrütenden Vogelarten wie Sumpfmeise (*Parus palustris*), Kleiber (*Sitta europaea*), Kohlmeise (*Parus major*) und Blaumeise (*Parus caeruleus*) schon ausgeflogen ist, wenn die ersten Siebenschläfer die Nistkästen beziehen, tauchen die Nager heute schon oft in der frühen Nestlingsphase, ja oft schon während Bebrütung oder sogar Eiblage in den Bruthöhlen auf 2 3.

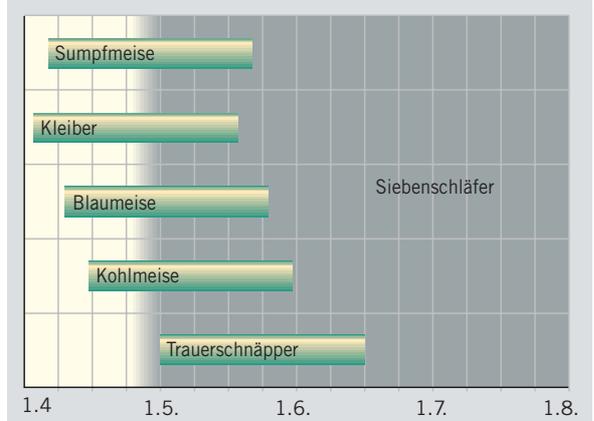
In dieser Konkurrenzsituation ziehen die Vögel eindeutig den Kürzeren: Obwohl nicht anzunehmen ist, dass der Siebenschläfer gezielt auf Beutefang unter den Singvögeln geht, tritt er als Nesträuber auf und zerstört Gelege, tötet die Jungvögel und oft auch das Vogelweibchen, das nachts auf dem Gelege brütet beziehungsweise die Jungvögel hudert, das heißt, die Nestlinge unter seinem aufgeplusterten Gefieder wärmt. Gleichzeitig steigt die Populationsdichte bei den Siebenschläfern ab den 1980er Jahren kontinuierlich an. Von den frühen 1990er Jahren bis 1999 konnte sogar eine Verdopplung der Siebenschläferzahlen registriert werden: In

Nistkastenbelegung durch Siebenschläfer und Vögel in 1975



2 1975 besetzen die ersten Siebenschläfer die Nistkästen nach Ende beziehungsweise kurz vor dem Ausfliegen der Jungvögel der meisten höhlenbrütenden Singvogelarten.

Nistkastenbelegung durch Siebenschläfer und Vögel in 1999



3 Obwohl fast alle Höhlenbrüter bis 1999 ihren Brutbeginn um etwa eine Woche vorverlegt haben, besetzt der Siebenschläfer die Nistkästen schon lange vor Ausfliegen der Jungvögel. Dies hat für die Vögel – besonders für den Trauerschnäpper – harte Konsequenzen.



Opfer des Siebenschläfers: Der Trauerschnäpper.

Die Autorinnen

Bettina Koppmann-Rumpf und **Carina Heberer** studierten Biologie an der Universität Frankfurt und beschäftigten sich bereits in ihren Diplomarbeiten mit Siebenschläfern. Sie promovieren zur Zeit beide in der Ökologischen Außenstelle, die der zoologischen Arbeitsgruppe »Physiologie und Ökologie des Verhaltens« von Prof. Dr. Wolfgang Wiltschko angegliedert ist.

einem fünf Hektar großen Untersuchungsgebiet in Schlüchtern tummeln sich während der Sommermonate inzwischen 160 Siebenschläfer in 94 Nistkästen. Eine mögliche Ursache liegt darin begründet, dass in den milderen und kürzeren Winterperioden weniger Nager sterben und durch früher knospende Bäume und Sträucher auch schon sehr früh im Jahr ein Nahrungsangebot für die »Frühaufsteher« Siebenschläfer, die aufgrund von Energiemangel ihren Winterschlaf beenden müssen, zur Verfügung steht.

Trauerschnäpper in Gefahr

Opfer des Siebenschläfers ist besonders der Trauerschnäpper (*Ficedula hypoleuca*): Als sehr spät heimkehrender Zugvogel, der den veränderten hiesigen Umweltbedingungen im Frühjahr nicht ausgesetzt ist, hat er seinen Brutbeginn nicht vorverlegt und trifft nun vermehrt mit dem Siebenschläfer zusammen.

Wenn in jedem Jahr nur maximal 50 Prozent einer Brut überleben, ist der Trauerschnäpper in dieser Region insgesamt gefährdet. Tatsächlich sind die Bestände der Trauerschnäpper in unseren Untersuchungsgebieten von zirka 130 Brutpaaren zu Beginn der 1970er Jahre bis 1999 auf Null zurückgegangen.

Wenn die Erwärmung – wie prognostiziert – immer schneller voranschreitet, wird sich das Verdrängungsproblem zwischen Vögeln und Siebenschläfern weiter verschärfen und zeitlich vorverlagern. Dann geraten möglicherweise auch Vogelarten in die Gefahrenzone, die früh ihre Eier ablegen, wie Kleiber und Sumpfmeise.

Seit April 2002 werden in zwei Untersuchungsgebieten im Raum Schlüchtern alle in Nistkästen auftauchenden Siebenschläfer individuell mit Mikrochips markiert und ihre Anwesenheit in täglichen Kontrollen erfasst. So werden sich bald fundierte Aussagen darüber machen lassen, wie sich die Populationen entwickeln und ob sich die Artenzusammensetzungen höhlennutzender Tiere langfristig qualitativ oder quantitativ ändern wird. ◆

Ökologische Außenstelle Schlüchtern vor der Schließung? Vorrangiges Ziel: Sicherung des seit 32 Jahren laufenden Monitoring-Projekts

Wissenschaftler der Ökologischen Außenstelle der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Schlüchtern untersuchen seit 32 Jahren mit ihren Feldforschungen höhlenbewohnende Tierarten, allen voran die heimischen Singvögel wie Kohl- und Blaumeisen, Kleiber und Trauerschnäpper, aber auch Insekten und Kleinsäuger. Mit dem Langzeit-Monitoring lässt sich eine große Anzahl von Daten standardisiert erfassen, ihre Auswertung bietet die Möglichkeit, langfristige Entwicklungen zu beschreiben und zu beurteilen.

Neben einer breit angelegten ökologischen Grundlagenforschung liegen die Schwerpunkte im Umweltbereich: Untersucht werden unter anderem Auswirkungen saurer Niederschläge und der Klimaveränderung auf Vogel- und Kleinsäugerbestände, der Einfluss elektrischer und magnetischer Felder auf Vogelpopulationen, Schwermetallbelastungen und Reproduktionsleistungen im Stadt-

Land-Vergleich. Des Weiteren werden zur Zeit Themen aus der verhaltensbiologischen Forschung bearbeitet; so wird die Sozialstruktur von Vogelschwärmen sowie von Kleinsäugerpopulationen untersucht. Im Bereich der Evolutionsbiologie geht es unter anderem darum, die Anpassung von Blaumeisen an extreme Lebensräume zu erforschen.

Einen breiten Raum nimmt die intensive Öffentlichkeitsarbeit ein: Die Außenstelle ist Ansprechpartner für Naturschutzverbände, Journalisten, Schüler und Privatpersonen, wenn es um ökologische Fragen geht. Regelmäßige Einführungskurse in die Ornithologie insbesondere für Schulklassen, Lernbehinderte und Blinde vermitteln einen unmittelbaren Zugang zur Natur. Das trifft auch auf die zirka 400 Studierenden (Diplombiologie und Staatsexamen) zu, die an der Außenstelle vier- bis sechswöchige Praktika absolvierten und bisher rund 100 Examensarbeiten

anfertigten. Alle Mitarbeiter der ökologischen Außenstelle, die als Forschungs- und Ausbildungsstätte gleichermaßen fungiert, sind ehrenamtlich tätig. Für die Universität fallen lediglich Miete und Unterhaltskosten für das benutzte Gebäude an.

Zur Zeit wird um den Erhalt der Ökologischen Außenstelle gerungen, da Prof. Dr. Wolfgang Wiltschko, der die Einrichtung bisher wissenschaftlich geleitet hat, im Herbst in den Ruhestand gehen wird. Sollte sich keine Lösung innerhalb des Fachbereichs »Biologie und Informatik« abzeichnen, droht der Ökologischen Außenstelle in der zweiten Jahreshälfte die Schließung. Damit wären auch alle Projekte – einschließlich der seit 32 Jahren laufenden Monitoring-Studie – abrupt beendet.

Der Autor

Dr. Karl-Heinz Schmidt, Biologe und Lehrer, betreut seit 1969 die Ökologische Außenstelle der Universität Frankfurt in Schlüchtern.

Chemieunterricht interessant gestalten: Für das Leben lernen

Neues Konzept vermittelt Wissen, das im Alltag weiterhilft

Seit der TIMSS- und PISA-Studie sind sie wieder einmal Thema der bildungspolitischen Diskussion: die naturwissenschaftlichen Fächer in unseren Schulen. Deutschen Schülerinnen und Schülern wird bescheinigt: Sie haben nur mangelnde Kenntnisse, verstehen zu wenig, sind nicht recht in der Lage, Fragestellungen methodisch anzugehen, und denken zu wenig darüber nach, wie sie naturwissenschaftliche Probleme lösen könnten. Aber auch viele Erwachsene geben offen zu, besonders von den »harten« Naturwissenschaften wie Chemie wenig zu verstehen und sich nie besonders dafür interessiert zu haben. Wie kommt es, dass eine Wissenschaft, die wesentlich zum Verständnis unserer stofflichen Umwelt beiträgt und deren praktische Anwendung unser tägliches Leben in hohem Maße beeinflusst, auf ein so geringes Interesse stößt?

Hier überlagern sich mehrere Gründe. Der erste ist rein praktischer Natur: Auch wer nicht weiß, aus welchen Gasen Luft besteht, kann atmen. Auch wer keine Vorstellung von den ablaufenden chemischen Reaktionen hat, kann erfolgreich ein zerbrochenes Gehäuse mit Zweikomponentenkleber reparieren. Auf den ersten Blick erfordert das Alltagsleben somit keine chemischen Kenntnisse. Überspitzt formuliert: Man kann im Alltag bestehen, ihn aber vielfach nicht verstehen. Außerdem hat das chemische, allgemein naturwissenschaftliche Wissen in unserer Gesellschaft einen geringen Stellenwert. Es ist nicht blamabel, nichts über das Bohrsche Atommodell zu wissen, wohl aber, den »Faust« nicht zu kennen. Das hat historische Wurzeln: Den Naturwissenschaften wurde bis zu Beginn des zwanzigsten Jahrhunderts ein Bildungswert abgesprochen, sie wurden vielfach lediglich als »Nützlichkeitskram« abgetan – eine Ansicht, die heute noch nachwirkt. Als weiterer Grund muss sicherlich der Chemieunterricht an allgemeinbildenden Schu-

len genannt werden. Trotz vieler Bemühungen ist dieser eher unbeliebt und spricht nur eine kleine Gruppe der Schülerinnen und Schüler an. Vorurteile gegenüber diesem als schwer eingestuften Fach werden von Generation zu Generation weitergegeben, was eine Legitimation der eigenen Einstellung erleichtert.

**Erschreckender Befund:
Desinteresse wächst**

Untersuchungen des Chemieunterrichts an Gymnasien zeigen, dass insbesondere Mädchen bereits in der Mittelstufe das Interesse an Chemie frühzeitig verlieren.^{1/} Weiterhin lässt sich zeigen, dass ein anfänglich vorhandenes Interesse nach spätestens zwei Jahren nachlässt und schließlich in einer ablehnenden Haltung mündet. Vielfach ist es aufgrund dieser Tatsachen schwierig, genügend Interessenten für Leistungskurse in den gymnasialen Oberstufen zu gewinnen. Dass so der Lernerfolg langfristig gering ist, verwundert nicht. Unsere eigenen Untersuchungen bestätigten dies: Von knapp 200 Studierenden (Lehramt Primarstufe, 4. Semester) war nur eine Minderheit in der Lage, die Reaktion von Eisen mit Luftsauerstoff, ein Inhalt aus dem Lehrplan der Hauptschule, richtig vorauszusagen und zu interpretieren.^{2/}

Diese Befunde sind erschreckend. Dabei geht es im Chemieunterricht nicht nur darum, zu lernen, die Welt theoretisch erklären zu können oder dem Bildungsanspruch einer naturwissenschaftlichen Disziplin gerecht zu werden: Chemische Grundkenntnisse sind hilfreich, um sich im heutigen Leben zu orientieren und wissensbasierte Entscheidungen zu fällen, etwa bei der Auswahl eines Lacks, eines Reinigers oder einer hautpflegenden Creme – ohne den Versprechungen der Werbung ausgeliefert zu sein. Sie ermöglichen aber vor allem eine kritische Sichtweise und Kompetenz beim Umgang mit Informationen der Massenmedien, der Politik oder



der Wirtschaft, denkt man nur an Probleme des Umwelt- und Klimaschutzes.

**Didaktische Reduktion
als Konzept gegen
unüberschaubare Komplexität**

Hauptziel des Chemieunterrichts ist es im Gegensatz zu einer weit verbreiteten Meinung also nicht, den Nachwuchs für naturwissenschaftliche Studiengänge heranzubilden – sieht man von Leistungskursen ab. Die vorrangige Aufgabe besteht vielmehr darin, denjenigen Schülerinnen und Schülern, die sich in ihrem späteren Leben nicht mehr systematisch mit Naturwissenschaften beschäftigen, eine tragfähige Grundlage zu vermitteln. Die Mess-

Lehrer bilden sich zum Thema »Nachwachsende Rohstoffe« fort. Aus Orangenschalen werden Terpene isoliert.

Kinder interessieren sich für Chemie, wenn der Bezug zu ihrer Alltagswelt deutlich wird.

latte für einen guten Unterricht muss somit der langfristige Effekt sein: die chemischen Grundkonzeptionen und Kenntnisse, über die ein Erwachsener verfügt. Welcher Weg hierfür am besten geeignet ist, steht heute im Vordergrund des Interesses vieler Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Bereich der Chemiedidaktik. Auch das Institut für Didaktik der Chemie der Johann Wolfgang Goethe-Universität beschäftigt sich intensiv mit diesen Problemen.

Chemieunterricht kann sehr unterschiedlich konzipiert werden. Eine naheliegende Möglichkeit orientiert sich an der Systematik der Wissenschaft Chemie und ermöglicht eine gute Strukturierung des Stoffs, wobei Phänomene des Alltags und



Neues in der Fortbildung lernen: Fette und Öle werden auf ihre Eigenschaften untersucht.

der Lebenswelt eher nachgeordnet vermittelt werden. Dieser traditionelle Weg wäre zwar der Königsweg, aber nur wenn Schülerinnen und Schüler die Chemie als ein aus sich selbst heraus interessantes Wissensgebiet ansehen würden – was nicht der Fall ist. Der Fachdidaktiker

Martin Wagenschein (1896–1988) bemerkte dazu bereits vor über zwanzig Jahren, dass die Hoffnungen der Lernenden, die Lebenswelt durch den Unterricht besser verstehen zu können, bitter enttäuscht würden. In Folge dessen wird Chemie als Tauschwissen gelernt. Nachdem man eine Note für sein Wissen erhalten hat, ist kein Nutzen mehr erkennbar, und es kann getrost vergessen werden.

Ein anderer, aufgrund der aktuellen Diskussion in vielen Varianten untersuchter Weg besteht darin, von Problemen und Fragestellungen aus der Alltags- und Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler auszugehen. Daran werden fachliche Grundlagen, die zur Lösung und zum Verständnis beitragen, erschlossen und von diesen aus wieder der Bezug zur Lebens- und Alltagswelt hergestellt. Dieser Weg steht im Zentrum des Interesses des Instituts für Didaktik der Chemie, wobei Experimente, Materialien und Unterrichtskonzeptionen entwickelt und erprobt werden. Dies ist nur auf den ersten Blick trivial. Die Komplexität unseres technisierten und industrialisierten Alltags erfordert eine geeignete didaktische Reduktion, ein oft langwieriger und mühseliger Prozess. Ein kurzes Beispiel aus der experimentellen Schulchemie kann dies verdeutlichen: Während im chemischen Labor ein Experiment beliebig lange dauern kann und geübte Experimentatoren im Regelfall über eine geeignete Ausstattung verfügen, muss ein Experiment im Chemieunterricht auch von ungeübten Schü-

lerinnen und Schülern in kurzer Zeit mit oft mangelnder Ausstattung zum Erfolg führen. Das heißt, diese Versuche müssen ungleich »robuster« sein, bei stark eingeschränkter Auswahl von Chemikalien.

Lange Zeit stand für uns allerdings das Problem im Vordergrund, unsere neuen unterrichtlichen Entwicklungen zeitnah und nicht nur punktuell in der Schulpraxis zu implementieren. Eine Lösung ist nur möglich, wenn man eine größere Zahl Lehrkräfte direkt anspricht, sie neue Experimente und Medien erproben können und ihnen für den Unterricht geeignete Grundlagen zur Verfügung gestellt werden. Der geeignete Weg hierfür sind Lehrerfortbildungen, ein Gebiet, auf dem wir uns seit einigen Jahren in erheblichem Umfang engagieren. Dies hatte letztendlich zwei Konsequenzen. Zum einen wurde im Jahr 2002 das Lehrerfortbildungszentrum des Instituts für Didaktik der Chemie ins Leben gerufen, zum anderen sind Fragen der Lehrerfortbildung stark in den Fokus der wissenschaftlichen Interessen gerückt.

Zwei Beispiele sollen unser Konzept eines an der Lebenswelt orientierten Chemieunterrichts verdeutlichen.

Nachwachsende Rohstoffe – die Natur als chemische Fabrik

Die Endlichkeit fossiler Rohstoffe wie Erdöl und -gas macht es notwendig, sowohl nach alternativen Energieträgern zu schauen als auch nach Rohstoffen auf pflanzlicher

und tierischer Basis für Gebrauchsgüter. Im Chemieunterricht kann diese aktuelle Thematik bestens genutzt werden. Einerseits werden Produkte des Alltags wie Waschmittel, Seifen, Kosmetika bereits heute überwiegend auf der Basis pflanzlicher und tierischer Fette und Öle hergestellt, andererseits sind auch Energieträger wie Biodiesel Schülerinnen und Schülern geläufig und werden in ihrer Nutzenanwendung oft diskutiert. Im Rahmen unserer Unterrichtskonzepte wird der gesamte Weg vom Rohstoff bis zum Produkt erarbeitet und anhand von Experimenten nachvollzogen. So lässt sich aus dem getrockneten Fruchtfleisch der Kokosnüsse Kokosfett gewinnen, aus dem in zwei Reaktionsschritten ein Tensid, also eine waschaktive Substanz hergestellt wird. Als wichtige Inhalte der Chemie vermittelt dieser Vorschlag Methoden der Stofftrennung bis zu verschiedenen Reaktionsmechanismen. Weitere Beispiele aus diesem Themenbereich sind die Gewinnung von Biodiesel aus Rapsöl, die Herstellung von Polyurethanschäumen auf der Basis von Rizinusöl oder die Herstellung eines Lackharzes auf Leinölbasis. Ein solcher Unterricht schaut über die engen Fächergrenzen hinaus. Biologische Themen spielen ebenso eine Rolle wie Probleme des Umweltschutzes oder soziale und politische Fragestellungen. So könnte behandelt werden, was sich in den Entwicklungsländern durch den Anbau von Ölpflanzen verändert.

Wie ist eine CD aufgebaut?

Die Chemie der Kunststoffe bietet eine weitere Möglichkeit, Zugänge aus der Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler zur Chemie zu finden. Ein gutes Beispiel ist die CD, die aus unserem Alltagsleben kaum mehr wegzudenken ist. Was geschieht eigentlich mit CDs, die nicht mehr benötigt werden? Zunächst muss geklärt werden, wie eine CD überhaupt aufgebaut ist und welche Funktionen die verschiedenen Schichten übernehmen. Erst wenn Etikett, Lackschicht und Aluminiumschicht entfernt sind, gelangen die forschenden Schülerinnen und Schüler zum Kunststoffträger. Welche Eigenschaften muss dieser Kunststoff haben, wie wird er hergestellt, wie kann er recycelt werden? Hier wird die Brücke zwischen Theorie und Praxis geschlagen. ♦

Literatur

^{/1/} Marianne Sgoff und Hans Joachim Bader, Chemie in der Schule – kein Fach für Mädchen?, in: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Hrsg. H. Behrendt, Leuchtturm, Alsbach 1998, S. 292.

^{/2/} Hans Joachim Bader und Sabine Vogel, Vorstellungen und Wissen zukünftiger Grundschullehrer über einfache Oxidationsreaktionen, Mitteilungsblatt Nr. 18 der GDCh-Fachgruppe Chemieunterricht, S. 48, Frankfurt 1993.

Der Autor

Prof. Dr. Hans Joachim Bader leitet seit 1992 das Institut für Didaktik der Chemie am Fachbereich Chemische und Pharmazeutische Wissenschaften.

Anzeige 09 Biopharm

90 x 260mm

Akademische Zugvögel: Einmal Ausland und zurück?

»Brain Drain – Brain Gain«

– Eine Untersuchung über internationale Berufskarrieren von Wissenschaftlern



Wenn man in der ersten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts bereits den Begriff »Brain Drain« (Abwanderung) gekannt hätte, dann wären damit bestimmt nicht die deutschen Wissenschaftler gemeint gewesen, denn die geistige Elite zog es noch nicht in Scharen aus ihrer Heimat. Im Gegenteil! Damals folgte die internationale wissenschaftliche Elite dem Ruf nach Deutschland, weil hier weltweit herausragende Forscherpersönlichkeiten arbeiteten und lehrten. Das galt auch für die Frankfurter Universität. Namen wie Paul Ehrlich, Franz Oppenheimer oder Friedrich Dessauer stehen für hochkarätige Forschung, die ausländische Studenten und Wissenschaftler in die Mainmetropole lockte, bis das Nazi-Regime mit der Verfolgung der jüdischen Wissenschaftler dieser Blütezeit ein jähes Ende setzte und viele Forscher ins Ausland – insbesondere in die USA – fliehen mussten.

Seit den 1950er Jahren wandern die deutschen Wissenschaftler nun freiwillig ins Ausland ab – und bleiben oft auch dort. Deutschland ist als Forschungs- und Wissenschaftsstandort nur noch mäßig attraktiv und mittlerweile hinter die USA, Großbritannien, die Schweiz sowie eine Reihe anderer Staaten zurückgefallen. Zu diesem Ergebnis kommt eine im Auftrag des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft durchgeführte Untersuchung »Brain Drain – Brain Gain – Eine Untersuchung über internationale Berufskarrieren«.

Für Deutschland als Wissenschaftsstandort sieht es nicht gut aus: Mehr deutsche Wissenschaftler wollen ins Ausland abwandern als ausländische Forscher – oft auch nur zögerlich – hierher wechseln. Diese negative Wanderungsbilanz wirkt sich bei einer zunehmend wissensabhängigen Entwicklung der Wirtschaft auf die Wettbewerbsfähigkeit

der Bundesrepublik aus. Deshalb müssen die Situation und ihre Ursachen, wie in dieser Studie des Stifterverbandes geschehen, ungeschminkt analysiert werden. Junge Nachwuchswissenschaftler brauchen auch in Deutschland attraktivere Karrieremöglichkeiten, wenn ihre Abwanderung verhindert werden soll.

Die Studie »Brain Drain – Brain Gain« befragt 1 690 deutsche Wissenschaftler im Ausland, 2 197 ausländische Forscher in Deutschland sowie 341 hochqualifizierte Akademiker in der Wirtschaft. Nach deren Aussagen schneiden zwar die Leistungen der deutschen Wissenschaft und Forschung im internationalen, besonders auch im innereuropäischen Vergleich positiv ab. Die deutsche Forschung jedoch verdanke ihren guten Ruf vorrangig außeruniversitären Einrichtungen und weniger den Universitäten. Kritik übten die befragten Wissenschaftler vor allem an den Arbeitsbedingungen und dem unflexiblen Arbeitsmarkt in Deutschland. So würde die Rückkehr deutscher Forscher oder das Bleiben ausländischer Topwissenschaftler vorrangig vom starren akademischen Arbeitsmarkt behindert. Rund 41 Prozent der befragten deutschen Wissenschaftler im Ausland geben an, nicht in die Bundesrepublik zurückkehren zu wollen. Der Anteil der noch Unentschlossenen – und damit das Potenzial, das unter attraktiven Bedingungen zurückzugewinnen wäre – beträgt rund 46 Prozent. Interessant ist, dass deutsche Forscher im Ausland und internationale Forscher in Deutschland zu identischen Einschätzungen kommen.

Erfahrungen von Frankfurter Wissenschaftlern

Natürlich sind die Beweggründe für einen dauerhaften oder zeitweiligen Auslandsaufenthalt immer sehr komplex. Hier mischen sich Attraktivität der ausländischen Arbeits-

möglichkeiten, wahrgenommene Defizite im eigenen Land mit jeweils sehr persönlichen Gründen. Fragt man Wissenschaftler an der Universität Frankfurt, warum sie ins Ausland gegangen und warum sie nach Deutschland zurückgekehrt sind, so sind die Antworten sehr unterschiedlich und doch wieder ähnlich: Die meisten wollten bei einem bestimmten Wissenschaftler an einem renommierten Institut ein bestimmtes Thema bearbeiten. Aber auch persönliche Gründe spielten immer eine Rolle. Für den 36-jährigen Chemiker Harald Schwalbe, seit September 2001 C4-Professor am Institut für Organische Chemie der Universität Frankfurt und Direktor des neuen Zentrums für Biomolekulare Magnetische Resonanz (BMRZ), war die Motivation für einen Auslandsaufenthalt klar: Er wollte an Eliteuniversitäten arbeiten. Und die gibt es in dieser Form in Deutschland bekanntlich nicht – »noch nicht«, wie Schwalbe hofft. Folgerichtig nahm er Angebote an: während der Promotion kurz an die ETH Zürich, nach der Promotion als Postdoc nach Oxford und dann – nach einem dreijährigen Zwischenstopp in Frankfurt – als Professor an das Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Cambridge bei Boston (USA), der Kaderschmiede für Nobelpreisträger.

Auch für die 37-jährige Geochemikerin Angelika Otto, die sich derzeit am Institut für Mineralogie in Frankfurt habilitiert, war der Hauptgrund für ihren 18-monatigen Aufenthalt an der Oregon State University (USA), bei einem bestimmten Fachkollegen arbeiten zu können, dort ihr Handwerk zu vervollkommen und neue Arbeitsmethoden kennen zu lernen. Außerdem – und das trifft auf viele junge Wissenschaftler zu, die ins Ausland gehen – fand sie in Deutschland keine adäquate berufliche Perspektive. Nur für zwei Jahre forschte sie jetzt wieder in Frankfurt, um ab Februar 2003 für drei Jahre an die Universität von Toronto (Kanada) zu gehen. »Wenn ich weiter Wissenschaft machen will, bin ich gezwungen, ins Ausland zu gehen«, stellt sie nüchtern fest. Auf die dortige Stelle hatte sie sich per E-Mail beworben und bereits nach drei Wochen eine Zusage bekommen.

Dass dies in USA oder Kanada so schnell geht, bestätigt auch Schwal-

be: »Das MIT hat mir 14 Tage nach meinem Vorstellungsgespräch ein »startup-package« mit 800 000 Dollar und den Neubau eines Labors zum Aufbau einer Forschergruppe angeboten. In Deutschland verhandelt man bei einem C3-Ruf oder einer Juniorprofessur typischerweise 14 Monate über ein Budget von 100 000 Euro. Während des Vorstellungsgesprächs am MIT wurde ich zwei Tage lang von morgens 7 bis abends 9 Uhr nach meinen wissenschaftlichen Zielen gefragt, ein Traum bezüglich der von einer Universität ausgestrahlten wissenschaftlichen Intensität. Und die Leute konnten mich auf meinem eigenen Feld schlagen!«

Für Harald Schwalbe war es dann die Attraktivität des Magnetresonanzschwerpunkts in Frankfurt und Hessen, die ihn zur Rückkehr bewog: »Zur Zeit finde ich hier auf meinem Forschungsgebiet die europaweit – wenn nicht gar weltweit – besten Bedingungen, was Studenten und Mitarbeiter, Kollegen und technisches Gerät anbelangt. Langfristig muss es uns gelingen, dass internationale Doktoranden nach Frankfurt kommen wollen, und zwar aus Ländern, in denen ebenfalls hervorragende Forschungsmöglichkeiten bestehen, wollen wir wirklich den Kampf um die besten Köpfe auch nur anfangen auszutragen. Dies kann gelingen. Den Spaß allerdings, Doktoranden vom MIT losgeeeist zu haben, den bezahle ich von meinem Gehalt. Soweit zur Frage, mit welcher Ernsthaftigkeit wir versuchen, den internationalen Austausch auf hohem Niveau zu fördern ... «

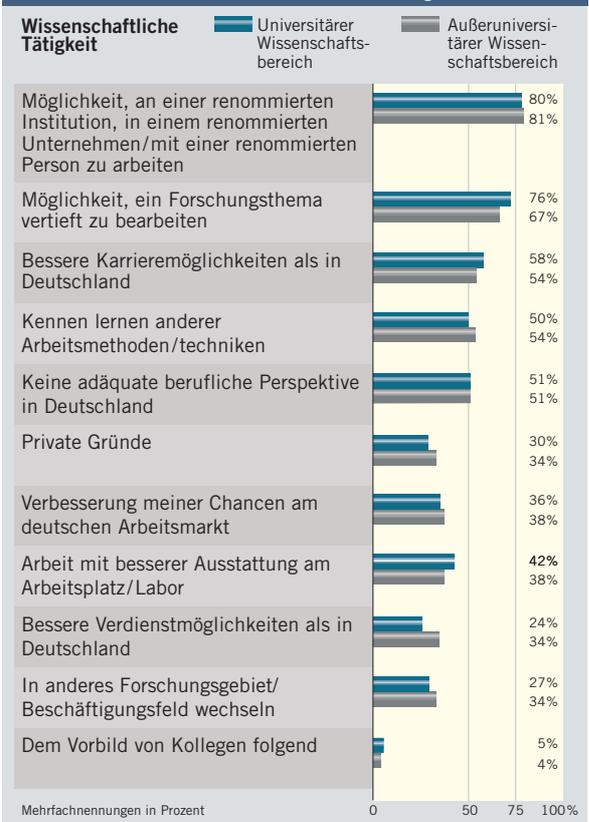
Dass Rechtswissenschaftler ins Ausland gehen, ist aufgrund des Fachgebiets eher die Ausnahme als die Regel. Joachim Zekoll, Jahrgang 1955, gehört zu den wenigen: Er studierte 1983 zunächst einige Semester im Ausland – an der University of California in Berkeley – , schnupperte in das dortige System hinein und blieb: Zunächst als Assistant Professor für zwei Jahre an der Louisiana State University und dann weitere neun Jahre an der Tulane Law School in New Orleans – dort war er seit 1994 Full Professor und seit 1998 Inhaber eines titulierten Lehrstuhls. Er hat in dieser Zeit vor allem den in den USA üblichen lockeren und freundlicheren Umgang im privaten wie beruflichen

Vergleichbare Forschungseinrichtungen in der Bundesrepublik

Fachdisziplin	ja	eher nicht	nein	Gesamtzahl d. Befragten
Biologie	60%	28%	12%	160
Chemie	72%	17%	10%	87
Geowissenschaften	46%	29%	25%	28
Informatik	43%	48%	9%	23
Mathematik	64%	29%	7%	42
Physik	69%	20%	12%	163
Maschinenbau, Verfahrenstechnik	70%	30%		10
Elektrotechnik	75%	25%		8
Allg. Medizin	50%	27%	23%	26
Wirtschaftswissenschaften, Wirtschaftsingenieurwesen	47%	28%	26%	43
Sonstige Fächer				
mit n<=15	67%	19%	14%	232
%	64%	23%	13%	822

1 »Gibt es vergleichbare Forschungseinrichtungen in Ihrem Fachgebiet auch in Deutschland?« Auf diese Frage haben 64 Prozent der im Ausland tätigen deutschen Wissenschaftler positiv geantwortet, aber über ein Drittel sieht dies deutlich negativer. (Quelle: Studie »Brain Drain – Brain Gain« Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft)

Motive für die Aufnahme einer beruflichen Tätigkeit im Gastland



2 Deutsche Wissenschaftler im Ausland wurden gefragt, welche Gründe sie dazu bewogen haben, ins Ausland zu gehen. Mehrfachnennungen waren möglich. (Quelle: Studie »Brain Drain – Brain Gain« Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft)

3 Für wie »exzellente« halten internationale Wissenschaftler deutsche Forschungseinrichtungen? Die außeruniversitären Einrichtungen schneiden bei dieser Abfrage deutlich besser ab. (Quelle: Studie »Brain Drain – Brain Gain« Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft)



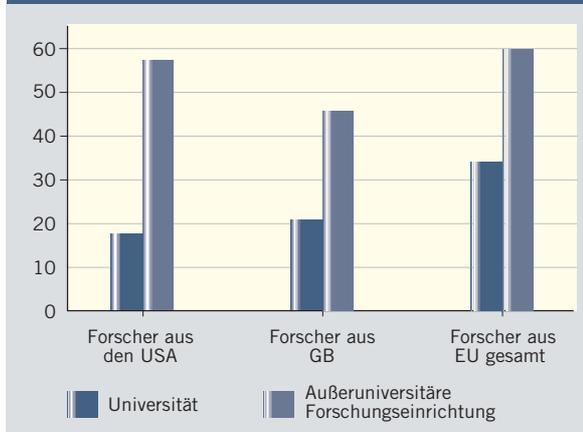
denen schon deshalb ein interessanter Lehrer, weil er aus den Erfahrungen mit zwei sehr unterschiedlichen Rechtssystemen schöpfen kann. Nun lehrt Zekoll in Frankfurt unter anderem amerikanisches Recht und Rechtsvergleichung – dies überwiegend auf Englisch.

Der eine pendelt zwischen zwei Kulturen, die andere ist schon wieder auf dem Sprung ins Ausland und der dritte hat – zunächst – in Deutschland eine optimale Arbeitsmöglichkeit gefunden. Einig sind sich die befragten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler darin: Die Abwanderung aus Deutschland wird nicht aufhören, solange sich hier nicht etwas Grundlegendes ändert. Schwalbe fragt sich, wann endlich der politische Wille zur wissenschaftlichen Elite, und zwar gerade an der Universität mit ihrer Einheit von Forschung und Lehre, Realität wird und entsprechende Mittel bereit gestellt werden? Wann der Wunsch zur Umkehrung des Brain Drain mehr ist als ein Lippenbekenntnis? Wann junge Wissenschaftler mit 30 Jahren volle Verantwortung in Forschung und Lehre bekommen – mit allen Chancen und Risiken?

Wenn junge Wissenschaftler wie Angelika Otto ins Ausland gehen müssen, um adäquat arbeiten zu können, dann läuft ihrer Meinung nach etwas falsch in diesem Land. Denn dass ihre Kenntnisse international gefragt sind, daran besteht kein Zweifel. Nur ein Beispiel: Bevor sie demnächst gen Westen aufbricht, wird sie noch zwei Wochen auf Kosten der chinesischen Regierung an der Universität Peking die dortigen Studenten in Geochemie unterrichten. Um die Misere in Deutschland zu ändern, sollten nach Ottos Meinung bei Forschungsprojekten mehr Stellen für Promovierte und weniger für Doktoranden ausgeschrieben werden. Dann wäre sie auch hier geblieben. Ob sie selber – wie sie es gerne möchte – in drei Jahren zum »Re-Gain« beitragen und aus Kanada nach Deutschland zurückkehren wird, bleibt abzuwarten. ♦

Dr. Beate Meichsner, Diplom-Chemikerin, ist als freie Wissenschaftsjournalistin in Frankfurt tätig.

Einschätzung internationaler Wissenschaftler



4 Als Wanderer zwischen zwei Kulturen scheinen sich deutsche Wissenschaftler, die im Ausland arbeiten und feste Rückkehrabsichten haben, offensichtlich nicht wohl zu fühlen. So wird als häufigster Rückkehrgrund »In Deutschland heimisch« angegeben. Bei knapp mehr als der Hälfte der Rückkehrer handelt es sich um Naturwissenschaftler, ganz überwiegend promoviert. Auch bei dieser Frage waren Mehrfachnennungen möglich. (Quelle: Studie »Brain Drain – Brain Gain« Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft)

Bereich schätzen gelernt, ebenso wie die weniger stark ausgeprägte Bürokratie. Leichtes Heimweh nach Deutschland hatte er – wie viele andere – trotzdem immer. Wer nach Deutschland zurückkehrt, gibt oft eher verschämt als einen Rückkehrgrund an, hier einfach heimischer zu sein.

Der Jura-Professor Zekoll wie der Naturwissenschaftler Schwalbe sehen aber auch die Unterschiede im persönlich-kulturellen Bereich mit kritischer Distanz. »Jemand, der nicht durch das amerikanische System gegangen ist, hat auf Dauer nicht die Gestaltungsmöglichkeiten wie im vertrauten System«, bringt Schwalbe es auf den Punkt. »Meist bleibt die Sprache des Gastlandes

bei aller Perfektion eben doch eine Fremdsprache, und es fehlen oft die eigenen Studiererfahrungen, um in dem jeweiligen System wirklich mitreden zu können. Dies macht sich vor allem in der Lehre, aber auch in der Einwerbung von finanziellen Mitteln bemerkbar.«

Pendler zwischen zwei Kulturen

Zekoll, der nach mehr als zwölf Jahren USA im Juli 2001 auf einen Lehrstuhl in Frankfurt berufen wurde und auch zwischenzeitlich mehrfach Gastprofessuren in Deutschland wahrgenommen hatte, fühlte sich immer als Pendler zwischen zwei Kulturen. Zudem wollte er nach Jahren im Ausland einmal die Probe aufs Exempel machen und sich genauer ansehen, wie es sich als Lehrstuhlinhaber in Deutschland lebt und forscht: In Frankfurt hat er mehrere akademische Mitarbeiter und Hilfskräfte, mit denen er sich unmittelbar wissenschaftlich auseinander setzen kann und muss – ein Luxus, der amerikanischen rechtswissenschaftlichen Fakultäten fremd ist. Dort gibt es allenfalls Doktoranden und studentische Hilfskräfte. »Natürlich ist der akademische Mittelbau in Deutschland auch schon deshalb notwendig, weil hier auf den Schultern eines Professors viel mehr Verwaltungsaufgaben lasten als in den USA. Und diese wären – zusätzlich zu Forschung und Lehre – ohne qualifizierte Mitarbeiter kaum zu bewältigen«, so Zekoll.

Nach Jahren in den USA, wo er neben den obligatorischen juristischen Schwerpunkten auch Fächer wie europäisches Wirtschaftsrecht lehrte, ist er für deutsche Jurastu-

Weitere Informationen: Kurz- und Langfassung der Studie »Brain Drain – Brain Gain« – Eine Untersuchung über internationale Berufskarrieren« unter www.stifterverband.org

Seehandel und Kaufleute im Alten Europa: Recht ohne Juristen, Gesetze und Staat

Die Geschichte des Handelsrechts wieder im Blickfeld der Forscher

Die Welt wird kleiner. Moderner Verkehr und moderne Kommunikation lassen die Kontinente enger zusammenrücken. Die Staaten verlieren mehr und mehr Funktionen an supranationale Organisationen und Konzerne; vielerorts ist gar die Rede vom nahen Ende der Nationalstaaten und ihrer Epoche. In einem großen Teil Europas jedenfalls hat die Einführung des Euro vor einem guten Jahr diesen Souveränitätsverlust, der für Währungen, Zölle und vieles andere längst zuvor vollzogen worden war, auch sinnlich erfahrbar gemacht. Da bekanntlich jede Epoche die Geschichte nach ihren Interessen und Bedürfnissen neu entdeckt, entspricht es dieser Internationalisierung, dass auch die Geschichte der Kaufleute und der von ihnen geprägten Rechtsgebiete wieder stärkere Aufmerksamkeit findet. In der aktuellen Diskussion um ein ohne staatliches Zutun entstehendes internationales Handelsrecht ist ein historisches Leitbild in aller Munde, das sogar bei dessen Taufe Pate stand. Es entwickelte sich zur Zeit, heißt es häufig, ein Gewohnheitsrecht im internationalen Handel, eine moderne »Lex Mercatoria«. Es gibt bereits so viele Gerichtsurteile und Literaturstellen, die sich auf Grundsätze dieses neuen Rechts berufen, dass es sich gelohnt hat, sie in einer Datenbank systematisch zu erfassen (www.transnational-law.de – mit der bezeichnenden Parole: »Worldwide Forum for the Study of the New Lex Mercatoria«).

Eine genaue Prüfung der Quellen und ihrer Aussageabsichten weckt allerdings Zweifel an einer unkritischen Indienstnahme der historischen Vorbilder; die Brücke zurück in die Welt der mittelalterlichen Kaufleute erweist sich als wenig tragfähig. Dennoch kehrt so ein Thema ins Blickfeld der Forschung zurück, das lange Zeit im Windschatten einer einseitig unter nationalen Vorzeichen betriebenen Rechtsgeschichte lag: Die Geschichte des Handelsrechts.



Gelehrtes Recht an der Universität, Handelsrecht als »law in action«

Die Fragen, die an die Kaufleute im vormodernen Europa gestellt werden, sind heute freilich andere als zur großen Blüte der Handelsrechtsgeschichte um 1900. Ihr Recht interessiert heute als Modell einer nicht den Baugesetzen der gelehrten römischen und kirchlichen Jurisprudenz unterliegenden normativen Sphäre. Wie funktioniert Recht ohne Juristen? Ohne Gesetze in dem Sinne, den die Neuzeit aus der scholastischen Begriffswelt des »Ius Commune« erlernt und übernommen hat? Ohne Staat schließlich, der den Rahmen für eine Rechtsordnung setzt, an seiner Stelle aber auf der Basis einer homogenen sozialen Gruppe, in der Rechtsetzer,

Rechtsanwender und Rechtsunterworfenen weitgehend identisch sind? Das Seerecht ist unter diesen Gesichtspunkten ein besonders interessanter Gegenstand. Als begriffliches Gegenteil zum entstehenden Landrecht – das Aufkommen des Fachausdrucks »Landrecht« um 1200 demonstriert den Übergang vom Personalitäts- zum Territorialitätsprinzip – lässt es sich per definitionem nicht ohne weiteres einem Territorium zuordnen. Zudem wirkt die Gefahrengemeinschaft auf See in mancher Hinsicht verbindend – genossenschaftsbildend – und muss schon daher ihren ganz eigenen Baugesetzen gehorchen.

In der jüngsten rechtshistorischen Forschungseinrichtung in Frankfurt, der »Internationalen Max Planck Research School für vergleichende Rechtsgeschichte an der Johann

Waage aus Lund um 1000: Die ältesten Schichten kaufmännischen Rechts gehören zu oralen Rechtskulturen und sind deshalb quellenmäßig kaum zu fassen. Manche Lücken lassen sich mit Hilfe der Mittelalterarchäologie schließen.



Nachbau eines Koggen (die feminine Form »Kogge« ist sekundär und historisch unzutreffend) aus Kiel, mit dessen Hilfe experimentell die bescheidene Manövrierfähigkeit des berühmtesten hansischen Verkehrsmittel gezeigt werden konnte. Der kiellose Einmaster kann nur mühsam gegen den Wind kreuzen und verliert die Strecke wieder durch Abdrift.

Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main« (siehe »Das kulturelle Gedächtnis: Seine vitale Funktion für die Fortentwicklung des Rechts«, Seite 59), beschäftigen sich vier junge Wissenschaftler aus drei Ländern mit Aspekten des Seerechts. Die Historikerin Edda Frankot aus Groningen promoviert in Aberdeen mit einem Vergleich der Bestimmungen über den Schiffbruch und seine Folgen in den vier Hansestädten Kampen, Lübeck, Danzig und Reval und in Aberdeen. Das ist aus Sicht der Hanseforschung eine wichtige Horizontzerweiterung. Denn wir wissen noch nicht, ob die Regelungen in den Hanserezessen spezifisch hansischer Natur waren oder ob sich die Lösungsvorschläge in Nordeuropa über die Grenzen der Hanse hinaus ähnelten.

Die Ladung, die havarierte Schiffe an Land spülen, ist heute selten willkommen. Die Bilder der letzten Ölpest stehen noch vor Augen. Fässer mit getrocknetem Dorsch oder eingelegtem Hering hingegen, mit

Illustrierte Handschrift des Hamburger Stadtrechts von 1497: Hafen und Gericht sind auf einem Bild vereint. Das Hamburger Schiffsrecht aus der Mitte des 13. Jahrhunderts ist das älteste im Hanseraum. Der Rat, in Lübeck und Hamburg zusammengesetzt aus den führenden Kaufleuten der Stadt, fungiert in den meisten Hansestädten zugleich als Gericht. Er setzt das Recht also nicht nur, sondern wendet es auch an.

Tuchen oder Pelzen gar – im Mittelalter waren Schiffe in Seenot eine interessante Einnahmequelle für die Küstenbevölkerung. Die Handels-

schiffe konnten sehr viel schlechter manövrieren und insbesondere gegen den Wind kreuzen; dazu fuhr man wegen der unvollkommenen Navigationsmöglichkeiten solange wie möglich mit Küstensicht. Diese oft verderbliche Kombination von Sicherheitsrisiken führte andererseits dazu, dass im Falle von Seewurf und anderen Fällen von Havarie eine große Chance bestand, dass zumindest Teile von Schiff, Mannschaft und Waren geborgen wurden. Damit waren auch Themen wie Bergelohn, Strandrecht und Strandräuberei von selbstverständlicher alltäglicher Bedeutung.

»Der Preis des Menschen« auf hoher See

Estelle Réhault aus Paris, seit Dezember 2002 promoviert, plant als »Post-Doc«-Projekt eine Artikelseerie zum Thema »Der Preis des Menschen«. Hinter diesem existenzialistischen Titel verbergen sich verschiedene seerechtliche Probleme des 18. Jahrhunderts, die jeweils im Vergleich zwischen Frankreich und



England angegangen werden und bei denen sich jedes Mal die Frage stellt, was ein Menschenleben wert ist. Kann, wer einen Schiffbrüchigen rettet, dafür in gleicher Weise Bergelohn verlangen wie für die Rettung von Gütern und Waren? Ist es ein sittenwidriges Lotteriespiel mit dem Schicksal, für eine Seereise eine Versicherung für den Fall des Todes oder der Versklavung abzuschließen? Und schließlich: Können Schäden wie üblich nach den seit der Antike bekannten Regeln über den Seewurf ausgeglichen werden, wenn es sich nicht um Warenballen handelt, sondern um Sklaven, die vom Kapitän in Seenot über Bord geworfen werden?

Julia Schweitzer aus Frankfurt untersucht die verschiedenen Fassungen der »Rôles d'Oléron«, der wohl berühmtesten mittelalterlichen Sammlung von seerechtlichen Statuten, die bis ins späte 13. Jahrhundert zurückreicht. Die einzelnen Statuten sind aus konkreten Gerichtsentscheidungen hervorgegangen, wie man an dem stereotypen Schlusssatz »et c'est le jugement dans ce cas« (»und das ist das Urteil in diesem Fall«) noch erkennen kann. Doch die Bedeutung dieser Rechtssätze wuchs weit über jene Einzelfälle hinaus. Die Sammlung wurde in ganz Nordfrankreich rezipiert und vom König als Gesetz für ganz Frankreich in Kraft gesetzt – eine bemerkenswerte Karriere für eine vermutlich privat angelegte Sammlung von Urteilen. Sie verbreitete sich darüber hinaus nach England und in die Niederlande und wurde von dort aus, inzwischen ins Niederländisch/Niederdeutsche übersetzt, schließlich auch als »Vonnisse van Damme« (der Brügger Vorort an der Nordsee) im Hanseraum rezipiert. Oléron, das seine Bedeutung einem hochspezialisierten Handelsweg, nämlich dem Weinexport von Aquitanien nach England verdankte, wurde auf diese Weise zum Sinnbild einer überpartikularen, wenn nicht gar universalen kaufmännischen Rechtsordnung.

Doch der Teufel steckt im Detail. Bei näherem Hinsehen entdeckt man nicht unerhebliche Unterschiede in den zeitlich und räumlich weit verbreiteten Manuskripten. Die Arbeitshypothese von Julia Schweitzer ist die Vermutung, dass die Befugnisse der Mannschaft zur Mitbe-

Spätgotisches Chorgestühl aus der St. Nicolai-Kirche in Stralsund, erst kürzlich in seiner ursprünglichen, farbigen Gestalt restauriert: Vor dem Tor des Peterhofs, des hansischen Kontors in Novgorod, bieten russische Pelzjäger ihre Ware deutschen Kaufleuten an.



stimmung und damit die genossenschaftlichen Strukturen, die etwa die früh- und hochmittelalterliche Seefahrt der Wikinger geprägt hatten, im Laufe der Zeit zugunsten umfassenderer Befugnisse des Schiffers zurückgedrängt wurden, so dass dieser schließlich in der frühen Neuzeit auch in der zivilen Seefahrt den militärischen Titel des Kapitäns annahm.

Verpfändung des Schiffs: Verbotene Spekulation oder erlaubter Notbehelf in der Fremde?

Zu Aussagen über die innere Struktur des mittelalterlichen Kaufmannsrechts gelangt man nur, wenn man sich auch mit den Inhalten vergangener Rechtsordnungen beschäftigt. Aus dieser Überzeugung entstand ein Kommentar zum hansischen Seerecht. Er erscheint in Kürze als Teil der Edition einer Lübecker Sammelhandschrift, in der für die Zwecke der städtischen Verwaltung Statuten aneinandergereiht wurden. Dort steht das Seerecht der Hanserezesse unvermittelt neben den erwähnten »Vonnissen van Damme« und den »Ordinancien«, einer weiteren, aus der Zuidersee stammende Sammlung von Seerechtssätzen. Wichtige Gegenstände werden in mehreren oder gar allen diesen Ordnungen behandelt. Manche Regelungen deckten sich, doch in wichtigen Punkten wichen sie voneinander ab. Extrem unter-

schiedlich war etwa die Sanktion für mit der Heuer entlaufene Seeleute; sie konnte von einer Buße bis zur Todesstrafe reichen.

Ein anderes Beispiel von großer wirtschaftlicher Bedeutung: Die Frage, ob der Schiffer das Schiff seiner Reeder verpfänden durfte, wurde unterschiedlich beantwortet. Es geht um das nach dem Schiffsboden benannte, weit verbreitete Bodmereigeschäft. Handelte es sich um ein spekulatives Darlehen, das der Schiffer schon vor Beginn der Reise aufnahm, um die Fahrt überhaupt erst zu finanzieren oder um die Not-situation in einem fremden Hafen, in dem ein beschädigtes Schiff repariert werden musste? Das letztere war dem Schiffer gestattet, das erste nicht, denn Spekulationen ohne eigenen Kapitaleinsatz waren im Hanseraum nicht beliebt. Gernot Schmitt schließlich, ebenfalls aus Frankfurt, hat ein mediterranes Thema in Angriff genommen. Er untersucht die Finanzierung des Seehandels durch Handelsgesellschaften am Beispiel der Stadt Pisa. Auf dem Höhepunkt seiner Macht, während es mit Genua um die Vorherrschaft im westlichen Mittelmeer stritt, hatte Pisa die beiden Rechtsordnungen, die in der Stadt nebeneinander galten, kodifiziert: das geschriebene gelehrte und das ungeschriebene Gewohnheitsrecht. Das Ergebnis sind zwei berühmte Gesetzessammlungen von 1160, das »Constitutum legis« und das »Con-



Nürnberger Stadtwage von 1497: Das Motto »Dir als einem anderen« betrifft primär das Versprechen der Stadt, für Gerechtigkeit und Ordnung beim Markt-handel zu sorgen. Die allegorische Bedeutung aber schwingt mit.

zeitlich ausgeweitet und – ganz im Sinne der erwähnten Konzeption der Research School – vergleichend angegangen werden. Einen ersten Versuchsballon, eine Art Lackmus-Test, stellte ein Vergleich der Prinzipien dar, nach denen man in Nord-beziehungsweise Südeuropa Gewinn und Verlust einer Gesellschaft teilte. Bei diesem Vergleich ergaben sich gewisse äußerliche Ähnlichkeiten, aber auch fundamentale Unterschiede; vereinfacht gesagt teilte man im Süden nach Kapitalanteilen, während im Norden zumindest die Gewinne nach Köpfen geteilt wurde – ein Prinzip, das nicht zuletzt an die Piraten um Störtebeker und Godeke Michels erinnert, die unter dem Namen »Likedeeler« (Gleich-teiler) in die Literatur eingingen.

Diese und andere Detailstudien ergänzen sich zu der Arbeitshypothese, dass es eine Nord-Süd-Grenze im spätmittelalterlichen Handelsrecht gab, die mitten durch Deutschland, etwa entlang einer Diagonalen Brügge-Köln-Frankfurt-Nürnberg verlief. Köln etwa ist in dieser Beziehung eher dem han-sischen Rechtskreis zuzurechnen. Im Gesellschaftsrecht wurde im Norden bis gegen Anfang des 15. Jahrhunderts massenhaft und fast ausschließlich ein einziger, einfach strukturierter Typ einer Handelsgesellschaft, die so genannte Widerlegung, verwendet. Dabei konnte ein Investor an einer Vielzahl solcher Gesellschaften beteiligt sein. In Süddeutschland hingegen kam es früher und häufiger zur Gründung großer Firmen, und sie sind es, die – wie die Fugger mit ihren über ganz Europa verteilten Kontoren – heute in erster Linie unser Bild von den »Pfeffersäcken« prägen. In Wirklichkeit kam der zum Familienname gewordene Spottname »Peppersack« auch in Lübeck vor. Im süddeutschen Gesellschaftsrecht gab es strukturelle Ähnlichkeiten mit den führenden Handelsstädten in Norditalien, das also von Nürnberg und Frankfurt aus nicht nur geografisch näher lag als von Lübeck und Hamburg.

Zu einer Wissenschafts-geschichte des Handelsrechts

All diese Einzeluntersuchungen stehen selbstständig nebeneinander. Dass sie jedoch hier in Frankfurt in einem Klima fruchtbarer Kooperation parallel betrieben werden, gibt

stitutum usus«. Die ungleich reichere Quellenlage südlich der Alpen erlaubt dort bereits für das 12. Jahrhundert eine Fragestellung, die im Hanseraum noch im 15. Jahrhundert wenig Erfolg versprechen würde: Wie steht es mit dem Praxisbezug dieser Sammlungen? Mit Hilfe der reichen Imbreviaturbücher, in welche die Notare die vor ihnen geschlossenen Verträge eintrugen (nur wer dies ausdrücklich wünschte und dafür auch extra bezahlte, erhielt eine Vertragsurkunde ausgefertigt), lassen die Vertragspraxis und das aufgeschriebene Gewohnheitsrecht miteinander vergleichen.

Der Autor

Prof. Dr. Albrecht Cordes, Rechtshistoriker an der Universität Frankfurt, hat hier zusammen mit Dr. Anja Amend einen Arbeitskreis für Handelsrechtsgeschichte gegründet und ist gemeinsam mit Prof. Dr. Michael Stolleis Sprecher der »International Max Planck Research School für vergleichende Rechtsgeschichte«.

Nord- und südeuropäische Handelsgesellschaften: Kapitalisten und »Likedeeler«

Ebenfalls um Grenzüberschreitungen geht es bei einem anderen zentralen handelsgeschichtlichen Thema: den Handelsgesellschaften. Welche Formen von Kooperation haben die Kaufleute entwickelt? Wie intensiv verdichteten sie sich zu rechtlichen Beziehungen – von gelegentlichen Geschäftsbeziehungen über ständigen Geschäftskontakt zusammen mit sozialen und verwandtschaftlichen Banden bis hin zur gemeinsamen Mitgliedschaft in einer Handelsgesellschaft? Wie sehr vereinnahmten sie den einzelnen Kaufmann und seine Aktivitäten; gab es neben der Mitgliedschaft Raum für Aktivitäten außerhalb der Gesellschaft?

Für den Hanseraum wurden diese Fragen 1998 in meiner Habilitationsschrift untersucht. Im nächsten Schritt soll das Thema räumlich und

Das kulturelle Gedächtnis: Seine vitale Funktion für die Fortentwicklung des Rechts Über die »International Max Planck Research School für vergleichende Rechtsgeschichte«

Mit dem Wintersemester 2002/03 hat eine »International Max Planck Research School für vergleichende Rechtsgeschichte an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main« ihre Arbeit aufgenommen. An diesem Forschungskolleg sind die Rechtshistoriker am Fachbereich Rechtswissenschaft, einschließlich der Emeriti, sowie die Direktoren des Max-Planck-Instituts für europäische Rechtsgeschichte beteiligt. Um diesen Kern herum haben sich mehr als zwanzig ausländische Rechtshistoriker bereit erklärt, Stipendiaten nach Frankfurt zu senden und den Abschluss im Heimatland zu betreuen. Das Charakteristikum des Forschungskollegs – im Unterschied etwa zum vorangegangenen Graduiertenkolleg der Deutschen Forschungsgemeinschaft – besteht darin, dass etwa die Hälfte der Stipendiaten aus dem Ausland kommen soll. Auch die Finanzierung wird auf neuen Füßen stehen: Gemeinsame Träger sind das Land Hessen beziehungsweise die Universität und die Max-Planck-Gesellschaft.

Das Forschungskolleg soll junge Forscherinnen und Forscher der Rechtsgeschichte nach abgeschlossenem Hochschulstudium, in der Regel der Rechtswissenschaften, für eine gewisse Zeit in Frankfurt vereinen und ihnen die Möglichkeit geben, sich – durch gemeinsame Veranstaltungen und wissenschaftlichen Austausch angeleitet – zu qualifizieren und das jeweilige eigene Vorhaben (Promotion, Habilitation) zu fördern oder abzuschließen. Die Dauer des Aufenthalts wird im Durchschnitt ein bis zwei Jahre betragen.

Das Verständnis dessen, was Gegenstand, Methode und Funktion der Rechtsgeschichte angeht, ist in Europa unterschiedlich. Dennoch gibt es gemeinsame rechtshistorische Fragestellungen, institutionelle Verbindungen und persönliche Kontakte, so dass man von einem fachinternen Basiskonsens sprechen kann, der Rechtshistoriker Spaniens und Portugals, Englands, Skandinaviens, Ostmitteleuropas

und Südosteuropas ebenso umschließt wie alle Länder Mittel- und Südeuropas. Auf diesem Konsens ruht das gemeinsame Verständnis der Rechtsgeschichte als »Grundlagenfach«. Eine Juristenausbildung ohne Informationen über die Geschichte des Rechts gibt ihren wissenschaftlichen Anspruch auf. Juristen, die lediglich auf geltendes Recht konditioniert sind, können schwerlich »(selbst-)kritische Juristen« sein.

Ebenso gilt: Rechtsgeschichte als Sektor der allgemeinen Geschichtswissenschaft aktiviert wesentliche Teile des kulturellen Gedächtnisses. Von der Lebendigkeit dieses Gedächtnisses im Guten und Bösen hängen vitale Funktionen einer Gesellschaft ab, und zwar solche, die nicht mit einem schlichten Nutzenkalkül erreicht werden. Nur eine Rechtsgeschichte, die auf die Historizität von Recht hinweist, kann auch die Zerbrechlichkeit rechtlich geordneten menschlichen Zusammenlebens zeigen. Das kann Zugewinne an Wissen ebenso bewirken wie Motivationsschübe, sich rechtspolitisch zu engagieren. Rechtsgeschichte ist zugleich eng verbunden mit der Rechtstheorie. Wie anders als durch Offenlegung historischer Verläufe des Rechts ließe sich die Ausdifferenzierung, die Funktion, die Leistung, die Formbarkeit, Stabilität oder Empfindlichkeit des Rechts überhaupt beschreiben?

Alle theoretischen Aussagen über Recht enthalten so, explizit oder implizit, historische Voraussetzungen. Umgekehrt ist auch die Rechtsgeschichte, was ihre Hypothesen und Methoden angeht, auf theoretische Voraussetzungen und auf enge Zusammenarbeit mit der Rechtstheorie angewiesen. Schließlich kann die Rechtsgeschichte ihre historischen Fragen an das Material nicht ohne Heranziehung anderer Fächer beantworten. Wie Normen in vormodernen Zeiten entstanden sind, kann durch Analogien zu ethnologischen Beobachtungen plausibel gemacht werden. Wie sich Rechtsnormen zu religiösen und ethi-

schen Normen verhalten, ist auch Sache der Kirchengeschichte und der Theologie. Die Funktionsweise von Normen oder von normativ strukturierten Institutionen ist nur mit Blick auf die sozialen und ökonomischen Auswirkungen zu verstehen, bedarf also der Erklärung durch Sozial- oder Wirtschaftshistoriker.

Vergleichende Rechtsgeschichte wird in einem weiten, rechtskulturell bestimmten Sinn verstanden. Erforscht werden nicht nur Themen aus den nationalen Rechtsgeschichten der europäischen Staaten, sondern auch die gemeinsamen Traditionen des »ius commune« mit seinen verschiedenen Ausprägungen im Zivilrecht, Strafrecht, Öffentlichem Recht und Völkerrecht. Ebenso zählen dazu die vielfältigen Wanderungen und Rezeptionen des europäischen Rechts in die USA und in die Länder des Commonwealth, in die Türkei oder nach Japan. Zu Europa zählen in diesem Sinn auch Osteuropa, die Länder des alten Byzanz sowie die Kolonien, in denen europäisches Recht eingeführt worden ist. Ein wesentlicher methodischer Akzent soll deshalb auf dem Vergleich der Rechtskulturen liegen. Dieser kann sozial- oder wissenschaftsgeschichtliche, institutionen- oder dogmengeschichtliche, norm- oder kontextorientierte Parameter wählen; er kann zeitlich horizontal oder vertikal angelegt sein.

Die Veranstaltungen des Forschungskollegs finden während des Semesters jeweils am Mittwoch, 16 bis 18 Uhr, in Raum 416 des Juridicums statt. Seine Sprecher sind derzeit: Prof. Dr. Albrecht Cordes (Fachbereich Rechtswissenschaft) und Prof. Dr. Michael Stolleis (Max-Planck-Institut). Bewerbungen sind jederzeit möglich bei der Koordinatorin Esther Schinke; E-mail: Schinke@jur.uni-frankfurt.de

Der Autor

Prof. Dr. Michael Stolleis ist Direktor am Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte.

Informationen _____

<http://www.imprs.uni-frankfurt.de>



Jacob Fugger in seinem Kontor, gezeichnet von Narziss Renner (1502 – 1536): Der schreibkundige Kaufmann braucht sich den Gefahren der Handelsreisen nicht mehr auszusetzen und regiert sein Imperium mit Feder und Tinte statt mit Peitsche und Schwert.

Anlass zu der Hoffnung, das sie sich zugleich als kleinere und größere Mosaiksteine verwenden lassen, die nach und nach zu einem Gesamtbild zusammengesetzt werden können. Das ist zuletzt von dem Handelsrechtslehrer und Richter Levin Goldschmidt und seiner Schule in den Jahrzehnten vor dem Ersten Weltkrieg versucht worden.

Während sein Schüler Paul Rehme 1914 immerhin einen knappen, aber bis heute nicht ersetzten Grundriss vorlegen konnte, ist Goldschmidts eigenes Ziel wohl nicht zuletzt an dem zu umfassenden Untersuchungsprogramm gescheitert. Seine »Universalgeschichte des Handelsrechts« (3. Auflage 1891) blieb ein Torso, ist aber dennoch mit ihrer Grundthese von dem Recht der Kaufleute als universalem Recht bis heute anregend und einflussreich. Mit »Goldschmidts Universalismus« beschäftigte sich ein Vortrag von Prof. Dr. Karl Otto Scherner, Mannheim, in dem »Arbeitskreis für Handelsrechtsgeschichte«. Dieses Forum habe ich zusammen mit Dr. Anja Amend gegründet, die sich bei mir mit einer Arbeit über Wechselprozesse vor dem Reichskammergericht (1495 – 1806) habilitiert.

Auch dieses Thema, der erste Vortrag in unserem Arbeitskreis, gehört in den Zusammenhang der Handelsrechtsgeschichte. Denn die Stellung der Kaufleute vor Gericht und ihr Bemühen um einen raschen und rationalen Prozess mit sachkundigen Richtern gehörte seit den mittelalterlichen Anfängen eines spezifisch kaufmännischen Rechts zu dessen zentralen Anliegen.

Zwei weitere Themen des Arbeitskreises waren Goldschmidts Konkurrent, der linksliberale und antiklerikale Justus Wilhelm Endemann (Dr. Christoph Bergfeld, Frankfurt) und der Neuanfang der zentralen Gerichtsbarkeit im Norddeutschen Bund und Deutschen Reich (PD Dr. Thomas Henne, Frankfurt, der sich soeben über dieses Thema habilitiert hat). Über 60 Jahre lang, seit dem Untergang des Alten Reichs und seines Reichskammergerichts im Jahre 1806, hatte es in Deutschland keine zentrale Gerichtsstanz gegeben; der Neubeginn fand Ende der 1860er Jahre bezeichnenderweise auf dem Gebiet des Handelsrechts statt. Wieder waren es die Bedürfnisse des Handels, die eine gut funktionierende

Gerichtsbarkeit erforderten und zur Gründung des Bundes- (und dann Reichs-) oberhandelsgericht, dem Vorläufer des Reichsgerichts, führten.

Präsident und prägende Persönlichkeit dieses Gerichts war wiederum Levin Goldschmidt, der auf allen theoretischen und praktischen Gebieten des Handelsrechts im späten 19. Jahrhunderts präsent war – als Wissenschaftler, als Richter, als Verfasser des ersten Vorentwurfs zum Bürgerlichen Gesetzbuch (BGB) sowie als Gründer und Herausgeber der heute noch existierenden »Zeitschrift für Handelsrecht« (ZHR), die jahrzehntelang einfach »Goldschmidts Zeitschrift« genannt wurde. Auch die Dissertation des Soziologen Max Weber über die südeuropäischen Handelsgesellschaften im Mittelalter (1889) ist in Goldschmidts Schule entstanden. Im Rahmen eines Projekts der Deutschen Forschungsgemeinschaft bereiten Prof. Dr. Gerhard Dilcher und seine Schülerin, Dr. Susanne Lepsius, am Institut für Rechtsgeschichte der Universität eine Neuedition von Webers Dissertation vor. Sie wird als Teil der kritischen Gesamtausgabe von Webers Werken erscheinen.

Die Geschichte des kaufmännisch geprägten Rechts bietet eine Fülle von Modellfällen für die Funktionsweise einer Rechtsordnung, die nicht von staatlicher Autorität sanktioniert und auch nicht wesentlich von wissenschaftlicher Jurisprudenz geprägt ist. Stattdessen beruht sie weitgehend auf kaufmännischen Verkehrssitten und Rechtsgewohnheiten. Damit sind Fragen berührt, die auch dem geltenden und künftigen internationalen Recht wieder erhebliche Schwierigkeiten bereiten. Der Rechtshistoriker wird nicht naiv die Lösungen der Vergangenheit für die Probleme der Zukunft vorschlagen. Er kann aber der aktuellen Debatte durch die Einsicht, dass nicht viele der Grundsatzfragen wirklich neu sind, zu Gelassenheit verhelfen. ◆

Literatur

Albrecht Cordes, Seerechtlicher Kommentar, in: Antjekathrin Graßmann/Carsten Jahnke: Seerecht im Hanseraum des 15. Jahrhunderts.	Edition und Kommentar zum Flandrischen Copiar Nr. 9, Lübeck 2003.	Ders., Spätmittelalterlicher Gesellschaftshandel im Hanseraum (Quellen und Darstellungen zur hansischen Geschichte 45), 1998.	Estelle Réhault, Le naufrage. Les conséquences juridiques de l'infortune de mer en France et en Angleterre du XVI ^e au XIX ^e siècle. Diss. iur. Paris 2002.
--	---	---	---

Freunde suchen Gleichgesinnte



Die Freunde und Förderer der Johann Wolfgang Goethe-Universität suchen Verbündete. Wir haben uns die ideelle und finanzielle Förderung der größten und wichtigsten Lehr- und Forschungsstätte im Frankfurter Raum zur Aufgabe gemacht. Wir bauen Brücken zwischen interessierten Bürgern und der Wissenschaft. Wir bieten ein Förderprogramm für Nachwuchsforscherinnen und -forscher und richten wissenschaftliche Stiftungen ein. Wir unterstützen Projekte der Universität, für die die Mittel der öffentlichen Hand nicht ausreichen. Wir schaffen Verbindung zwischen Studierenden und Ehemaligen.

Die Universität Frankfurt ist mit ihren über 600 Professorinnen und Professoren sowie ihren 38.000 Studierenden ein kraftvoller Motor für die Zukunft der Region. Ihr neuer attraktiver Campus Westend mit dem IG-Hochhaus sowie der im Ausbau befindliche naturwissenschaftliche Campus Riedberg sind sichtbare Zeichen für einen gelungenen Start ins neue Jahrtausend.

Helfen Sie mit, ein Stück Zukunft zu gestalten. Werden Sie ein Freund unter Freunden.

Wenn Sie mehr wissen wollen, rufen Sie einfach an. Petra Dinges sagt Ihnen mehr: (0 69) 9 10-4 78 01.

FREUNDE  DER

 UNIVERSITÄT

Katalytische Antikörper vereinen in sich die Eigenschaften von Antikörpern und Enzymen

Richard A. Lerner und Peter G. Schultz
mit Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis 2003 ausgezeichnet



In Anwesenheit von Bundespräsident Johannes Rau wurden Peter G. Schultz (Mitte) und Richard A. Lerner (rechts) mit dem Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis ausgezeichnet. Das Preisgeld verwenden die beiden Wissenschaftler je zur Hälfte zur Förderung junger Nachwuchsforscher und zur Unterstützung des Vereins »Freunde von Dresden«.

den Proteinklassen miteinander zu kombinieren: Die beiden Wissenschaftler suchten unabhängig voneinander – Richard A. Lerner arbeitete bereits am Scripps Research Institute in La Jolla, Peter G. Schultz noch an der University of California in Berkeley – nach Wegen, die Bindungsenergie zwischen einem Antikörper und seiner Zielstruktur zur Katalyse chemischer Reaktionen zu verwenden. Dabei nutzten die Forscher aus, dass Enzyme wie auch Antikörper in den Molekülen, an die sie binden, strukturelle Änderungen hervorrufen. Es entstehen aktivierte Übergangszustände, die energiereicher sind als die jeweiligen Molekülkonformationen vor und nach einer chemischen Reaktion. Der wesentliche Unterschied zwischen Enzym- und Antikörperreaktionen besteht jedoch darin, dass Enzyme bevorzugt energiereiche, aktivierte Konformationen stabilisieren, Antikörper dagegen nicht. Wenn es gelänge, einen Antikörper zu erzeugen, der einen bestimmten – energiereicheren – Übergangszustand spezifisch erkennt und an ihn bindet, dann könnte dieser Antikörper unter Ausnutzung seiner Bindungsenergie die dazugehörige Reaktion katalysieren, so die Hypothese.

Beispiel Esterhydrolyse: Im Übergangszustand der Esterhydrolyse ändert sich die Konformation der reaktiven Gruppe von einer zweidimensionalen, so genannten trigonal-planaren Konformation, zu einer tetraedrischen Konformation. Mit immunologischen Methoden stellten Lerner und Schultz Antikörper gegen Phosphat- oder Phosphonat-Moleküle her, die in ihrer räumlichen, ebenfalls tetraedrischen Anordnung den aktivierten Übergangszuständen ähneln, die bei der Ester-Hydrolyse auftreten. Die neuen Antikörper waren spezifisch gegen den Übergangszustand gerichtet, stabilisierten diesen und beschleunigten dadurch die Reaktion – und zwar erheblich: Die Reaktion

Die Immunologen Prof. Dr. Richard A. Lerner (64) und Prof. Dr. Peter G. Schultz (46), beide Scripps Research Institute, La Jolla, USA, wurden mit dem mit insgesamt 65 000 Euro dotierten Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis 2003 für ihre Leistungen bei der Entwicklung von katalytischen Antikörpern ausgezeichnet. Die Auszeichnung, die am 14. März 2003 in der Frankfurter Paulskirche verliehen wurde, gehört zu den höchsten und international renommiertesten Preisen, die in der Bundesrepublik Deutschland auf dem Gebiet der Medizin vergeben werden.

Katalytische Antikörper vereinen die ungeheure Vielfalt der Antikörper mit den katalytischen Fähigkeiten von Enzymen. Beide Typen von Proteinen sind eigentlich auf völlig unterschiedliche Aufgaben zugeschnitten: Enzyme erleichtern den Ablauf chemischer Reaktionen, ohne selbst verbraucht zu werden. Antikörper dagegen zeichnen sich vor allem durch ihre Fähigkeit aus, körperfremde Moleküle aufzuspüren und zu binden. Beide Molekülklassen haben eins gemeinsam: Sie

müssen an ihre Zielmoleküle binden, um wirksam zu werden. Enzyme verfügen über eine in die Oberfläche eingesenkte Spalte oder Tasche, in der die Reaktionspartner während der Reaktion verankert werden. Antikörper haben ebenfalls eine spezifische Bindungsstelle, mit der sie sich an ein als körperfremd erkanntes Molekül anlagern, um dieses für die Immunabwehr zu markieren. Doch während das Immunsystem eine riesige Armada von 100 Millionen unterschiedlicher Antikörper aussenden kann, um die Vielzahl möglicher Eindringlinge zu besiegen, ist die Anzahl unterschiedlicher biochemischer Reaktionen im Organismus bescheiden: Es gibt nur einige tausend Enzyme, die bestimmte Reaktionen katalysieren. Dies bedeutet, dass es für biologisch unbedeutendere, aber eventuell anderweitig interessante Reaktionen keine passenden Enzyme gibt. Das könnte sich mit Hilfe der katalytischen Antikörper grundlegend ändern.

Richard A. Lerner und Peter G. Schultz kamen erstmals 1986 auf die Idee, die Eigenschaften der bei-

fand 10^7 - bis 10^8 -mal schneller statt als ohne Antikörper. Schultz produzierte unabhängig davon einen Antikörper gegen ein künstlich hergestelltes Porphyrin-Analogon; dieser Antikörper ähnelte in seinen Eigenschaften dem Enzym Ferrochelatase, das diese Reaktion normalerweise katalysiert. Katalytische Antikörper beschleunigten darüber hinaus Diels-Alder-Reaktionen und Claisen-Umlagerungen. Diesen Ringschlussreaktionen ist gemeinsam, dass auch hier die Konformation des Übergangszustandes bekannt war und Antikörper daher gegen ein Analogon dieses Übergangszustandes entwickelt werden konnten.

Die Ergebnisse von Schultz und Lerner zeigten, dass die Katalyse durch Antikörper nur dann funktionieren kann, wenn sich der Übergangszustand stabilisieren lässt. Damit war der entscheidende Schlüssel für die Beeinflussung dieses Prozesses gefunden. Für die organische Chemie, aber auch für die molekularbiologische Forschung sowie den medizinischen und biotechnologischen Bereich sind die katalytischen Antikörper von großer Bedeutung, denn sie können einen wichtigen Beitrag dazu leisten, die Richtung und die Reaktivität chemischer Reaktionen genau zu kontrollieren und ihre Effizienz zu optimieren. »Sie gehören zu den wichtigsten Entwicklungen in der Immunchemie«, ist der Laudator und Nobelpreisträger Prof. Dr. Manfred Eigen überzeugt. »Die Arbeiten von Lerner und Schultz gewähren uns einen fundamentalen Einblick in die Natur der Katalyse und geben uns neue Möglichkeiten zur Kontrolle chemischer Reaktionen. Mit ihnen bekommen Chemiker ein neues Spielfeld für die Entwicklung von molekularer Diversität – als Mimikry des Immunsystems.« Damit vereinen katalytische Antikörper nicht nur die Eigenschaften von Antikörpern und Enzymen, sondern auch die chemischen und biologischen Wissenschaften miteinander.

Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass alle natürlichen Antikörper in der Lage sind, einen oxidativen Abbau gebundener Substrate, mit Ozon als kurzlebiger Zwischenstufe, einzuleiten. »Die Erkenntnis, dass natürliche Antikörper außer ihrer Bindungsfunktion auch reaktive Eigenschaften besitzen, führt zu einem Paradigmen-



Peter G. Schultz (rechts) wurde am 23. Juni 1956 in Cincinnati, Ohio, geboren. Er studierte Chemie am California Institute of Technology in Pasadena und wechselte 1985 nach einjährigem Postdoktorat am Massachusetts Institute of Technology in Cambridge, USA, an die University of California in Berkeley. Dort beschäftigte er sich mit katalytischen Antikörpern – gleichzeitig mit und unabhängig von Richard A. Lerner. 1986 wurden die Arbeiten der beiden Wissenschaftler in der gleichen Ausgabe des amerikanischen Forschungsmagazins »Science« veröffentlicht. Seit 1999 arbeiten Lerner und Schultz gemeinsam am Scripps Research Institute. Schultz ist darüber hinaus Direktor des Genomic Institutes der Novartis-Forschung in La Jolla sowie Gründer und Direktor der Firmen Symyx Technologies, Syrrx und Kalypsys. 1995 wurde er vom Staat Kalifornien zum Wissenschaftler des Jahres gewählt.

Richard A. Lerner wurde am 26. August 1938 in Chicago geboren. Er studierte an der Northwestern University Chemie in Chicago und ging 1959 an die Stanford University, um Medizin zu studieren. 1965 trat Lerner eine Stelle als Research Fellow an der Scripps Clinic in La Jolla an; seit 1991 ist er Präsident des Scripps Research Institute. Ebenso wie Peter G. Schultz ist Lerner Mitglied zahlreicher wissenschaftlicher Fachgesellschaften und wurde mit zahlreichen Ehrungen und Preisen ausgezeichnet, darunter dem Wolf-Preis für Chemie in Israel, den er gemeinsam mit Schultz erhielt.

Beide Wissenschaftler (hier mit der Büste von Paul Ehrlich) wurden auch mit dem Alexander von Humboldt-Preis ausgezeichnet – Schultz 1990 und Lerner 1993.

wechsel hinsichtlich der Beurteilung ihrer Rolle im Immunsystem«, so Eigen.

Der Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis wird traditionell an Paul Ehrlichs Geburtstag, dem 14. März, in der Frankfurter Paulskirche verliehen. Die Laudatio hielt in diesem Jahr Manfred Eigen, der 1992 selber mit dem Paul Ehrlich- und Ludwig Darmstaedter-Preis ausgezeichnet wurde. Hilmar Kopper, Vorsitzender des Stiftungsrates der Paul Ehrlich-Stiftung, übergab den Preis in Anwesenheit von Bundespräsident Johannes Rau.

Die Paul Ehrlich-Stiftung ist eine rechtlich unselbstständige Stiftung der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am

Main e.V. Ehrenpräsident der 1929 von Hedwig Ehrlich eingerichteten Stiftung ist der Bundespräsident, der auch die gewählten Mitglieder des Stiftungsrates und des Kuratoriums beruft. Der Vorsitzende der Vereinigung von Freunden und Förderern ist gleichzeitig Vorsitzender des Stiftungsrates der Paul Ehrlich-Stiftung. Dieses Gremium, dem 14 national und international renommierte Wissenschaftler aus fünf Ländern angehören, entscheidet über die Auswahl der Preisträger. Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität ist qua Amt Mitglied des Kuratoriums der Paul Ehrlich-Stiftung. Finanziert wird der Preis je zur Hälfte durch zweckgebundene Spenden von Unternehmen und vom Bundesgesundheitsministerium. ◆

Informationen —
<http://www.scripps.edu/chem/lerner>
 und
<http://www.schultz.scripps.edu>

Die Autorin
Monika Mölders,
 Diplom-Biologin
 und Wissenschaftsjournalistin,
 ist Redakteurin dieses Forschungsmagazins.

Doktoranden im Dienst der Wissenschaft »auf Tour«

Vereinigung der Freunde und Förderer unterstützt Kongressbesuch

Ein biochemisches Dogma wackelte, als Geoffrey Burnstock, Autonomic Neuroscience Institut, London, im Jahre 1972 seine Hypothese über ATP-sezierende Nerven (»concept of purinergic nerves«) in Pharmacological Reviews veröffentlichte. Heute ist diese Hypothese allgemein anerkannt und



Kirsten Menke, 29, Susanne Horner, 27 und Matthias Ganso, 29, Doktoranden des Pharmakologischen Institutes für Naturwissenschaftler der Universität Frankfurt, auf dem »7th International Symposium on Adenosine and Adenine nucleotides« im Mai 2002 bei Brisbane, Australien.

konnte von vielen Wissenschaftlern untermauert werden. Demnach dient ATP keinesfalls nur als Energiespeicher im Zellinneren, sondern auch als Botenstoff, der an Oberflächen von Zellen (Rezeptoren) bindet, um dort seine »Signalwirkung« zu entfalten. Diese Wirkungen des ATP waren auch Thema des »7th International Symposium on Adenosine and Adenine nucleotides« im Mai 2002 bei Brisbane, Australien.

Die Entwicklungsgeschichtlich sehr alte Verbindung ATP (Adenosintriphosphat) kann im Organismus durch spezielle Enzyme (Nukleotidasen) abgebaut werden, wobei neue, biologisch hoch wirksame Verbindungen wie ADP (Adenosindiphosphat) oder Adenosin entstehen. Auch die Abbauprodukte binden an spezielle Rezeptoren, an denen sie ihrerseits wirken. Aktuell sind 19 solcher Rezeptoren bekannt, die molekular-biochemisch und pharmakologisch untersucht werden. Man unterscheidet Adenosinbindende P1- und ATP- oder ADP-bindende P2-Rezeptoren, wobei letztere wiederum aus zwei Untergruppen P2X und P2Y bestehen.

An der pharmakologischen Untersuchung von P2-Rezeptoren hat unser Team unter der Leitung von Prof. Dr. Günter Lambrecht, Pharmakologisches Institut für Naturwissenschaftler, wichtige Beiträge geleistet. Wir haben in Kooperation mit Prof. Dr. Peter Nickel, Universität Bonn, und Dr. Hans Georg Bäumert, Universität Frankfurt, chemische Substanzen beschrieben, die die ATP-Wirkungen an P2-Rezeptoren

hemmen: Fünf in unserem Labor entwickelte Substanzen finden weltweite experimentelle Anwendung. Darüber hinaus versuchen wir, die in verschiedenen Körpergeweben vorkommenden P2-Rezeptoren mit pharmakologischen Mitteln zu bestimmen. Dies wird durch eine interessante Eigenschaft der P2-Rezeptoren erschwert: Die einzelnen, untereinander verschiedenen P2X-Proteine liegen auf den Oberflächen von Zellen nicht getrennt vor, sondern bilden Dreier-Einheiten unbekannter Zusammensetzung, die in ihrer Mitte einen Kanal durch die Zellmembran bilden, der für Ionen durchlässig ist. Deshalb ist es schwierig, mit Hilfe der beobachteten pharmakologischen Effekte auf die Zusammensetzung der Kanäle zu schließen. Eine weitere Herausforderung stellen die Nukleotidasen dar. Diese Phosphat-abspaltenden Enzyme können die biologische Wirkung von ATP vielfältig modulieren. Deshalb suchen wir nach spezifischen Substanzen, die den Abbau von ATP verhindern und dessen Wirkung im pharmakologischen Modell verstärken, denn nur wenn der Abbau gehemmt oder zumindest verlangsamt werden kann, können Substanzen wie ATP zu therapeutischen Zwecken eingesetzt werden. In der Therapie humaner Erkrankungen werden derzeit bereits P2Y₁₂-Antagonisten (Clopidogrel, Ticlopidin) und – im Rahmen von klinischen Studien – einige P2Y₂-Agonisten eingesetzt.

Auch bei der Blutgerinnung spielen ATP und seine Abbauprodukte eine besondere Rolle. Freigesetzt aus zellulären Bestandteilen des Blutes oder aus zerstörten Gewebszellen gelangt ATP in die Blutbahn und kann seine Wirkung als Botenstoff entfalten. ATP führt an Kalzium-durchlässigen P2X-Kanälen zu einem Signal, das im Gehirn die Wahrnehmung »Schmerz« auslöst und bewirkt eine Verengung des beschädigten Blutgefäßes. Zeitgleich bauen Enzyme des Blutgefäßgewebes ATP zu ADP ab, das im Gegensatz zu ATP stark gerinnungsför-

dernd wirkt, indem es die Aggregation der Blutplättchen über zwei verschiedene P2Y-Rezeptoren aktiviert. Die ADP-bedingte Aktivierung der Blutplättchen wird von Clopidogrel und dem Ticlopidin durch Hemmung der so genannten P2Y₁₂-Rezeptoren verhindert. Die Folge: Die vollständige Blutgerinnung bleibt aus. Hieraus ergeben sich vielfältige Einsatzmöglichkeiten für die Thrombose- und Herzinfarktprophylaxe. Unser Arbeitskreis um Prof. Dr. Günter Lambrecht optimiert unter anderem P2Y₁-Antagonisten bezüglich ihrer Struktur und Wirkung, da auch die Aktivierung des zweiten P2Y-Rezeptors auf Blutplättchen, des P2Y₁-Rezeptors, durch ADP für die Blutgerinnung bedeutsam ist.

Ein weiteres therapierelevantes Beispiel betrifft die Integrität von Schleimhäuten. Die genau regulierte Viskosität von Schleim auf den mittleren Atemwegen oder des Auges ist eine wichtige Voraussetzung für die Säuberung und den Schutz von Schleimhautoberflächen. Mit Hilfe eines abbaustabilen P2Y₂-Agonisten könnte es in Zukunft gelingen, einen alternativen Weg zur Verflüssigung von Schleimen zu entwickeln, um Erkrankungen wie Mukoviszidose, chronische Bronchitis und trockene Augen behandeln zu können. Auch hier arbeitet unsere Gruppe an einem pharmakologischen P2Y₂-Rezeptormodell. Auf dem Kongress bei Brisbane 2002, auf dem sich rund 300 Wissenschaftler aus aller Welt trafen, präsentierten die Doktoranden unseres Arbeitskreises um Prof. Dr. Günter Lambrecht, Susanne Horner, Kirsten Menke und Matthias Ganso, einen neuen P2X₁-Antagonisten, der seitdem weltweit erhältlich ist. Die Reisekosten wurden von der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität übernommen. ♦

Der Autor

Matthias Ganso ist Doktorand am Pharmakologischen Institut für Naturwissenschaftler.

Der Verkünder und Verbreiter der Mengenlehre

Zum 150. Geburtstag von Arthur Schoenflies (1853–1928) – Rektor der Universität Frankfurt in der zweiten Gründungsphase

Arthur Moritz Schoenflies kommt am 17. April 1853 in Landsberg an der Warthe als jüngstes von dreizehn Kindern einer wohlhabenden jüdischen Kaufmannsfamilie zur Welt. Sein Urgroßvater, der Pferdehändler Abraham Hillel Schoenflies, 1743 im neumärkischen (Bad) Schoenfließ, polnisch Trzcínsko Zdrój, geboren und mit der Tochter eines Kultusbeamten in Frankfurt am Main und Berlin verheiratet, hat den Familiennamen Schoenflies nach seinem Geburtsort angenommen. Moritz Isaac Schoenflies, der Vater von Arthur Schoenflies, gründet 1837 in Landsberg an der Warthe ein eigenes »Tabak- und Cigarrengeschäft«. In seinen »Aufzeichnungen zur Familiengeschichte« erwähnt er besonders »den Umschwung in der politischen und bürgerlichen Gesetzgebung«, der Voraussetzung für die Entstehung eines jüdischen Bildungsbürgertums Mitte des 19. Jahrhunderts war **2**.

Beginn der wissenschaftlichen Laufbahn – Kristallstruktur und die Mathematik

Schoenflies schließt 1876 sein Studium der Mathematik und Physik an der Friedrich-Wilhelms-Universität zu Berlin (heute Humboldt-Universität) mit der Lehramtsprüfung ab und unterrichtet dann am Berliner Friedrich-Wilhelms-Gymnasium. 1877 promoviert er mit der Dissertation »Synthetisch-geometrische Betrachtungen über Flächen zweiten Grades und eine aus ihnen abgeleitete Regelfläche«. Das in Latein abgefasste Gesuch um Zulassung enthält die Bitte, die Arbeit »in nostra lingua«, also in Deutsch, einreichen zu dürfen. 1880 lässt sich Schoenflies nach Colmar im Elsass versetzen, wo er bis 1884 als Oberlehrer wirkt.

Danach entscheidet er sich für die Hochschullehrerlaufbahn und habilitiert sich an der Universität Göttingen mit der Arbeit »Über die

1 Arthur Schoenflies während seiner Frankfurter Zeit: Der aus Königsberg kommende Naturwissenschaftler wird der erste Ordinarius für Mathematik an der neu gegründeten Frankfurter Universität. Zum Abschluss seiner Professorenzeit lenkt er auch noch die Geschicke der jungen Universität als Rektor.



Mit Arthur Schoenflies **1** wird im akademischen Jahr 1920/21 der erste Mathematiker zum Rektor der Universität Frankfurt gewählt – und vermutlich ist der Wissenschaftler auch der erste Jude im Amt des Rektors einer deutschen Universität. Die Eingangspassage seiner Rektoratsrede, die sich auf die Mathematik bezieht, ist von zeitloser Aktualität: »Abseits aller der Tagesfragen, die unser Denken und Empfinden heute in erster Linie erfüllen, verläuft das Arbeitsgebiet der mathematischen Wissenschaft. Jenseits von gut und böse, von Recht und Unrecht, liegt das Reich ihrer Probleme, bewegt sich die weite Welt ihrer Gedanken. Doch ist sie keineswegs jeder Beziehung zu den großen Zwecken des staatlichen Organismus bar. Neue mathematische Begriffe und Erkenntnisse sind oftmals gerade aus der Versenkung in die praktischen Bedürfnisse von Naturwissenschaft und Technik entstanden.« ^{1/1} Aus Anlass seines 150. Geburtstags und seines 75. Todestages wird im Folgenden an ihn erinnert.



Seiner Vaterstadt Landsberg an der Warthe, die den Beinamen »Parkstadt des Ostens« hat, schenkt Schoenflies ein ererbtes Grundstück von 50 Morgen, den so genannten »Schoenflies-Park«.



1896 heiratet Schoenflies Emma Amalie Levin, die von Max Liebermann porträtiert wird. Sie hat in Aufzeichnungen über ihre Gespräche mit Liebermann berichtet, die dessen bekannte Schnoddrigkeit dokumentieren.

Bewegung eines starren räumlichen Systems«. Weil mit der Zulassung als Privatdozent keine Besoldung verbunden ist, lebt Schoenflies die nächsten Jahre vom Familienvermögen. 1888 erreicht der nach Göttingen zurückberufene, nur wenige Jahre ältere Felix Klein – er hat zu diesem Zeitpunkt schon eine große Karriere mit Berufungen nach Erlangen, München und Leipzig hinter sich – für Schoenflies ein Privatdozentenstipendium und 1892 eine außerordentliche Professur für Angewandte Mathematik.

In dieser Zeit begründet Schoenflies seinen Nachruhm mit der mathematischen Behandlung der Kristallstruktur mit gruppentheoretischen Methoden. Die internationale Darstellung der 32 Kristallklassen beruht jahrzehntelang auf von Schoenflies eingeführten Symbolen. Sie sind bis heute in der physikalischen Spektroskopie in Gebrauch, während sie in der eigentlichen Kristallographie von den Hermann-Mauguin-Symbolen abgelöst wurden. Auf Anregung von Klein sucht Schoenflies die orientierungsumkehrenden kristallographischen Raumgruppen. Er stellt Ende der 1880er Jahre etwa gleichzeitig mit dem in St. Petersburg tätigen Jewgraf S. von Fedorow fest, dass es davon 165 gibt. In einem Brief an Fedorow billigt Schoenflies diesem die Priorität an der Entdeckung zu, aber es besteht kein Zweifel, dass er seine Ergebnisse völlig unabhängig von Fedorow erzielt und auch anders begründet hat. Aus ihrem Briefwechsel ergibt sich, dass der Schlussstein im Gebäude der 230 Raumgruppen von Schoenflies und Fedorow gemeinsam gesetzt wird.^{12/} Anerkennung von russischer Seite erfährt Schoenflies: Er wird in die Kaiserlich-Mineralogische Gesellschaft zu St. Petersburg gewählt.

Die praktischen Kristallographen und Physiker halten allerdings lange nichts von solch' abstrakten Überlegungen. Das ändert sich aber, als Max von Laue 1912 die Beugung der Röntgenstrahlen durch kristallinische Medien entdeckt und als notwendiges theoretisches Substrat genau das braucht, was Fedorow und Schoenflies geschaffen haben.

Bekannt in weiteren Kreisen wird Schoenflies durch den »Nernst-Schoenflies«, ein Lehrbuch zur Differential- und Integralrechnung, das er gemeinsam mit dem Physiker

Walter Nernst, dem Nobelpreisträger für Chemie von 1920, verfasst hat. Es wird immer wieder bearbeitet und um neue Entwicklungen wie den Nernstschen Wärmesatz und die Einsteinsche Relativitätstheorie ergänzt, erlebt elf Auflagen, wird ins Amerikanische und zweimal ins Russische übersetzt. Unter anderem erlaubt der finanzielle Erfolg dieses Buches Schoenflies, eine Familie zu gründen **■**.

Ordinarius in Königsberg – Einstieg in die Mengenlehre

1899 wird Schoenflies auf den zweiten Lehrstuhl für Mathematik an die Albertus-Universität in Königsberg in Preußen berufen. Er verfasst für die Deutsche Mathematiker-Vereinigung Berichte über »Die Entwicklung der Lehre von den Punktmannigfaltigkeiten« (heute: »topologische Räume«) und macht dadurch ein allgemeines mathematisches Publikum mit der von Georg Cantor begründeten Mengenlehre vertraut. Seine Idee ist, die Topologie der Ebene und des Raumes in gleicher Weise auf eine axiomatische Grundlage zu stellen, wie es der geniale David Hilbert für die Inzidenz- und Kongruenzgeometrie getan hat. Schoenflies' Arbeiten haben, obwohl sie auch auf Widerspruch gestoßen sind, ein wichtiges und grundlegendes Gebiet der Mathematik in Bewegung gebracht und damit die Entwicklung des Faches in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts maßgeblich beeinflusst. Sein Nachfolger in Königsberg, Georg Faber, rühmt Schoenflies als »verdienten Verkünder und Verbreiter seines [Cantors] Ruhmes«.^{13/}

Unsterblich in der Reinen Mathematik ist der »Satz von Schoenflies«, der besagt, dass jedes von einer einfach geschlossenen Kurve berandete beschränkte Gebiet umkehrbar eindeutig auf die Kreisscheibe abgebildet werden kann. Dieser Satz ist bis heute Anlass für weiterführende mathematische Untersuchungen, die sich darum bemühen, den Beweis zu vereinfachen und die Aussage in Richtung auf Differenzierbarkeitseigenschaften der auftretenden Funktionen und höherdimensionale Verallgemeinerungen zu verschärfen **■**. Schoenflies verfasst auch für die Enzyklopädie der Mathematischen Wissenschaften, die monumentale

Zusammenfassung mathematischen Denkens im ersten Drittel des 20. Jahrhunderts, Beiträge zur Mengenlehre, zur Kinematik, über Symmetrie und Struktur der Kristalle und über Projektive Geometrie.

Auf dem Internationalen Mathematikerkongress 1900 in Paris hatte David Hilbert 23 mathematische Probleme als Aufgaben für die Mathematiker des 20. Jahrhunderts formuliert. Im Rahmen der Untersuchung des 18. Hilbertschen Problems konnte Ludwig Bieberbach die Schoenfliesschen Arbeiten über die kristallographischen Raumgruppen auf den n-dimensionalen Raum verallgemeinern. Deshalb ist Schoenflies 1910 wahrscheinlich die treibende Kraft bei der Berufung von Bieberbach nach Königsberg. Bieberbach bewahrt sich Zeit seines Lebens eine große Verehrung für Schoenflies, obwohl er nach 1933 zum Protagonisten der »Deutschen Mathematik« wird. Deren Vertreter wenden sich gegen den sehr knappen und abstrakten Darstellungsstil der Mathematik, der sich seit Anfang des 20. Jahrhunderts zunehmend in der mathematischen Literatur findet. Sie versteigen sich dabei zu der abstrusen und antisemitischen Behauptung, dass dieser Stil rassistisch begründet sei.

Schließlich in Frankfurt: Aufbau der Naturwissenschaftlichen Fakultät

Nach zwölf Jahren verlässt Schoenflies Königsberg und folgt 1911 einem Ruf nach Frankfurt am Main. Dort wird die Akademie für Sozial- und Handelswissenschaften in eine Universität umgewandelt und Schoenflies erwartet die reizvolle Aufgabe, eine Naturwissenschaftliche Fakultät einzurichten. Die Professoren der neuen Fakultät kommen zum überwiegenden Teil aus der Akademie und den traditionsreichen Senckenbergischen Instituten. Nur Mineralogie und Theoretische Physik müssen mit Professoren von auswärts besetzt werden. Den Lehrstuhl für Theoretische Physik erhält Max von Laue, der als Nobelpreisträger des Jahres 1914 zum Ruhm der jungen Universität beiträgt. Ihn zieht es jedoch 1918 nach Berlin in die Nähe von Albert Einstein und Max Planck. Das Problem wird mit Unterstützung des Dekans Schoenflies »auf ebenso originelle wie wohl einmalige Weise in

der deutschen Universitätsgeschichte gelöst«. In Berlin wirkt nämlich als Extraordinarius Max Born, der mit Begeisterung Vorlesungen hält. Für ihn bleiben aber neben Planck nur kleinere Spezialvorlesungen. »Also schlugen beide, die sich aus Göttinger Studienzeit kannten und schätzten, ihren Fakultäten und dem Ministerium für Kunst und Volksbildung vor, ihre Lehrstühle zu tauschen.«^{14/}

Born wendet sich bald nach Göttingen und schlägt für seine Nachfolge den Privatdozenten Otto Stern vor. Dazu schreibt er an Einstein: »Ich möchte natürlich Stern haben. Aber Wachsmuth will nicht; er sagte mir: ›Ich schätze Stern sehr, aber er hat solch zersetzenden, jüdischen Intellekt!‹ Es ist wenigstens offener Antisemitismus. Aber Schoenflies und Lorenz wollen mir helfen.«^{15/}

Auf den 1915 errichteten zweiten Lehrstuhl für Mathematik holt Schoenflies den von ihm geschätzten Bieberbach, der 1921 nach Berlin wechselt. In Frankfurt folgt ihm Max Dehn, der in Forschung Frankfurt 4/2002 gewürdigt wurde.^{16/}

1920 wird Schoenflies zum Rektor gewählt. Als Rektor setzt sich Schoenflies – wohl in Erinnerung an seinen Lehrer Elwin Bruno Christoffel, der sich so sehr um die deutsche Universität Straßburg bemüht hat, und seine eigene Lehrtätigkeit in Colmar – für die Gründung eines Elsaß-Lothringens-Instituts in Frankfurt ein, um den aus Straßburg nach dem Ersten Weltkrieg vertriebenen deutschen Dozenten eine neue Heimat im Reich zu geben. Zweck dieses Instituts ist die »Pflege der gemeinsamen wissenschaftlichen und kulturellen Interessen der Elsaß-Lothringer im Reich«, heißt es in der Satzung der Einrichtung, die unter dem Rektorat von Schoenflies im März 1921 verabschiedet wird.

Auch als Rektor kann sich Schoenflies in der Frage der Nachfolge Born nicht gegen den Gründungsrektor Richard Wachsmuth durchsetzen, der in der Frankfurter Physik immer noch den Ton angibt. Stern nimmt im Herbst 1921 einen Ruf nach Rostock an, schließt aber das berühmte »Stern-Gerlach-Experiment« im Sommer 1922 noch in Frankfurt ab. Borns Nachfolger wird als Kompromisskandidat Erwin Madelung, von Born als alter Freund und höchst verdienstvoller



4 Arthur Schoenflies in Königsberg: Hier lehrt er seit 1899, stellt wichtige »Sätze« auf und verfasst das erste Lehrbuch zur damals jungen Mengenlehre.

Physiker bezeichnet. Madelung ist kein Antisemit und kein Nazi, so erhält er den Lehrstuhl und kann andererseits nach Ende des Zweiten Weltkrieges die Physik in Frankfurt wieder aufbauen. Der bedeutendere Physiker ist jedoch Stern, der 1943 den Nobelpreis für Physik erhält.

Ein neues preußisches Gesetz über eine Altersgrenze auch für Professoren hat seine Emeritierung noch vor dem Ablauf seiner Rektoratszeit zur Folge. Das administrative Problem wird dadurch gelöst, dass der Minister die kommissarische Verwaltung des Lehrstuhls durch Schoenflies noch für ein Semester genehmigt.

Der national-liberale Familienpatriarch

Schoenflies stirbt in Frankfurt am Main am 27. Mai 1928 nach kurzem Krankenhausaufenthalt. Arthur Schoenflies steht – wie in einem Nachruf im Israelitischen Familienblatt ausgeführt wird 5 – sein Leben lang treu zum jüdischen Glauben 6. Er ist traditionsbewusst, ohne zionistische Gedanken zu vertreten und ohne Zweifel ein überzeugter Vertreter jüdischer Assimilation, wie sie im Bildungsbürgertum des 19. Jahrhunderts verbreitet ist. Sein privates Leben ist mathematisch genau geplant und ausgerichtet, stark von Verstand und Vernunft geprägt. Er gibt sich zu Hause vielfach als autoritärer Familienpatriarch, wie er damals im Bürgertum häufig anzutreffen war. Daneben ist er, wie viele Gelehrte seiner Zeit, ein Kenner und Liebhaber der Antike, ihrer Sprachen und Kultur. In der Musik gilt seine ganze Liebe Beethoven.

Hochschulpolitisch ist Schoenflies mit großem Einsatz tätig. Ne-

Weitere Literatur

Fritsch, Rudolf und Gerda, Ansätze zu einer wissenschaftlichen Biographie von Arthur Schoenflies, Seiten 141–286 in: Florilegium Astronomicum, München: 2001.

Thimm, Ulrich, Die erste Blüte des Mathematischen Seminars, Forschung Frankfurt, 18/3 (Sonderband zur Geschichte der Universität), 92–101 (2000).

Wege zur globalen Demokratie?

Philosophische und politikwissenschaftliche Untersuchungen zur Zukunft einer weltweiten politischen Ordnung

Nach den Ereignissen vom 11. September 2001 mag es so scheinen, als sei jedes Nachdenken über eine internationale politische Ordnung überholt, die die ökonomische, soziale und kulturelle Globalisierung auf demokratische Weise steuern und auf ihre Exzesse mäßigend wirken könnte. Zumindest das Handeln der USA gibt den so genannten Realisten vermeintlich Recht, die immer schon gesagt haben, dass letztlich nur das Eigeninteresse und die Stärke, es umzusetzen, zählen und nicht die Bindung an internationales Recht oder die Willensbildung in internationalen Organisationen. Obwohl vor dem 11. September abgeschlossen, bietet das von dem Frankfurter Philosophen Matthias Lutz-Bachmann gemeinsam mit dem amerikanischen politischen Philosophen James Bohman herausgegebene Buch einen umfassenden Überblick vor allem über die Positionen, die weiterhin keine Alternative zu einer demokratischen globalen politischen Ordnung sehen.

So versammelt der Band, der ein weiterer Beleg für die bereits seit vielen Jahren andauernde und produktive Kooperation zwischen der Saint Louis University und der Johann Wolfgang Goethe-Universität auf dem Gebiet der politischen Philosophie ist, Beiträge von Philosophen und Politikwissenschaftlern, die analysierend und normativ untersuchen, in welcher Verfassung die internationale Ordnung ist und in welcher sie sein sollte. Dem im Titel genannten »Weltstaat« kommen die normativen Überlegungen von David Held (London) und Thomas Pogge (New York) am nächsten. Bescheidenere Ansprüche an eine globale Ordnung artikulieren Otfried Höffe (Tübingen) und Klaus Dicke (Jena), indem sie mit den Vereinten Nationen vor Augen vorschlagen, diese zu einer »subsidiären Weltrepublik« auszubauen, wobei insbesondere für Höffe der klassische Nationalstaat auch in Zukunft wesentlich internationale Instanzen ergänzt. Denn es erscheine

normativ geboten, dass es ein Recht auf Differenz gebe, das sich vor allem in unterschiedlichen lokalen politischen, kulturellen und Rechtsverhältnissen ausdrückt und das letztlich nur global zu sichern ist.

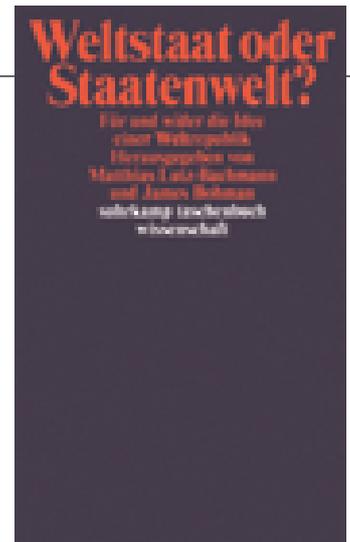
Matthias Lutz-Bachmann nimmt eine Zwischenposition zwischen »Weltstaat« und »subsidiärer Weltrepublik« ein, indem er einerseits für eine verbindlichere Institutionenstruktur auf der internationalen Ebene argumentiert, gleichzeitig aber daraus kein unmittelbares Plädoyer für einen Weltstaat ableitet. Für ihn geht es stattdessen darum, eine mittlere Ebene von Kontinentalstaatlichkeit (wie sie beispielsweise die Europäische Union darstellt) ins Spiel zu bringen, um den Frieden so effizienter zu sichern. James Bohman stellt die grundsätzliche Frage, ob die globale politische Ordnung, die anzustreben ist, überhaupt nach dem Vorbild der demokratisierten Nationalstaaten zu denken ist oder ob nicht vielmehr, etwa unter dem Titel der Governance, neue Weisen der wechselseitigen Abhängigkeit und Steuerung von ökonomischen und politischen Prozessen zu suchen und/oder weiterzuentwickeln sind. Ähnlich verteidigt Rainer Schmalz-Bruns (Darmstadt) die Anstrengung, das faktische und begriffliche Versagen des Nationalstaats dazu zu nutzen, eine Konzeption reflexiver globaler oder regionaler Staatlichkeit neu zu formulieren. Eine solche reflexive Staatlichkeit würde aufgrund der beständig möglichen Revision ihrer Instanzen mit dem klassischen Staat letztlich nur noch den Namen teilen.

Im Gegensatz zu diesen Ansätzen, der ökonomischen, kulturellen und sozialen Globalisierung auch eine starke globale oder zumindest kontinentale politische Ordnung an die Seite zu stellen, bestreitet eine zweite Gruppe von Autoren die Notwendigkeit und Berechtigung eben solcher Ansätze. So wendet Peter Malanczuk (Rotterdam) ein, dass der faktische Verlauf der Globalisierungsprozesse nicht notwendig den Niedergang des klassischen

Staates, sondern vielleicht eher dessen Stärkung mit sich bringt. Auch Lothar Brock (Frankfurt) warnt davor, sich zu schnell vom souveränen

Matthias Lutz-Bachmann, James Bohman (Hrsg.)

Weltstaat oder Staatenwelt? Für und wider die Idee einer Weltrepublik.
Verlag Suhrkamp, Frankfurt, 2002, ISBN 3-518-29066-5, 325 Seiten, 13 Euro.



Einzelstaat und der auf seiner Basis entstandenen Völkerrechtsordnung zu verabschieden; dies trage nicht zur weltweiten Friedenssicherung bei, eine militärisch gestützte Weltinnenpolitik könne eher das globale Gefüge destabilisieren. Demokratietheoretisch fordert schließlich Ingeborg Maus (Frankfurt), am Nationalstaat und seiner spezifischen Verbindung von Rechtsstaatlichkeit und Volkssouveränität festzuhalten, da alle im Moment erreich- und denkbaren höheren politischen Ordnungen diese Verbindung auf Kosten der Volkssouveränität auflösen müssen.

Das Buch »Weltstaat oder Staatenwelt?« zeichnet eher ein Bild der komplexen Anforderungen, vor denen wir theoretisch und politisch-praktisch stehen, als dass es bereits definitive Antworten bereithält. Allein dieser Offenheit und nicht der Überzeugungskraft der Argumente ist es sicherlich auch geschuldet, dass der Band mit einem einseitigen, neoliberalistischen Lob der Globalisierung von Rainer Hank (Frankfurt) und Norbert Berthold (Würzburg) endet. ◆

Der Autor

Dr. Andreas Niederberger ist wissenschaftlicher Assistent im Institut für Philosophie.

Mehr als eine Hauszeitschrift: Liebling des Feuilletons

»Rg – Rechtsgeschichte« – Über die neue Zeitschrift
des Max-Planck-Instituts für europäische Rechtsgeschichte

Dass wissenschaftliche Fachzeitschriften in der einem weiteren Publikum verpflichteten Tagespresse überhaupt wahrgenommen werden, hat Seltenheitswert. Noch seltener und bemerkenswerter ist es aber, wenn gar das Debüt einer wissenschaftlichen Fachzeitschrift auf eine derartige Resonanz stößt, wie es jüngst geschah: Der Berliner »Ta-

Journal«. Anders zudem, als es auf der Internetseite der Neuerscheinung (www.rg-rechtsgeschichte.de) heißt, figuriert Michael Stolleis, der zusammen mit Dieter Simon »Ius Commune« herausgab, augenscheinlich nicht als Mitherausgeber für »Rechtsgeschichte«.

»Ius Commune«, 1967 gegründet, war, wie es die »Süddeutsche Zeitung« beschrieb, »ein in Leinen gebundenes, schwergewichtiges Jahrbuch voll gründlicher Abhandlungen und einem auffällig sorgfältigen Rezensionsteil«, »ein Jahrbuch wie viele, nur etwas besser«. Wenn »Ius Commune« geachtet wurde, so galt die Liebe des Feuilletons und die Furcht der Fachs jedoch dem Rechtshistorischen Journal, weil es – wie die »FAZ« in ihrem damaligen Nachruf unter dem Titel »Letzte Bisse« schrieb – auf das sanfte Tadeln und Mäkeln, auf das Rücksichtnehmen auf Rang und Stand, das Verschweigen und Versiegeln gravierender Probleme des eigenen Faches verzichtete.

Dass nun »Rechtsgeschichte« Charakteristika beider Publikationen vereint, nimmt nicht wunder für den, der einen Blick auf die Besetzung der Redaktion wirft: Der Herausgeberin Fögen, einer ehemaligen Redakteurin des »Rechtshistorischen Journals«, stehen auch ihr damaliger Nachfolger Rainer Maria Kiesow und der letzte »Ius Commune«-Redakteur Karl-Heinz Lingsens zur Seite. Das zeigt sich auch beim äußeren Erscheinungsbild: Die etwa Kontaktprint-großen Fotografien wären in »Ius Commune« so undenkbar gewesen wie der professionelle Satz im Rechtshistorischen Journal. Neu hingegen ist der großzügige, zur Glosse einladende Seitenrand, der mit dem Ende der 1990er aufgekommenen, modernen Zeitungslayout korrespondiert.

Inhaltlich gliedert sich »Rechtsgeschichte« nach dem Willen der Herausgeberin und Redaktion in die Kolumnen »Debatte«, »Recherche«, »Kritik« und »Marginalien«. Im Forum »Debatte« geht es noch etwas

müde zu, wie auch die »FAZ« meinte. Marie Theres Fögen hält dort so etwas wie eine Regierungserklärung als neue MPI-Direktorin über ihr Verständnis von Rechtsgeschichte als Geschichte der Evolution eines sozialen System und lässt Simon Roberts, Marc Amstutz, Horst H. Jakobs und Egon Flaig sich damit auseinandersetzen. Dass die Rg-Redaktion allein in dieser Sparte auf ihre ansonsten gepflegte und vom »Rechtshistorischen Journal« übernommene Gewohnheit verzichtet, Titel und Rang der Autoren ungenannt zu lassen, wirkt markant: Anscheinend ist sie selbst nicht gänzlich von der besonderen Güte dieser Texte überzeugt.

Lebhafter geht es in der Sparte »Recherche« zu. Hier finden sich neben den langen, nicht nur in deutscher Sprache geschriebenen Abhandlungen, für die »Ius Commune« insbesondere stand, auch die Nachrufe (auf den Philosophen Hans Gadamer und den Kabarettisten Matthias Beltz) in der Tradition des Journals, die sich in ihrem persönlichen Einschlag so wohltuend von Kanzleistil und Verlogenheit anderer Organe abheben. Einer davon kommt als Comic daher.

Der gleichfalls ausführliche Rezensionsteil vereint die Stärken beider bisheriger Publikationen, Pointhiertheit und Präzision, – auch wenn da etwas radfahrerhaft eine Publikation mit studentischer Beteiligung dafür getadelt wird, dass die studentischen Beiträge ein entsprechendes Niveau haben. In den »Marginalien« findet dann eine Begegnung E.T.'s und Durs Grünbeins in Rom ebenso Platz wie eine im Faksimile abgedruckte Bescheinigung aus dem Jahr 1942 über die Wehruntauglichkeit des Dackels Atta Troll. ♦

Der Autor

Harald Wiggernhorn, nach studienbegleitender Journalistenausbildung in München nun Presserechts- und Urheberrechtsanwalt in Hamburg, war von 1998 bis 2000 Doktorand am Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte in Frankfurt.



Marie Theres Fögen (Hrsg.)
**Rechtsgeschichte. Rg. Zeitschrift des
Max-Planck-Instituts
für europäische
Rechtsgeschichte.**
Klostermann Verlag, Frankfurt, 2002,
ISSN 1691-4993,
310 Seiten, 28 Euro.

gesspiegel« etwa bemühte sich liebevoll-euphorisch, seine Leserschaft »von der interessantesten deutschen Zeitschriftenneugründung« nicht dadurch abzuschrecken, dass er allzu früh ihren Namen verriet. Tagespiegel-Autor Gregor Dotzauer meinte gar, allein ein paar Stichworte aus dem ersten Band würden für »Merkur«, »Lettre international« und »Sinn und Form« zusammen reichen«. Und in der »Süddeutschen Zeitung« deklarierte Gustav Seibt das in Frankfurt beheimatete Institut, dessen Hausorgan die neue Zeitschrift sein soll, zur »derzeit lebhaftesten, intellektuell brillantesten Ideenschmiede der Sozial- und Geschichtswissenschaften in Deutschland«. Gemeint war mit dieser Lobrede das Max-Planck-Institut für europäische Rechtsgeschichte, dessen neue Co-Direktorin Fögen nun die künftig zweimal jährlich, im September und März, erscheinende Zeitschrift »Rechtsgeschichte« erstmalig herausgegeben hat.

Anders als Fögen es jedoch in dem Editorial der Erstausgabe verlauten lässt, beerbt »Rechtsgeschichte« nicht allein das bisherige Hausorgan »Ius Commune«, sondern auch das bereits Ende 2001 eingestellte »Rechtshistorische

Rituale des Alltags

Nasebohren, Frühschoppen oder ein Gute-Nacht-Kuss per Telefon

Einhergehend mit Krisen, Zusammenbrüchen und diversen Katastrophen erfinden wir Alltagsrituale, die in ihrer Wiederkehr auch unserem Leben eine gewisse Kontinuität und Stabilität verleihen sollen. (Un-)geliebte Gewohnheiten, kleine Macken und Fast-Neurosen geben ein gewisses Sicherheitsgefühl. Der Mensch braucht Rituale, um etwas aufzuhalten, das verschwinden will, um Geborgenheit zu finden in einem zeitlosen Raum, in dem alles so sein soll, wie es immer war. Rituale geben Rhythmus, Halt, bieten Zuflucht, stabilisieren, verursachen und verhindern Ängste, machen glücklich und sperren ein. Diese keinesfalls erschöpfende Beschreibung vermag nur annähernd den Facettenreichtum der einunddreißig Beiträge dieses Sammelbands anzudeuten. Schon deshalb, weil die Autoren vollständig frei waren, was die Auswahl und die Definition von Ritualen angeht. Das Ergebnis ist äußerst vielfältig, jeder Beitrag regt auf seine Weise zum Nachdenken an – auch oder gerade weil nicht unbedingt auf die Nachvollziehbarkeit des Geschilderten gesetzt wird.

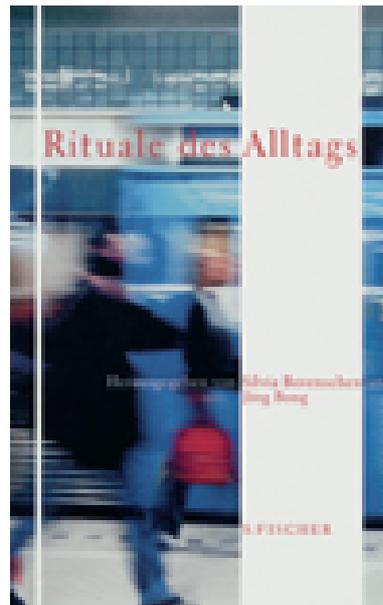
Die Herausgeber Silvia Bovenschen, Literaturwissenschaftlerin, und Jörg Bong, Leiter des deutschsprachigen Programms beim S. Fischer Verlag, erklären in ihrem Vorwort, ein Alltagsritual liege vor, wenn ein Verhalten, ein Handeln, ein Denken, ein Vorstellen, ein Sprechen in einer bestimmten Weise wiederholt werde. Vorgestellt wird eine kunterbunte Sammlung von fiktionalen, autobiografischen und essayistischen Texten, die sich allesamt um ganz persönliche, private Rituale drehen: um den telefonischen Gute-Nacht-Kuss – immer kurz vor dreiundzwanzig Uhr, den samstäglichem Frühschoppen im Kreise der Familie, die Erinnerungen an Kindheitsrituale, an die über die Fiktion des Erwachsenendaseins im Sumpf des Alltags wieder angeschlossen wird. Des Weiteren Nasebohren, tägliches Joggen, Masturbation, Zigarettenrauchen, das Muss, bei jedem Aufräumen etwas auszusortieren und wegzuworfen.

Die Grenzen zur banalen Gewohnheit sind fließend. Zum Ritual scheint mir allerdings etwas Sakrales und geradezu existenziell Bedeutsames zu gehören.

Bei manchen Beiträgen lässt sich der Zusammenhang mit dem Thema bedauerlicherweise auch nach intensivem Nachdenken nicht erschließen. Dafür gibt es wahre Perlen der ganz konkreten Beschreibung innig geliebter Privatrituale. Klaus Reichert, Essayist und Anglistik-Professor an der Universität Frankfurt, beschreibt das Ritual eines Schriftstellers, der seine Schreibutensilien »sanktifiziert«: den Bleistift (damit schreibt er nur Gedichte), den Kugelschreiber (wird benutzt für Vorträge, Aufsätze und Essays), den Füllfederhalter (für Rechtschriften oder Briefe), den Spitzer und den Radiergummi. »Wehe, wenn die Geräte nicht lagen, wo sie zu liegen hatten, oder wenn sie gar zu profanen Zwecken, zur Aufschreibung einer Telefonnummer etwa, entwendet worden waren.« (S. 151) Reichert stellt auch seine eigene Ritualdefinition vor: Rituale sind Standardisierungen der Angstabwehr, und somit neuerungsabstinent. Sie sind konservativ, ortsgelunden, nicht beliebig transportierbar. Ihr fester Ort muss allenfalls nach festen Regeln immer wieder neu herstellbar sein. Sie brauchen die Wiederholung, den immer gleichen Ablauf. Rituale sind von ihrer Herkunft oft »angstlustbesetzt«, indem sie etwas hereinholen und dadurch bannen, was man gelernt hat zu fürchten, folglich auszuschließen, zu tabuieren. Rituelle Standardisierungen geben Sicherheit, sind aber nicht gegeben, sondern funktionieren nur im stets erneuerten Vollzug. Sie haben einen Anfang und ein Ende.

Rituale können aber auch zu sinnlosen Gewohnheiten mutieren. Das zeigt sich im Beitrag »Ritual der Beichte« des Rechtswissenschaftlers Manfred Schiedermaier. Er beschreibt einen Jungen, der häufig in die Kirche ging. Zum Gottesdienst (er war Messdiener) und sowohl zum »Routine-Beichtbesuch«, als auch in dringenden Fällen zur

Beichte zwischendurch. In ihrer Routine blieben diese Rituale unhinterfragt und wurden fortlaufend praktiziert. »Erst als ich über 30 Jahre alt war, wurde mir bei einem eigentlich unbedeutenden, aber doch unvergessenen Gespräch mit einem Freund klar, dass meine Beziehung zur Kirche jede Bedeutung für mich verloren hatte und die Rituale des Kirchgangs und der Beichte für mich leere, sinnlose Hülsen geworden waren. Sie verschwanden aus meinem Leben. Es verschwanden auch die Hölle und der Himmel. Ich empfand darüber keine Traurigkeit, nicht einmal Bedauern, sondern erlebte nur das Gefühl der Befreiung – bis heute.« (S. 253)



Silvia Bovenschen
und Jörg Bong
(Hrsg.)
**Rituale
des Alltags.**
S. Fischer Verlag,
Frankfurt,
2002, ISBN
3-10-003511-9,
287 Seiten,
19,90 Euro.

Aus den unterschiedlichen Beiträgen ergibt sich ein Panorama unseres Alltags, ein Blick auf die alltägliche Komödie – oder auch das Drama – unserer Gegenwartsbewältigung.

Der Band weist gänzlich unterschiedliche Texte auf: wertvoll, anspruchsvoll, manchmal anstrengend. Das Buch ist am besten in Häppchen zu genießen, aber das kann ja auch zum Ritual werden. ♦

Die Autorin

Iris Heislitz studiert Kulturanthropologie, Europäische Ethnologie und Soziologie in Frankfurt.