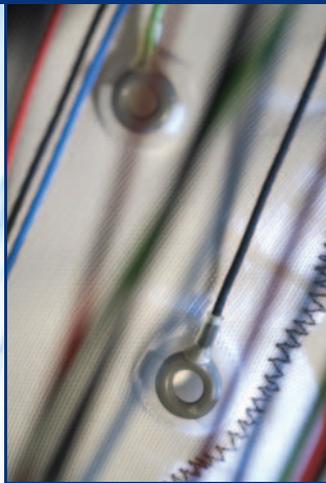


# NATUR & GEIST

Das FORSCHUNGSMAGAZIN der Johannes Gutenberg-Universität Mainz



JOHANNES  
GUTENBERG  
UNIVERSITÄT  
MAINZ

2004, 20. Jahrgang



Univ.-Prof. Dr. Volker Hentschel  
Vizepräsident für Forschung

Vor einigen Jahren stellte die Johannes Gutenberg-Universität Mainz die Herausgabe ihres Forschungsmagazins ein. Wir meinten damals, uns das Magazin bei knapper Kasse nicht mehr leisten zu sollen. Die Einstellung hinterließ eine Lücke. Sie hinterließ eine Lücke im Selbstverständnis und in der Außendarstellung unserer Universität. Die Lücke wurde im Laufe der Zeit nicht kleiner. Sie wurde vielmehr zusehends stärker als Ausdruck eines Mangels empfunden. Schließlich gelangten wir zu der Einsicht, dass eine große und ehrgeizige Universität es sich nicht leisten könnte, kein Periodikum zu haben, in dem sie sich als Forschungseinrichtung darbietet. Deshalb haben wir uns dazu entschlossen, die Herausgabe des Forschungsmagazins wieder aufzunehmen und dabei zugleich dessen Erscheinungsbild ein wenig zu verändern.

Die Johannes Gutenberg-Universität vergewissert sich (auch) damit ihres Anspruchs, „Universität“ zu sein, eine Einrichtung mithin, in der Lehre und Forschung zusammengehören, in der gute Lehre von guter Forschung abhängt und in der gute Forschung über ihren Eingang in die Lehre hinaus gesellschaftlichen Nutzen stiftet. Käme der Universität die Fähigkeit abhanden, Forschung auf hohem und höchstem Niveau zu leisten, dann käme sie sich selbst abhandeln.

Das darf nicht sein und ist dennoch nicht kurzweg auszuschließen. Die universitäre Forschung ist unter Druck. Sie leidet Mangel an dem, dessen sie außer Neugier, Phantasie und Leidenschaft der Forscher am meisten bedarf. Sie leidet Mangel an Zeit, Stetigkeit der Forschungsbedingungen und Geld. Es könnte unter solchen Umständen dahin kommen, dass Hochleistungsforschung in absehbarer Zeit nur noch an außeruniversitären Forschungsinstituten möglich ist. Der Prozess ist im Gang und er gewinnt an Eigen-dynamik. Wir sind dazu aufgerufen, ihm durch die Einwirkung auf Politik, Wirtschaft und sonstige Öffentlichkeit, aber auch durch praktisch wirksame Selbstbesinnung Einhalt zu tun.

Ein Forschungsmagazin sollte dabei helfen können. Es sollte innerhalb der Universität Interesse an der Vielfalt der Forschungszwecke, Verständnis für die disziplinären Besonderheiten der Forschungsbedingungen sowie Stolz auf die Qualität der Forschungsergebnisse wecken und bei alledem zu

fächerübergreifender Zusammenarbeit anregen. Und es sollte außerhalb der Universität vom erhaltenswerten und förderungswürdigen Rang und Nutzen universitärer Forschung in deren Vielfalt künden. Wir sind zuversichtlich, dass unser neues Magazin dies tut.

Das alte Forschungsmagazin der Johannes Gutenberg-Universität hatte keinen Namen, das neue nennen wir „Natur und Geist“. Der Name macht – trivialerweise – kenntlich, worum es aller wissenschaftlichen Forschung letztlich zu tun ist, und er weist – programmatischer Weise – darauf hin, dass die Johannes Gutenberg-Universität ein Ort sein will, an dem sowohl geistes- wie naturwissenschaftliche Forschung auf hohem Niveau getrieben wird, an dem beide einander achten und an dem sie in dem Bewusstsein miteinander kooperieren, dass die Gesellschaft beide braucht und dass sie selbst einander brauchen.

Das vorliegende Heft ist ein Beginn, wenn schon ein Wiederbeginn. Wir wollen darin zunächst einmal die Spannweite und die Vielfalt der Forschung an der Johannes Gutenberg-Universität vor Augen führen. Was dabei herausgekommen ist, mag ein wenig unsystematisch und zufällig anmuten. Das ist es auch, entspricht im Übrigen dem Begriff „Magazin“, soll aber dennoch nicht so bleiben. Von der nächsten Ausgabe an werden wir „Themenhefte“ machen. Anregungen dazu und die aktive Mitwirkung daran sind willkommen.

Vorerst aber wünschen ich Ihnen bei der Lektüre dieses Heftes aufschlussreiche Einsichten und ein wenig Freude.

Ihr

**Notabene:** Die Herausgabe des Heftes beansprucht keine universitären Mittel. Sie wurde vielmehr von einer großzügigen Spende der Landesbank Rheinland-Pfalz ermöglicht, für die ich dem scheidenden Vorsitzenden des Vorstandes, Herrn Dr. Klaus Adam, und seinem Nachfolger, Herrn Dr. Friedhelm Plogmann, sehr herzlich danke.

*Technische Korunde  
für Industrie, Labore, Institute*



**GROH + RIPP**



**GROH + RIPP**

Inh. Stefanie Ripp

IMPORT - EXPORT

Tiefensteiner Straße 322a

**55743 Idar-Oberstein**

Tel. 06781/9350-0 • Fax 06781/935050

info@groh-ripp.de • www.groh-ripp.de

DIE EDELSTEINSCHELEIFEREI FÜR IHRE SPEZIELLEN WÜNSCHE

INHALT

**„Die troposphärische Eisphase“:  
Ein neuer Sonderforschungsbereich in Frankfurt, Mainz und Darmstadt**  
Von Stephan Borrmann \_\_\_\_\_ 4

**Neue Materialien mit hoher Spinpolarisation**  
Von Claudia Felser \_\_\_\_\_ 7

**Deutsche Banken in Schwellenländern: Finanzkrisen und Basel II**  
Von Thorsten Nestmann, Beatrice Weder und Michael Wedow \_\_\_\_\_ 11

**Zwischen Memphis und Theben: Die Gräber politischer Drahtzieher in Assiut/Mittelägypten**  
Von Ursula Verhoeven-van Elsbergen \_\_\_\_\_ 14

**Dynamische Räume des Wissens**  
Von Mechthild Dreyer und Kerstin Rüther \_\_\_\_\_ 18

**Weichenstellungen für die Gesundheit der Zukunft aus dem Wissen um die Vergangenheit:  
Genomforschung, Geschichte und Ethik**  
Von Norbert W. Paul \_\_\_\_\_ 21

**Die Menschenwürdegarantie des Grundgesetzes – damals und heute**  
Von Uwe Volkmann \_\_\_\_\_ 25

**Atherosklerose – Eine Überlastung des Lipid-Transportsystems**  
Von Sucharit Bhakdi \_\_\_\_\_ 28

**Alterserkrankungen des Nervensystems:  
Die Pathobiochemie auf der Suche nach neuen Therapien**  
Von Christian Behl und Albrecht Clement \_\_\_\_\_ 31

**Die  $\alpha$ -Sekretase – ein Schlüsselenzym für die Therapie der Alzheimer-Krankheit**  
Von Falk Fahrenholz \_\_\_\_\_ 37

**Experimentieren mit den kältesten Objekten des Universums**  
Von Immanuel Bloch \_\_\_\_\_ 42

**Sommerliche Wetterextreme: Zufall oder Zeichen?**  
Von Volkmar Wirth \_\_\_\_\_ 46

**Neuroglobin und Cytooglobin: Zwei neu entdeckte Atmungsproteine in menschlichen Zellen**  
Von Thorsten Burmester und Thomas Hankeln \_\_\_\_\_ 52

**Schnittstelle zwischen künstlerischer Praxis und Forschung**  
Von Carolin Lauer, Kristina Pfarr und Claudia Eder \_\_\_\_\_ 56

**moving images & interfaces: Mit E-Learning zur Mediengestaltung**  
Von Harald Schleicher \_\_\_\_\_ 61

IMPRESSUM

Herausgeber:  
Der Präsident der Johannes Gutenberg-Universität  
Mainz, Univ.-Prof. Dr. med. Jörg Michaelis

Verantwortlich:  
Petra Giegerich, Leiterin Bereich Öffentlichkeitsarbeit

Redaktion:  
Bettina Leinauer

Kontakt:  
Telefon: 06131 39-22369, 39-26112  
Telefax: 06131 39-24139  
E-Mail: [bettina.leinauer@verwaltung.uni-mainz.de](mailto:bettina.leinauer@verwaltung.uni-mainz.de)

Auflage:  
4.000 Exemplare, die Zeitschrift erscheint  
einmal im Jahr

Titelbild:  
Fotodesign Hartmann

Titelgestaltung:  
Tanja Löhr

Vertrieb:  
Bereich Öffentlichkeitsarbeit

Gestaltung und Layout:  
Dinges & Frick, Wiesbaden

Druck und Anzeigenverwaltung:  
Dinges & Frick GmbH  
Medientechnik, Drucktechnik & Verlag  
Greifstraße 4  
65199 Wiesbaden  
Telefon: +49 (0)611 9 31 09 41  
Telefax: +49 (0)611 9 31 09 43 [www.dinges-frick.de](http://www.dinges-frick.de)

# „Die troposphärische Eisphase“: Ein neuer Sonderforschungsbereich in Frankfurt, Mainz und Darmstadt

Von Stephan Borrmann

**Sonderforschungsbereiche sind Ausdruck universitärer Spitzenforschung. Der neue SFB 641 ist nicht nur eine Auszeichnung für die internationale führende Atmosphärenforschung in Deutschland, sondern auch ein Beispiel gelungener Forschungskooperation im Rhein-Main-Gebiet.**

Wenig bekannt ist die Tatsache, dass die meisten Regenfälle auf in den Wolken vorhandenes Eis zurückgehen. Die Wolken, in denen die Temperaturen oberhalb von etwa  $-15\text{ °C}$  liegen, produzieren den sogenannten „warmen Regen“. Hier kollidieren die einige hundert Mikrometer großen Wolkentröpfchen und verfließen miteinander, sodass schließlich millimetergroße Tropfen entstehen. Diese sind dann zu schwer, um von der turbulenten Luftbewegung im Inneren der Wolken am Schweben gehalten zu werden, und die Tropfen fallen als Regen zu Boden. Allerdings entstehen nur etwa zwanzig Prozent der globalen Niederschläge durch den beschriebenen „warmen Prozess“. Bei den übrigen achtzig Prozent der Niederschläge sind die in „kalten Wolken“ vorkommenden Eisteilchen involviert. Das heißt, Eis- und Schneekristalle, Schneeflocken, Graupelkörner und Hagelsteinchen sind zusammen mit den unterkühlten Wassertröpfchen auf irgendeine Weise bei der Entstehung der meisten Niederschläge beteiligt. Dass diese Wolken wirklich kalt sind, zeigen die Temperaturen um  $-40\text{ °C}$  bis  $-60\text{ °C}$ , die in ihnen gemessen wurden und die in den Tropen bis  $-90\text{ °C}$  herunter reichen können. Die mathematische Beschreibung jedes einzelnen der vielfältigen, komplexen physikalischen und chemischen Prozesse, die innerhalb der vereisten Wolken ablaufen, ist nicht nur erforderlich, um die verwickelten Vorgänge grundsätzlich zu verstehen, sondern auch um zutreffende Vorhersagen des Niederschlags zu erhalten. Weiterhin geschieht die Trennung der elektrischen Ladung in positive und negative Ladungszonen im Bereich hochreichender Gewitterwolken durch miteinander kollidierende Eisteilchen. Dies ist eine notwendige Voraussetzung für die Entstehung von Blitzen, was wiederum die chemische Zusammensetzung der Luft beeinflusst, denn Blitze sind die wesentliche natürliche Quelle für Stickoxide. Die Stickoxide spielen in der Atmosphärenchemie eine zentrale Rolle. Die wesentlichen Details der Vorgänge im Zusammenhang mit der Verteilung der elektrischen Ladung in Wolken und der Entstehung von Blitzen sind nur qualitativ verstanden und entziehen sich bisher einer rigorosen physikalischen und mathematischen Beschreibung. Weil den Wolken im Zusammenhang mit der Klimadiskussion und dem anthropogenen Treibhauseffekt eine zentrale Rolle zukommt und weil sie die chemische Zusammensetzung beispielsweise verunreinigter Luft verändern können, ist die Erforschung der Wolkenprozesse – und dabei insbesondere der Vorgänge, die sich auf die Eisphase beziehen – von größter Bedeutung für die Atmosphärenwissenschaft insgesamt und dabei gleichzei-

tig von gesellschaftlicher Relevanz. Die Kondensstreifen, die häufig hinter Flugzeugen auf Reiseflughöhe entstehen, bestehen ebenfalls aus Eisteilchen, sodass auch ein direkter Bezug zu aktuellen und kontrovers diskutierten Umweltfragen besteht.

Diese und eine Reihe weiterer Erwägungen z.B. zum Energie- und Strahlungshaushalt der Atmosphäre bilden den Hintergrund des neuen Sonderforschungsbereiches SFB 641 „Die troposphärische Eisphase – TROPEIS“, der zum 1. Juli 2004 von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt (als Sprecheruniversität) und an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz eingerichtet wurde. Wissenschaftler aus den Mainzer Fachbereichen Physik und Geowissenschaften, den Frankfurter Fachbereichen Geowissenschaften/Geographie und Chemie sowie aus dem Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz (mit den Abteilungen für Luftchemie, Biogeochemie und Wolkenphysik und -chemie) und der Technische Hochschule in Darmstadt (Institut für angewandte Geowissenschaften) arbeiten in insgesamt sechzehn, zu zwei Teilbereichen zusammengefassten Teilprojekten zusammen. Diese Projekte umfassen experimentelle Arbeiten zur Entwicklung neuer Messtechnik, Feldexperimente, bei denen Messungen im Inneren der Wolken und ihrer Umgebung durchgeführt werden sollen, sowie theoretische Studien und numerische Simulationen zu Wolkenprozessen, zum Strahlungs-, Wasserdampf- und Energiehaushalt.

Die Wolkentropfen und Eisteilchen entstehen in der Erdatmosphäre ausschließlich an a priori vorhandenen Aerosolteilchen. Welche Eigenschaften der Aerosolpartikel die Bildung von Eisteilchen ermöglichen oder nur die Entstehung von flüssigen Wassertröpfchen erlauben, ist Gegenstand intensiver Forschung. Beispielsweise ist bekannt, dass von etwa 10 000 Aerosolteilchen in der oberen Troposphäre (also in unseren Breiten zwischen etwa acht und zwölf Kilometer Höhe) nur eines ein Eisteilchen bildet. Welche physikalische oder chemische Eigenschaft dieses Einzelne bevorzugt und wie dadurch alle anderen Teilchen benachteiligt werden, ist unbekannt. Da die Schleierwolken (Cirren) aus diesen Eisteilchen bestehen, wissen wir somit noch immer nicht genau, wie die ubiquitären Cirruswolken entstehen. Aus diesen Gründen sind vier Teilprojekte des SFB 641 Messungen und dahinterstehenden Geräteentwicklungen gewidmet, die sich auf die Eisbildungsfähigkeit des atmosphärischen Aerosols und die Verteilung solcher eisbildenden Partikel in der Troposphäre beziehen.

Wenn der thermodynamische Zustand der Atmosphäre und die vorhandenen natürlichen oder anthropogenen Aerosolpartikel zur Bildung der Eisphase in einer Wolke geführt haben, sind mikrometer- bis millimetergroße Eiskristalle von einfachen Formen, wie hexagonalen Plättchen und Säulen, entstanden, die weiterhin die Bildung hochkomplex geformter Eisteilchen ermöglichen. In einem Teilprojekt des Sonderforschungsbereiches wird eine auf der Holografie beruhende Apparatur entwickelt, mit deren Hilfe man vom Flugzeug aus Hologramme von Eisteilchenpopulationen aufnehmen kann. Im Labor oder digital im Computer rekonstruiert, lassen sich durch die Hologramme dreidimensionale Abbilder der Wolkenteilchen erstellen und hinsichtlich Anzahl, Größe, Partikelform und Bewegungsgeschwindigkeit auswerten, um die heterogene Eisparkelpopulation messtechnisch zu erfassen. Vereiste Wolken beeinflussen die einfallende Sonnenstrahlung in mathematisch nur sehr schwer zu berechnender Weise. Cirren zum Beispiel können unter bestimmten Gegebenheiten Treibhauseffekt-verstärkend und damit erwärmend, unter anderen Bedingungen jedoch wegen der dominierenden Reflexion von sichtbarem Sonnenlicht eher kühlend wirken. Besonders ambivalent verhalten sich in dieser Hinsicht die anthropogenen Flugzeugkondensstreifen und die Cirren, die daraus entstehen. Bei den Betrachtungen des Strahlungstransports durch eishaltige Wolken spielen Formen und Komplexität der Eiskristalle die entscheidende Rolle, denn durch sie wird die numerische Modellierung der Strahlungsbilanz außerordentlich kompliziert und von vielen Annahmen abhängig. Flugzeuggetragene gleichzeitige Messungen der Strahlungsintensitäten und Wolkenteilcheneigenschaften dienen hier zur Eingrenzung der Randbedingungen und ein Teilprojekt ist mit der Entwicklung diesbezüglicher Instrumentation befasst. Eine neuartige Methodik kommt zum Einsatz, bei der ein instrumentierter, spindelförmiger Schleppkörper hinter einem ebenfalls instrumentierten Flugzeug in bis zu zehn Kilometer Abstand wieder einholbar hergezogen wird.

Die Eispartikel in Wolken stellen eine große, reaktive Oberfläche in der Luft dar, an der Spurengase und Aerosolpartikel adsorbiert werden können und an der vielfältige chemische Reaktionen ablaufen. So vermögen Eiskristalle und Schneeflocken die Atmosphäre sehr effizient etwa von anthropogenen Schadstoffen zu reinigen. Allerdings ist auch der Einbau sogenannter Fremdmoleküle in die Eiskristallgitterstruktur physikalisch schwierig zu beschreiben, weshalb im Rahmen eines theoretisch orientierten Teilprojekts quantenmechanische ab-initio Rechnungen und Kraftfeldmethoden zum Einsatz kommen, um atmosphärisch relevante Parameter zur Spurenstoffaufnahme durch Eis abzuleiten. Ziel eines zweiten, verwandten Projekts ist die Untersuchung der Frage, ob Spurenstoffmoleküle tatsächlich direkt in das Kristallgitter eingebaut werden oder ob sie eher durch Lufteinschlüsse und an Verwerfungen oder

Brüchen der Kristallstruktur inkorporiert werden. Bei langsam wachsenden, kleinen, homogenen Eiskristallen ist dieser Effekt vermutlich klein. Bei dem schnellen Wachstum von Graupelkörnern und Hagelsteinen sowie beim Festfrieren unterkühlter, flüssiger Wassertröpfchen nach Kollision mit Eis- und Schneekristallen (also durch die sogenannte „Bereifung“) vermag er jedoch womöglich die wichtigste Rolle für die Spurenstoffaufnahme zu spielen. In mehreren anderen Projekten werden Labormessungen zur Aufnahme von anorganischen und flüchtigen organischen Fremdmolekülen durch das Eis durchgeführt. Neu ist hierbei, dass speziell wachsende oder verdampfende Eisflächen untersucht werden, denn diese verhalten sich bezüglich der Spurenstoffaufnahme wahrscheinlich deutlich anders als im stationären Gleichgewicht vorliegendes Eis. In einem Teilprojekt



Foto: Stephan Borrmann

kommt der weltweit einmalige Mainzer Vertikalwindkanal zum Einsatz, um die Bereifungsvorgänge an schwebenden Eiskörnern und die Aufnahme der Spurengase dabei zu studieren.

Bei der Betrachtung der Erdatmosphäre sind die Wirkungen der Existenz der Eisphase nicht nur auf die Größendimensionen von Kristallen oder Wolken beschränkt. Weil bei der Eisentstehung die sogenannte „latente Wärme“ frei und an die Wolkenluft abgegeben wird, beeinflusst das Eis größere Systeme wie hochreichende, konvektive Wolkenkomplexe bis hin zu tropischen Wirbelstürmen. Auch die global skalige Dynamik der tropischen und subtropischen Zirkulation kann wahrscheinlich von der Existenz der Eisphase und den damit verbundenen Energieumwandlungen beeinflusst werden. Um diese Zusammenhänge zu erforschen, bedarf es der numerischen Simulation der hochkomplexen und nichtlinearen in der Atmosphäre ablaufenden Vorgänge, welche Gegenstand von vier theoretisch ausgerichteten Projekten sind. Während eines davon den Einfluss des Eises auf die hochreichenden Aufwärtsströmungen im Inneren von großen Wolken und die daraus resul-

*In 11,6 Kilometer Höhe durchstößt am 2. März 2004 in der Nähe von Sao Paulo eine hochquellende Cumulonimbus-calvus Wolke aus flüssigen, unterkühlten Wassertropfen (blumenkohlartige Struktur) einen dünnen Schleier (streifige Struktur) aus Eisteilchen.*

tierende (Um)verteilung der Spurenstoffe zum Thema hat, beziehen sich die übrigen theoretischen Teilprojekte auf ganze Tiefdruckgebiete und tropische Orkane (Hurrikane). Hierzu werden modernste Computermodelle, wie beispielsweise das Lokalmodell (LM), das hochaufgelöste Wettervorhersagemodell und das neueste Globalmodell (GME) des Deutschen Wetterdienstes, als Werkzeuge eingesetzt und Daten des Europäischen Zentrums für Mittelfristige Wettervorhersage aus Reading in England verwendet. Ein wesentlicher Aspekt dieser Modellstudien besteht darin, die Erkenntnisse, die aus den anderen Forschungsvorhaben des SFB 641 gewonnen werden, in „modellkompatible“, mathematische Parameterisierungen zu überführen und damit hinsichtlich ihrer Relevanz auf atmosphärische Großstrukturen zu untersuchen.

Mit der Bildung dieses neuen Sonderforschungsbereiches gelang es, an die in der Region seit 1970 – mit einer Unterbrechung von 1997 bis 2004 – verankerten Sonderforschungsbereiche zu Themen der Atmosphärenforschung (SFB 73 „Atmosphärische Spurenstoffe“ und SFB 233 „Chemie und Dynamik der Hydrometeore“) anzuschließen. Derzeit gibt es in Deutschland nur zwei Sonderforschungsbereiche der DFG zu Themen aus der Atmosphärenforschung

Von forschungspolitisch allerhöchster Bedeutung für die deutsche Atmosphärenwissenschaft und damit auch für diesen neuen SFB ist das neue Forschungsflugzeug HALO (High Altitude and Long range research aircraft). Das Bundesministerium für Bil-

dung und Forschung (BMBF) gab am 13. September 2004 bekannt, dass HALO nach mehrjährigen, komplizierten Verhandlungen nun von BMBF, Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) und Max-Planck-Gesellschaft (MPG) gemeinsam finanziert und zur Verfügung gestellt wird. Im Rahmen der ersten Phase des SFB 641 von 2004 bis 2008 wird eine Reihe von Messinstrumenten und experimentellen Techniken entwickelt, die im Hinblick auf HALO konzipiert wurden. Daher leistet der SFB 641 nicht nur wissenschaftlich, sondern auch auf technologischem Gebiet wesentliche Beiträge zur Unterstützung der – laut einem Gutachten des Wissenschaftsrates – international führenden Atmosphärenforschung in Deutschland.

### ■ Summary

Funded by the German Research Foundation (DFG), a new Collaborative Research Center (SFB 641) dedicated to atmospheric research has been established in the Rhine-Main region. Frankfurt University taking the lead, research groups from the University of Mainz, the Max Planck Institute for Chemistry and Darmstadt Technical University conduct a total of sixteen projects concerned with "The Tropospheric Ice Phase". These studies investigate atmospheric ice and snow crystals, graupel and hailstones, as well as aerosol particles and cloud droplets involved in creating airborne ice. The ice phase is of crucial importance to radiative transfer in the atmosphere, to air chemistry, energy redistribution and dynamics.



**Univ.-Prof. Dr.  
Stephan Borrmann**

STEPHAN BORRMANN, geboren 1959 in Mainz, studierte Physik in Mainz und ging nach dem Diplom für einen zweijährigen Forschungsaufenthalt an die Naval Postgraduate School nach Monterey, Kalifornien. Es folgten das Promotionsstudium bis 1991 am Mainzer Fachbereich Physik und ein zweijähriger Postdoc-Aufenthalt am National Center for Atmospheric Research in Boulder, Colorado. Nach drei Jahren am Forschungszentrum in Jülich habilitierte sich Stephan Borrmann 1999 im Fach Meteorologie in Mainz. Seit 2000 ist er Professor für beobachtende und experimentelle Meteorologie an der Johannes Gutenberg-Universität und seit 2001 zusätzlich Direktor (im Nebenamt) der Abteilung für Wolkenphysik und –chemie am Max-Planck-Institut für Chemie. Stephan Borrmann ist Mitglied des DFG Fachkollegiums 313 „Atmosphären- und Meeresforschung“ und Träger des Akademiepreises des Landes Rheinland-Pfalz im Jahr 2004.

### ■ Kontakt:

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Stephan Borrmann**  
Stellvertretender Sprecher des SFB 641  
Institut für Physik der Atmosphäre der  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz und  
Abteilung für Wolkenphysik und –chemie  
des Max-Planck-Instituts für Chemie  
Becherweg 21  
55128 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-23396  
Fax +49 (0) 6131 39-23532  
E-Mail: [bormann@uni-mainz.de](mailto:bormann@uni-mainz.de)  
<http://www.uni-mainz.de/FB/Physik/IPA>.  
<http://www.mpch-mainz.mpg.de/>

## Neue Materialien mit hoher Spinpolarisation

Von Claudia Felser

Immer höhere Speicherdichten sind auf Speichermedien zur Verarbeitung der wachsenden Datenflut notwendig. Ganz neue Konzepte wie die Spintronik<sup>1</sup> versuchen diesen Anforderungen gerecht zu werden. Im Mittelpunkt dieser neuen Elektronik steht nicht die Ladung der Elektronen wie bei der Siliziumtechnologie, sondern der Spin, die Eigenrotation von Elektronen. Gesucht werden daher Materialien mit hoher Spinpolarisation. Optimal geeignet wären Materialien, in denen nur Elektronen einer Spinrichtung am Stromtransport beteiligt sind. Solche Materialien mit 100-prozentiger Spinpolarisation werden als halbmetallische Ferromagneten bezeichnet. Bis heute ist  $\text{CrO}_2$  das einzige Material, das eine hohe Spinpolarisation bei Raumtemperatur zeigt<sup>2</sup>.

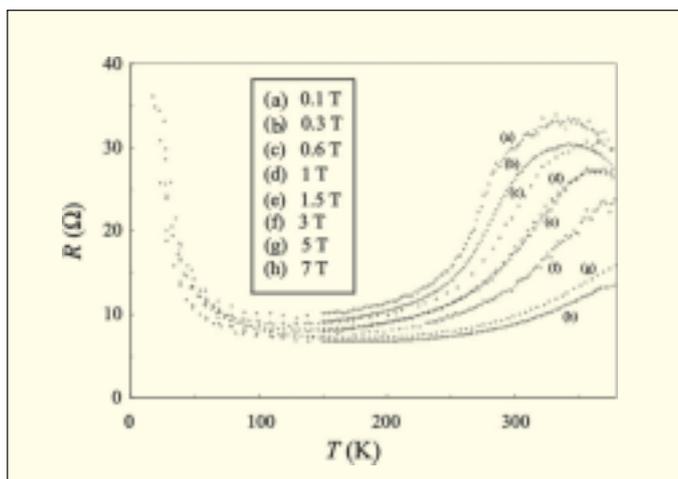
Dabei wurde aufgrund der besonderen elektronischen Struktur der Heusler-Verbindung  $\text{NiMnSb}$  bereits 1983 von de Groot<sup>3</sup> der Begriff halbmetallischer Ferromagnet geprägt. Die Richtigkeit der Begriffsbildung wurde aber bis heute experimentell noch nicht eindeutig belegt<sup>4</sup>. Die von Heusler entdeckten Verbindungen sind Legierungen aus unmagnetischen Metallen, die als Verbindung bis zu einer Temperatur von über  $1200^\circ\text{C}$  ferromagnetisch sein können. Insgesamt gibt es über 500 Heusler-Verbindungen, allerdings nur etwa 30, die oberhalb der Raumtemperatur ferromagnetisch sind.

Die Suche nach neuen magnetischen Materialien für die Spintronik steht seit einiger Zeit im Mittelpunkt der Arbeit der an dieser Forschergruppe beteiligten Festkörperchemiker. Dabei gehen Berechnungen der elektronischen Struktur der Synthese voraus. Die systematische Untersuchung der elektronischen Struktur bekannter Verbindungen mit diesen außergewöhnlichen Eigenschaften hat zur Entwicklung eines einfachen Modells für Riesenmagnetwiderstände geführt. Mit Hilfe dieses Modells<sup>5</sup> werden nun Kandidaten identifiziert und synthetisiert sowie deren elektronische und magnetische Eigenschaften untersucht. Ein erster Erfolg war die Vorhersage und anschließende experimentelle Verifizierung eines Magnetwiderstandes in  $\text{GdI}_2$ <sup>6</sup> mit einem Wert von 350 Prozent bei Raumtemperatur bezogen auf den Sättigungswert in großen Magnetfeldern und immerhin noch 60 Prozent bei 1 Tesla (siehe Abb. 1). Das bedeutet, dass der elektrische Widerstand dieser Verbindung bei Raumtemperatur in einem Magnetfeld von 7 Tesla um den Faktor 3 kleiner ist als ohne Magnetfeld. Allerdings ist  $\text{GdI}_2$  eine

Verbindung, die an der Luft nicht stabil ist. Außerdem tritt der Magnetwiderstand nur bei hohen Magnetfeldern auf.

Technologisch interessant war aber erst die Entdeckung eines hohen Magnetwiderstands in gepressten Granulaten aus dotiertem  $\text{Co}_2\text{CrAl}$ <sup>7-9</sup>. Diese Verbindung weist einen Magnetwiderstands-Effekt von 65 Prozent bei 0.1 Tesla auf. Als Kompositmaterial mit  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Pulver gemischt erhält man sogar einen Wert von 125 Prozent bei 0.1 Tesla und Raumtemperatur (siehe Abb. 2). Diese Ergebnisse konnten durch Coey et al.<sup>10</sup> bestätigt werden. Vor kurzem hat eine japanische Konkurrenzgruppe ein Tunnelmagnetwiderstandselement mit einseitigem Kontakt aus der Heusler-Verbindung  $\text{Co}_2\text{Cr}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{Al}$  vorgestellt, welches bei Raumtemperatur einen Magnetwiderstands-Effekt von 16 Prozent zeigte<sup>11</sup>. Dies entspricht zwar noch nicht einer Spinpolarisation von 100 Prozent, war aber die erste Funktionseinheit mit einer Heusler-Elektrode und mit einem bemerkenswerten Magnetwiderstands-Effekt bei Raumtemperatur. In der Arbeitsgruppe Felser werden im Rahmen der Forschergruppe neue Heusler-Verbindungen, ausgewählt durch Bandstrukturuntersuchungen, nach den Kriterien unseres chemischen Modells präpariert und im Hinblick auf die Eigenschaften Spinpolarisation, Magnetwiderstand und hohe Curie-Temperatur optimiert. In einem iterativen Prozess soll dabei das chemische Modell nach den neuesten physikalischen Erkenntnissen ständig verbessert werden. Verbindungen mit einem Halbleiter-Metall-Übergang bei der Curie-Temperatur zeichnen sich durch vollständige Spinpolarisation aus. Gesucht werden daher auch Heusler-Verbindungen, die einen solchen Übergang aufweisen. Kombinierte Hochtemperatur-Magnetwiderstands- und Strukturuntersuchungen ermöglichen die Einsicht in Struktur-Eigenschaftsbeziehungen dieser komplexen Verbindungsklasse.

**Die Suche nach neuen Materialien, die noch höhere Speicherkapazitäten auf noch kleinerem Raum bieten, läuft auf Hochtouren. Daran beteiligt sind Wissenschaftler aus Mainz und Kaiserslautern, die nun als neue Forschergruppe von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) unterstützt werden.**



**Abb. 1:** Widerstandsverhalten von  $\text{GdI}_2$  als Funktion der Temperatur für verschiedene Felder.

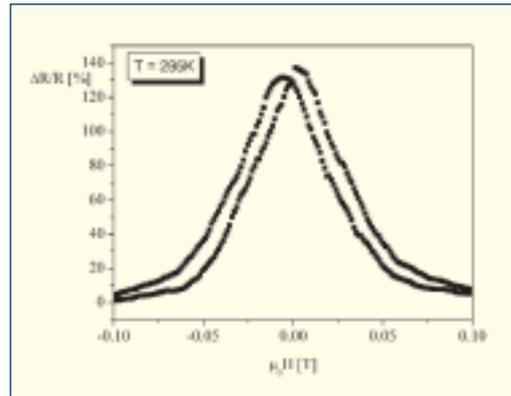
Neben intermetallischen Verbindungen stehen ferromagnetische Doppelperowskite im Mittelpunkt des Interesses der beteiligten Arbeitsgruppen. Die von Kobayashi et al.<sup>7,8</sup> entdeckten Verbindungen  $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$  und  $\text{Sr}_2\text{ReFeO}_3$  weisen ebenfalls einen hohen Magnetwiderstand bei Raumtemperatur auf. Obwohl es sich um eine andere Materialklasse handelt, können ähnliche Fragestellungen mit ähnlichen Methoden untersucht werden. Wie im Fall der Heusler-Verbindungen führte die bisherige Kooperation zwischen Gruppen der Chemie und Gruppen der Phy-

Gegensatz zur herkömmlichen Siliziumspeichertechnologie würden die Information ohne Strom, zum Beispiel bei ausgeschaltetem Computer, nicht verloren gehen. Gerade wegen der hohen Curie-Temperaturen sind sie für potentielle Anwendungen insbesondere auch in der Automobilindustrie als Magnetensoren interessant.

Auch wenn unser phänomenologisches Modell schon recht erfolgreich angewendet werden konnte, bleiben zahlreiche grundsätzliche Fragestellungen noch offen. Zentrale Frage ist die nach dem Grad der Spinpolarisation dieser und weiterer Systeme und nach dem Mechanismus, der zu so großen Effekten führt. Um Funktionseinheiten (Devices) auch für die Computertechnologie herzustellen, muss man nicht nur die Materialien, sondern vielmehr auch deren Oberflächen genau verstehen. Diese und weitere Fragestellungen sollen im Rahmen der Forschergruppe bearbeitet werden.

**Abb. 2:**

Magnetwiderstand als Funktion des Feldes einer Komposit-Probe aus  $\text{Co}_2\text{Cr}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{Al}$  mit 15 Prozent  $\text{Al}_2\text{O}_3$  bei Raumtemperatur (normiert wurde auf die Sättigungsmagnetisierung). Die nach links verschobene Kurve wurde bei fallenden Feldern, die nach rechts verschobene Kurve bei steigenden Feldern gemessen.



sik in Mainz zu interessanten Ergebnissen – und zur Unterstützung der Forschergruppe durch die DFG.

In der Informationstechnologie könnten diese neuen Materialien bei Leseköpfen in magnetischen Festplatten, für Positions- und Winkelsensoren und magnetisch frei adressierbare Speicher (sogenannte MRAM oder magnetic access memory) zur Anwendung kommen. Bei Speichermedien könnte auf viel weniger Platz mehr gespeichert werden und im

### Summary

Materials which display extensive changes in resistivity in response to an applied magnetic field (magnetoresistance) are currently of great interest due to their potential for applications in magnetic sensors, magnetic random access memories, and spintronics – a new kind of electronics based on spin instead of charge. Guided by striking features in the electronic structure of several magnetic compounds, we prepared the Heusler compound  $\text{Co}_2\text{Cr}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{Al}$ , a ferromagnetic half metal. We found evidence for spinpolarized transport at room temperature, indicated by a magnetoresistive effect of 35 % in a small magnetic field of 0.1 Tesla.

### Literatur

- 1 ) G. A. Prinz, *Science* **282** (1998) 1660.
- 2) R. J. Soulen et al., *Science* **282** (1998) 85.
- 3 ) R. A. Groot, F. M. Müller, P. G. van Engen, K. H. J. Buschow, *Phys. Rev. Lett.* **50**, (1983) 20243.
- 4) A. Simon, *Angewandte Chemie, Int. Ed.* **36** (1997) 1789.
- 5) C. Felser and R. Seshadri, *J. Inorg. Mater.* **2** (Raveau Festschrift, 2000) 677.
- 6) C. Felser, K. Ahn, R. K. Kremer, R. Seshadri and A. Simon, *J. Solid. State Chem.* **147**, (1999) 19.
- 7) T. Block, C. Felser, G. Jakob, G. Schönhense, J. Ensling, P. Gütlich und R. J. Cava, *J. Solid State Chem.* **176**, 646 (2003).
- 8) C. Felser, B. Heitkamp, F. Kronast, D. Schmitz, St. Cramm, H. A. Dürr, H. J. Elmers, G. H. Fechter, S. Wurmehl, T. Block, D. Valdaitsev, S. A. Nepijko, A. Gloskovki, G. Jakob, G. Schönhense, W. Eberhardt, accepted *J. Phys.: Cond. Matter* (2003).
- 9) C. Felser, T. Block, Patentanmeldung DE 101 08 760 A1, International H01L43/08 Veröffentlicht (2003).
- 10) E. Clifford, M. Venkatesan, R. Gunning, J. M. D. Coey, *J. Solid State. Com.* Submitted
- 11) K. Inomata, S. Okamura, R. Goto, N. Tezuka, *J. Appl. Phys.* **42**, L419 (2003).



**Univ.-Prof. Dr.  
Claudia Felser**

CLAUDIA FELSER wurde 1962 in Aachen geboren. Sie studierte Chemie in Bonn und Köln und wurde 1994 bei Prof. Hohlneicher in Köln in physikalischer Chemie promoviert. Von 1994 bis 1997 war Claudia Felser am Max-Planck-Institut für Festkörperforschung tätig. Die Tätigkeit wurde von einem einjährigen Forschungsaufenthalt am CNRS Nantes (Frankreich) unterbrochen. 1997 kam sie an die Johannes Gutenberg-Universität Mainz. In den folgenden drei Jahren war sie dreimal als Gastwissenschaftlerin in Princeton (USA). Außerdem nahm sie eine Gastprofessur in Caen (Frankreich) wahr. 2002 habilitierte sie sich in Mainz. Noch im gleichen Jahr erhielt sie Rufe auf C4-Professuren für Anorganische Chemie an den Universitäten Osnabrück und Ulm. Seit Juli 2003 ist sie C4-Professorin für Anorganische und Analytische Chemie an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Claudia Felser**  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Anorganische und Analytische Chemie  
Staudinger Weg 9  
55128 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-26266  
Fax +49 (0) 6131 39-26267  
E-Mail: felser@mail.uni-mainz.de  
<http://www.ak-felser.chemie.uni-mainz.de/>

**BUCHBINDEREI  
SCHULZ** GmbH

- Binden von Examensarbeiten, Diplomarbeiten, Dissertationen
- Kopierservice
- Dissertationsdruck
- Digitaldruck
- Farbkopien bis 300 gr

Am Heckerpfad 12  
55128 Mainz-Bretzenheim  
Tel. 0 61 31 · 3 41 47  
Fax 0 61 31 · 36 61 32

## STARTHILFE FÜR DEN HOCHSCHULNACHWUCHS

### ISB hilft beim Schritt in die Selbständigkeit mit interessanten Förderprogrammen

*Direkt aus der Hochschulforschung mit einer Bahn brechenden Idee oder einem innovativen Produkt in die Selbständigkeit? In den USA ist dieser Weg Gang und Gebe, aber auch an deutschen Universitäten keine Seltenheit mehr. Der Traum vom eigenen Unternehmen muss heute nicht mehr am Startkapital scheitern. Dafür sorgt unter anderem die landeseigene Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) GmbH mit einer speziell auf Existenzgründer zugeschnittenen finanziellen Förderung und einem umfassenden Beratungsangebot.*

Die mittelständische Wirtschaft spielt eine bedeutende Rolle, wenn es darum geht, Arbeits- und Ausbildungsplätze in Rheinland-Pfalz zu schaffen und zu erhalten. Auch gelungene Existenzgründungen tragen dazu bei: ist das neue Unternehmen erfolgreich, entstehen im Durchschnitt drei bis vier neue Arbeitsplätze. Deshalb setzt sich die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) GmbH besonders für die Förderung von Mittelstand und Existenzgründern ein. Die 100prozentige Landestochter hat zahlreiche Programme aufgelegt, mit denen unter anderem auch technologieorientierte Firmengründungen und innovative Unternehmen unterstützt werden.

Besondere Bedeutung kommt in diesem Segment der Finanzierungsform Wagniskapital (Venture Capital) zu, das in Form von Beteiligungen ausgereicht wird. Die ISB bietet hier ein attraktives Instrumentarium an.

Zu diesem Zweck hat die ISB zusammen mit anderen Partnern eine Reihe von Tochtergesellschaften gegründet. Die Venture Capital Gesellschaften der ISB stellen Wagniskapital von i.d.R. bis zu 500.000 Euro vor allem für technologieorientierte und beschäftigungsintensive Unternehmen zur Verfügung. Neben der Bereitstellung von Kapital sorgt die ISB auch für eine fundierte kaufmännische Begleitung der Unternehmen, insbesondere in den Bereichen Marketing und Controlling. Bürgschaften können Fremdkapital für die Hausbanken absichern./

Mit der „Einzelbetrieblichen Technologieförderung“ steht darüber hinaus rheinland-pfälzischen Unternehmen und Existenzgründern ein optimales Instrument zur Mitfinanzierung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zur Verfügung. Viele dieser Vorhaben konnten in den vergangenen Jahren überhaupt erst mit den bewilligten Landesmitteln der „Technologieförderung“ ermöglicht werden. Die Konditionen des Förderprogramms wurden weiter verbessert und die praktische Abwicklung vereinfacht. Damit ist es nicht auf bestimmte technologische Gebiete begrenzt, sondern breit und praxisorientiert angelegt. Das Programm begleitet Unternehmen von der Ideenfindung bis zur Entwicklung eines ersten unverkäuflichen Prototypen. Ein neues, 40 Millionen Euro umfassendes Darlehensprogramm der ISB zur Förderung von Technologie- und Energieprojekten, ergänzt den derzeitigen Förderrahmen. Mit zinsgünsti-

gen Darlehen aus diesem Sonderprogramm werden Investitionen gewerblicher Unternehmen in ihre Forschungsinfrastruktur, in neuartige Produktionsverfahren sowie in innovative Produkte erleichtert. Im Bereich Energie wird die beschleunigte Einführung effizienter und regenerativer Energietechniken gefördert.

Neben diesen technologieorientierten Förderinstrumenten greifen bei Gründungen aus dem Hochschulbereich natürlich auch die Standard-Existenzgründungsprogramme von KfW-Mittelstandsbank und ISB. Aus unterschiedlichen Töpfen könnten hier in der Regel bis zu 75 Prozent des Finanzbedarfs eines Existenzgründers – vor allem für Investitionen – über günstige Darlehen bereitgestellt werden.

Umfassende Informationen gibt es über das ISB-Beraterhotline. Weiterhin stehen Experten der ISB und der KfW Mittelstandsbank, dem Förderinstitut des Bundes, an speziellen Beratertagen auch persönlich für Fragen zu Existenzgründung und Existenzsicherung zur Verfügung. Die ISB ist für Existenzgründer unter den folgenden Rufnummern zu erreichen: Beratung: 06131/ 985-333 (montags - donnerstags 9 bis 18 Uhr, freitags 9 bis 16 Uhr), KfW-Beratungszentrum bei der ISB: 06131/ 985-350.

Die Broschüre „Ihre ersten 7 Schritte in die Selbstständigkeit“ liefert wichtige Adressen und Hinweise auf Förderprogramme samt Rechenbeispielen. Sie kann im Internet der ISB ([www.isb.rlp.de](http://www.isb.rlp.de)) herunter geladen werden.



## Selbstständig: So klappt's!

Wer sein eigenes Unternehmen gründen will, braucht einen kompetenten Partner: Die Investitions- und Strukturbank Rheinland-Pfalz (ISB) GmbH gibt Impulse für Erfolg. Mit Zuschuss- und Darlehensprogrammen aus den Bereichen Regional-, Mittelstands- und Technologieförderung. Mit Wagniskapital für technologieorientierte Einsteiger.

Und: Im Team mit der KfW Mittelstandsbank informieren Experten des gemeinsamen Beratungszentrums über die Fördermöglichkeiten des Bundes.

Wir sind für Sie da: **Rufen Sie uns an.**

**ISB** Wirtschaftsförderung  
Rheinland-Pfalz

Investitions- und Strukturbank  
Rheinland-Pfalz (ISB) GmbH

Holzhoferstraße 4 · 55116 Mainz  
Telefon: 0 61 31.9 85-0  
Telefax: 0 61 31.9 85-2 99  
E-Mail: [isb-marketing@isb.rlp.de](mailto:isb-marketing@isb.rlp.de)

Info-Hotline: 0 61 31.9 85 - 3 33

Infos für Existenzgründer im Internet: [www.isb.rlp.de](http://www.isb.rlp.de)

# Deutsche Banken in Schwellenländern: Finanzkrisen und Basel II

Von Thorsten Nestmann, Beatrice Weder und Michael Wedow

Deutsche Banken gehören zusammen mit den amerikanischen zu den größten Kreditgebern der Schwellenländer (Graphik). Das Kreditvergabeverhalten deutscher Banken ist folglich ein wichtiger Faktor für die Stabilität von Schwellenländern: ein schneller Kreditrückzug kann eine Finanz- und Währungskrise auslösen beziehungsweise verstärken. Zudem wurden in letzter Zeit Befürchtungen geäußert, dass die neuen Eigenkapitalregulierungen (Basel II) zu einer generellen Reduktion der Kreditvergabe an Schwellenländer führen werden. Diese beiden Fragen stehen im Mittelpunkt eines Forschungsprojekts, das wir in Kooperation mit der Deutschen Bundesbank durchführen.<sup>1</sup>

## Das Kreditangebot in Krisenzeiten

Zunächst untersuchen wir das Kreditvergabeverhalten deutscher Banken während der Asien- und der Russlandkrise.<sup>2</sup>

Frühere Studien haben gezeigt, dass Banken zur Übertragung (Contagion) von Währungskrisen beitragen. Konkret bedeutet dies, dass Banken, die hohe Kreditforderungen im ursprünglichen Krisenland hielten, ihre Kreditengagements auch in anderen, sich noch nicht in einer Krise befindenden Ländern deutlich reduzierten.<sup>3</sup> Die Krisenanfälligkeit steigt daher für jene Länder, die Kreditgeber mit einem Krisenland gemeinsam haben („Common lender effect“). Im Grunde handelt es sich hierbei um eine normale Portfolioanpassung, die nicht notwendigerweise mit einer allgemeinen Neubewertung des Kreditrisikos hinsichtlich der Schwellenländer einhergeht.

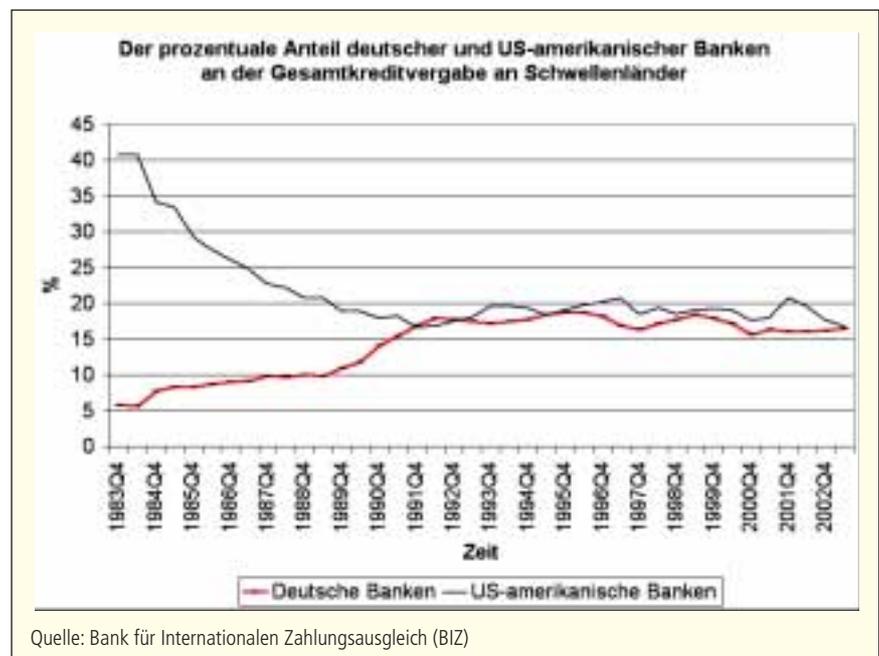
Anders verhält es sich, wenn Banken kurz nach dem Beginn einer Krise ihre Risikowahrnehmung in Bezug auf Schwellenländer generell korrigieren („Wake up call“). Diese Neubewertung der Schwellenländer führt per se zu Kreditabflüssen aus allen Schwellenländern. Für Banken, wie auch für die betroffenen Länder als Kreditnehmer, ist dies von entscheidender Bedeutung, da es zeigt, dass sich die Kreditwürdigkeit eines Landes verhältnismäßig rasch ändern kann, ohne dass diese Entwicklung aus der Datenlage ex ante zu prognostizieren wäre.

Wir analysieren in diesem Zusammenhang, inwieweit die Kreditvergabe in Krisenzeiten auf das makroökonomische Umfeld eines Schwellenlandes (Budgetdefizit, Handelsbilanzdefizit u.ä.) reagiert hat und ob Banken die regionale Zusammensetzung ihrer Kreditportfolios geändert haben.

Unsere Untersuchungen zeigen, dass sich die deutschen Banken in den beiden Krisen recht unter-

schiedlich verhielten. In der Asienkrise vergaben Banken weniger Kredite an Schwellenländer, wenn sie mit hohen Verlusten im Krisenland rechnen mussten („Common lender Effekt“). Außerdem reduzierten sie die Kredite an Länder mit schlechtem makroökonomischem Umfeld und nahmen eine Umschichtung ihrer Kreditportfolios von Asien nach Lateinamerika sowie Osteuropa vor. Im Gegensatz dazu reduzierten Banken während der Russlandkrise ihre Kredite an alle Schwellenländer („Wake up call“ Effekt), wobei weder die erwarteten Verluste in Russland noch das makroökonomische Umfeld der Länder einen Einfluss auf die Höhe der Abflüsse hatten.

**Die deutschen Banken gehören zu den größten Geldgebern der Schwellenländer. Ihre Bereitschaft zur Kreditvergabe hat somit einen wichtigen Einfluss bei Finanz- und Währungskrisen.**



Die Analyse nach Bankengruppen zeigt, dass sich die Großbanken während der Asienkrise aggressiver zurückzogen als die Landesbanken, während in der Russlandkrise die Unterschiede weniger stark ausgeprägt waren.

## Basel II und Schwellenländer

Die zweite Frage, der wir nachgehen, ist, ob die Baseler Regelungen einen Einfluss auf die Kreditvergabe an Schwellenländer haben.<sup>4</sup> Unter dem 1988 beschlossenen Baseler Akkord, kurz Basel I, wurden Kreditrisiken nur geringfügig nach Kreditnehmerart und Laufzeiten differenziert. Dagegen sieht der ab Ende 2006 in Kraft tretende Baseler Akkord (Basel II) vor, die Eigenkapitalunterlegung mit dem tatsächlich zugrunde liegenden Risiko zu verknüpfen. Zur besse-

1 Die den Analysen zugrunde liegenden Daten entstammen der „Evidenzzentrale für Millionenkredite“ bei der Deutschen Bundesbank. In Deutschland sind Banken durch den §14 des Kreditwesengesetzes (KWG) verpflichtet, Kredite mit einem Volumen von über €1,5 Millionen vierteljährlich an die Bundesbank zu melden. Eine Beschreibung der Evidenzzentrale für Millionenkredite findet sich in Deutsche Bundesbank (1998).

2 Siehe Heid et al. (2004).

3 Siehe Rijckeghem und Weder (2003).

4 Siehe Liebig et al. (2004).

ren Kreditrisikodifferenzierung u.a. auch innerhalb einer Kreditnehmerart sollen dann sowohl externe Ratings von Ratingagenturen als auch die internen Ratings der Kreditinstitute verwendet werden.

Die geplante Baseler Eigenkapitalrichtlinie verstärkt somit den Einfluss der Kreditrisiken auf die regulatorischen Eigenkapitalanforderungen.<sup>5</sup> In diesem Zusammenhang wird oft die Befürchtung geäußert, dass es zu einer Einschränkung der internationalen Kreditvergabe an Schwellenländer kommen wird, da diese zum großen Teil niedrige Ratings haben und daher als riskant anzusehen sind. Erste empirische Untersuchungen haben diese Behauptung gestützt.<sup>6</sup>

Ausgangspunkt unserer Untersuchung ist die Hypothese, dass es *nicht* zu einer Verschiebung der Kreditströme kommen wird, wenn das geforderte regulatorische Eigenkapital niedriger ist, als das von Banken gehaltene ökonomische Kapital.<sup>7</sup> Eine zweite notwendige Bedingung hierfür ist, dass die Banken bereits intern das ökonomische Kapital berechnen und ihre Kreditvergabe darauf basieren. In diesem Fall würde das ökonomische Kapital die Grundlage für die Berechnung der Kreditkosten der Bank bilden und damit die Kreditvergabe entscheiden, während das regulatorische Kapital lediglich zur Erfüllung der gesetzlichen Anforderungen dienen würde.

Die erste Bedingung wird untersucht, indem das ökonomische Kapital für die Auslandsportfolien der deutschen Banken geschätzt und anschließend mit dem regulatorischen Eigenkapital verglichen wird. Zur Berechnung des ökonomischen Kapitals wird ein Value-at-Risk-Modell verwendet, um den maximalen Portfolioverlust für ein gegebenes Konfidenzniveau zu ermitteln. Das regulatorische Kapital wird nach den Vorgaben des neuen Baseler Akkords unter Verwendung von externen Ratings berechnet.

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass das ökonomische Kapital das regulatorische Kapital übersteigt und damit für die Kreditvergabeentscheidung entscheidend ist. Für die zweite Bedingung schätzen wir eine dynamische Panelregression und testen die Determinanten der Kreditvergabe. Die empirischen Befunde bestätigen, dass Banken schon in der Vergangenheit ihre Kreditvergabe auf der Basis von Risikomodellen durchgeführt haben. Dies trifft insbesondere

re für Groß- und Landesbanken in den letzten Jahren zu. Insgesamt lässt sich daraus schließen, dass die Einführung des neuen Baseler Akkords auf die Kreditvergabe an Schwellenländer eine geringe Wirkung haben wird.

## Zusammenfassung und Ausblick

Die Kreditvergabe deutscher Banken wurde eindeutig durch Finanzkrisen in Schwellenländern beeinflusst. Da deutsche Banken zu den größten Kreditgebern der Schwellenländer gehören, kann ihr Verhalten in einzelnen Fällen auch dazu beigetragen haben, dass eine Finanzkrise unter den Schwellenländern übertragen wurde. Die Einführung der geplanten Eigenkapitalvorschriften für Banken (Basel II) dürften allerdings keine dramatischen Auswirkungen auf die ausländische Kreditvergabe deutscher Banken zeigen.

Ein zusätzlich zu beachtender Aspekt der internationalen Kreditvergabe deutscher Banken betrifft Staatsgarantien. Es ist bekannt, dass ein Großteil der Kredite insbesondere während der Russlandkrise durch solche Garantien gedeckt war, und es wird vermutet, dass es aufgrund dieser Garantien nicht zu einem lawinenartigen Abzug der Kredite aus Russland kam. Eine weitergehende Untersuchung wird dieser bislang nicht empirisch nachgewiesenen Annahme nachgehen.

## ■ Summary

In this article we present two joint research projects of the Chair of Beatrice Weder (University of Mainz) and the Deutsche Bundesbank. The first project deals with German bank lending during the Asian and the Russian crises. In the second project we investigate the effects of the new Basel Accord on lending to emerging markets. Both papers use a new micro data set on foreign claims of German banks. The evidence indicates that German banks displayed considerable risk sensitivity during the Asian and Russian financial crises. We also find the new Basel Accord should only have a limited effect on German lending to emerging markets since banks have already adopted a risk sensitive behavior.

## Literatur

Deutsche Bundesbank (1998), *Monatsbericht August*.

Deutsche Bundesbank (2004), *Monatsbericht September*.

Heid, F., T. Nestmann, B. Weder und N. v. Westernhagen (2004), „German bank lending during financial crisis. A bank level analysis“, *Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Supervision No 04/2004*, Deutsche Bundesbank.

Liebig, T., D. Porath, B. Weder und M. Wedow (2004), „How will Basel II affect bank lending to emerging markets? An analysis based on German bank level data“, *Discussion Paper Series 2: Banking and Financial Supervision No 05/2004*, Deutsche Bundesbank.

Rijkemghem van, C. und B. Weder (2003), „Spillovers through banking Centers: A panel analysis“, *Journal of International Money and Finance* 22: 483-509.

Weder, B. und M. Wedow (2002), „Will Basel II affect bank lending to emerging markets?“, *OECD Technical Papers No. 199*.

5 Siehe Deutsche Bundesbank (2004).

6 Siehe Weder und Wedow (2002).

7 Regulatorisches Kapital bezieht sich auf das Kapital, welches Banken nach den Richtlinien des KWG §10 vorhalten müssen, während ökonomisches Kapital auf der Risikoeinschätzung der Kreditinstitute beruht.



**Univ.-Prof. Dr.  
Beatrice Weder**

BEATRICE WEDER, geboren 1965 in der Schweiz, studierte Volkswirtschaftslehre in Basel. Nach einem längeren Auslandsaufenthalt in den USA und Japan, wo sie unter anderem beim IWF und der Weltbank tätig war, wechselte sie 2001 als Professorin an die Universität Mainz. Ihre Forschungsschwerpunkte liegen im Bereich der internationalen Kapitalmärkte und der Reform des deutschen Bankensektors. Seit August 2004 ist sie Mitglied im Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung.



**Thorsten Nestmann**

THORSTEN NESTMANN, geboren 1974 in Heidelberg, studierte Volkswirtschaftslehre in München und London. Seit 2001 ist er als Doktorand am Lehrstuhl von Beatrice Weder tätig. Sein Forschungsschwerpunkt ist das Kreditvergabeverhalten deutscher Banken.



**Michael Wedow**

MICHAEL WEDOW, geboren 1977 in Jena, studierte Volkswirtschaft in Kent und Oxford. Seit 2001 ist er als Doktorand am Lehrstuhl von Beatrice Weder tätig. Seine Schwerpunkte sind die Eigenkapitalregulierung der Banken und internationale Kapitalmärkte.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. rer. pol. Beatrice Weder**  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre, insbesondere  
 Wirtschaftspolitik und Internationale Makroökonomik  
 Jakob-Welder-Weg 4  
 55099 Mainz  
 Tel. +49 (0) 6131 39-20126  
 Fax +49 (0) 6131 39-25053  
 E-Mail: [Beatrice.Weder@uni-mainz.de](mailto:Beatrice.Weder@uni-mainz.de)  
<http://www.macro.vwl.uni-mainz.de/ls/ger/welcome.htm>

Ein Service der



◀ **KD+M** Gruppe

... der Treffpunkt für den Öffentlichen Dienst

**[www.verwaltungstreff.de](http://www.verwaltungstreff.de)**

**Karriereportal  
 Info-Treff  
 Forum**

**... für alle Mitarbeiter und Führungskräfte  
 des Öffentlichen Dienstes.**



ohne sie damals lesen zu können. Sie sind heute von unschätzbarem Wert, da die Grabfronten und andere Bereiche kurz danach durch Steinbrucharbeiten zerstört wurden. Es schlossen sich diverse Raubgrabungen (u.a. mit Dynamit) sowie eine dreimonatige Kampagne des *Institut français* im Jahre 1903 an, die zahlreiche Gräber freilegte und die Museen der Welt mit gut erhaltenen, dekorierten Holzsärgen, den berühmten Soldatenmodellen, Privatstatuen u.a.m. versorgten. Verschiedene Philologen bemühten sich im 19. und 20. Jahrhundert um die Inschriften (das Standardwerk von Griffith stammt aus dem Jahre 1889, die beste Übersetzung von Schenkel datiert von 1965), allerdings fand nie eine Vermessung, archäologische Bauaufnahme oder wissenschaftliche Dokumentation der Gräber mithilfe von Fotos und Faksimiles statt, zumal das Gelände in den letzten Jahrzehnten durch das ägyptische Militär besetzt war und keinerlei Zugang gewährt wurde.

Dies hat sich kürzlich geändert und nachdem ein Survey im vergangenen Jahr die Richtung der nötigen Arbeiten gewiesen hatte, konnte im August und September 2004 in Kooperation mit der Universität Münster (HD Dr. Jochem Kahl) und der Universität Sohag (Prof. Dr. M. El-Khadragy) die erste Kampagne einer breit angelegten archäologischen Feldforschung in Assiut erfolgen. Es handelt sich um die erste Grabung, an der die Mainzer Ägyptologie aktiv beteiligt ist. Diese erste fünfwöchige Kampagne wurde dankenswerterweise vom Forschungsfonds der Universität Mainz finanziert. Die Bauaufnahme der Gräber und ein Plannetz der Nekropole werden von einer Bauforscherin der Universität Bamberg erstellt. Aufgrund der Zusammenarbeit mit den ägyptischen Kollegen erwiesen sich die Genehmigung und Organisation vor Ort als äußerst unproblematisch und freundschaftlich, wenn auch alle Wege in der Stadt und die Fahrten zum Gräberberg aufgrund der starken Anteile koptischer Bevölkerung und den daraus

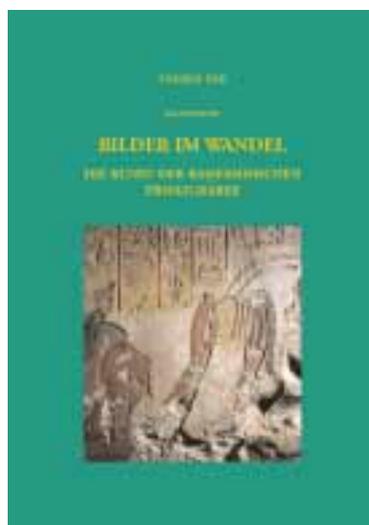


**Abb. 3:** Cheti II. und seine Frau (Assiut Grab IV)

mitunter erwachsenden Spannungen von Polizei und Soldaten begleitet werden müssen.

Die ersten Tage begannen mit der Aufarbeitung der Funde, die D. Hogarth laut Tagebuch 1907 in einer Nische des Grabes IV (Cheti II.) hinterlassen hatte: zahlreiche steinerne Opferbecken, Relief- und Statuenbruchstücke, ein steinernes beidseitig benutzbares Brettspiel, aber auch Steinmeißel, Holz-, Keramik- und Fayencefragmente kamen zutage.

Die Säuberungsarbeiten der Gräber zeigten, dass einstmals ausgedehnte Vorhöfe vor den Felswänden



Eva Hofmann

**BILDER IM WANDEL**

**Die Kunst der Ramessidischen Privatgräber**

Theben · Band XVII

IX, 217 Seiten mit 176 Schwarzweißabbildungen und 32 Farbtafeln mit 93 Abbildungen; Format 25 x 35 cm; geb. mit Schutzumschlag  
ISBN 3-8053-3372-2    EUR 86,-/sFr 141,-

**Gegenstand dieses Bandes ist eine übergreifende stilanalytische Untersuchung der Grabdekoration der 19. und 20. Dynastie. Der Band besticht nicht nur durch eine Vielzahl prachtvoller Abbildungen, sondern auch durch den beachtlichen Anteil unpublizierter Aufnahmen.**



**VERLAG PHILIPP VON ZABERN · MAINZ AM RHEIN**

Vertrieb: P.O.B. 190930 · D-80609 München · Tel.: 089 / 12 15 16-61 / -26  
Fax: 089 / 12 15 16-16 · e-mail: vertrieb@zabern.de · [www.zabern.de](http://www.zabern.de)



**Abb. 4:** Bemalte Gipsschicht über der reliefierten historischen Inschrift (Assiut Grab III)

angelegt waren und der ursprüngliche Fußboden der Grabhallen heute zum Teil bis zu zwei Meter tiefer liegt. Nach der Freilegung der Bodenfläche im Grab Chetis II. wurden am Ende dieser Kampagne die Eingänge zu zwei bislang unbekannt Schächten entdeckt, die sehr wahrscheinlich für die Bestattungen des Grabherrn und seiner Frau dienten, aber erst in der nächsten Kampagne untersucht werden können. Gesäubert wurde im älteren Grab des Iti-ibi bereits Schacht 1, der 6,30 Meter senkrecht ins Felsgestein hinabführt und unten zu einer rechteckigen Grabkammer von 1,40 Meter Höhe ausgebaut wurde. Im Schutt dieses Schachtes fanden sich z.B. auf 30 Zentimeter Tiefe Reste von 300 Dienerfigürchen.

Völlig unpubliziert sind bislang zwei interessante Gräber mit Malereien im Norden der anderen Gräber. Bei dem einen ist nur noch eine stuckierte und bemal-

te Wand erhalten, die aber deutliche Parallelen zu den berühmten Gräbern der Gaufürsten des Mittleren Reiches von Beni Hassan zeigt: Es sind Reste von Ringerpaaren und Soldaten mit verschieden gestalteten großen Schilden zu erkennen. Diese Malereien wurden erstmals aufgenommen und dokumentiert sowie von ägyptischen Spezialisten restauriert.

Für die zukünftigen Kampagnen ist des Weiteren geplant, in interdisziplinärer Zusammenarbeit die einmalige historische Inschrift des Iti-ibi (Grab III), die in Relief ausgeführt wurde, durch ein Thermovisionsverfahren vollständig lesbar zu machen. Sie wurde nämlich etwas später – vielleicht aufgrund der veränderten politischen Lage – mit Gips überzogen, auf den der Grabherr und ein stereotyper Text gemalt wurden. Zu großen Teilen ist diese Schicht bereits abgefallen, sodass wir von der alten Inschrift zumindest Kenntnis haben, im unteren Bereich ergeben sich allerdings noch große Lücken (Abb. 4).

Ein anderer Bereich ausstehender Arbeiten ist das Grab des Gaufürsten Djefai-hapi I. aus der Blütezeit der 12. Dynastie nach der Konsolidierung des Mittleren Reiches. Er spielte zwar politisch keine bedeutende Rolle mehr, konnte sich aber durch die Prosperität seines Gaues ein wirklich fürstliches Grab anlegen. Seine singulären zehn Verträge zur Sicherung seiner Totenopfer wurden bereits vielfach behandelt, während die umfangreichen Malereien im hinteren, dunklen Bereich mit Szenen aus dem täglichen Leben bislang unpubliziert sind.

Daneben zeugen Funde aus dem Alten und Neuen Reich, der Spätzeit und der griechisch-römischen Epoche von zahlreichen Gräbern weiterer Zeiten in dem stark durchlöchernten und verzweigten Gräberberg (Abb. 5), dessen altägyptische Bezeichnung übrigens *Ra-qereret* „Höhleingang“ lautet.

In koptischer Zeit dienten einige Gräber als Wohn- und Meditationsräume und erhielten teilweise einen

**Abb. 5:** Ausschnitt des ausgehöhlten Gräberbergs von Assiut



© J. Kahl

neuen Bodenbelag. Heute liegt zu Füßen des antiken Gräberberges – wo in der Antike sicherlich die Bestattungen der einfacheren Leute angelegt waren – ein ausgedehnter islamischer Kuppelfriedhof (Abb. 6), sodass hier dieselbe Nekropole fast 4500 Jahre durchgehend von den verschiedenen Religionen benutzt worden ist.

Die Texte der assyrischen Fürsten bestechen nicht nur durch ihre gewählte, teils sogar poetische Sprache, sie wurden auch nachweislich als Kopien in die Archive von Theben verbracht, wo sie 1400 Jahre später wieder verwendet wurden. Neben den bereits erwähnten biographischen Texten gibt es darunter ausgefallene formulierte Drohungen, ihren Gräbern keinen Schaden zuzufügen, sondern die Erinnerung wach zu halten, so im Grab IV (Cheti II.):

*„Jeder Schreiber aber, jeder Studierende unter den Handwerkern dieses Gaus, ... der in die Schule gegangen ist und der an dieser Treppe vorbeizieht, in dieses Grab eintritt und seine Beschriftung ganz lässt, der seine Reliefs pietätvoll behandelt, ... der meinen Namen in Erinnerung ruft, der davon berichtet seinen Vätern, Müttern, Frauen, Kindern, Gefolgsleuten und allen Menschen, die nach ihm kommen, soll für seine Stadt ein Greis werden und ein Ehrwürdiger für seinen Gau. ...*

*Jedem Frevler und Widersacher aber, der Unordnung in diesem Grab macht, obwohl er meine Drohungen gehört hat, soll sein Name nicht bleiben, soll kein Begräbnis gehören in der Wüste, er soll für die Verbrecher des Gottes gekocht werden, ... sein Stadtgott soll ihn verabscheuen.“*

■ **Summary**

The tomb inscriptions of the Egyptian governors of Assiut are evidence of their participation in the battles between the Heracleopolites in the North and the Thebans in the South in about 2000 BC. Apart from clearing and documenting, the first joint mission of the Universities of Mainz, Münster and Sohag (started in 2004) resulted in an unparalleled mapping and a unique survey as well as in the exploration and restoration of hitherto unpublished tomb paintings. Numerous findings of different kinds prove the long-term use of the extensive rock necropolis, and thereby testify to the mode of operation of the last excavations approximately 100 years ago.

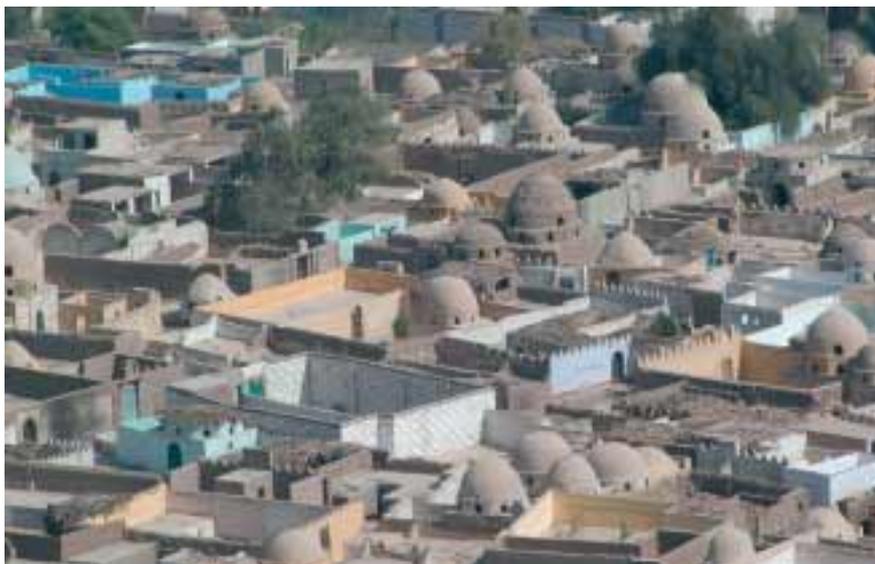


Abb. 6: Islamischer Kuppelfriedhof zu Füßen des antiken Gräberbergs



**Univ.-Prof. Dr. Ursula Verhoeven-van Elsbergen**

NACH DEM STUDIUM der Ägyptologie, Ethnologie und Ur- und Frühgeschichte promovierte Ursula Verhoeven-van Elsbergen 1983 an der Universität Köln mit einer lexikographischen Arbeit über altägyptische Garverfahren. Ein Reisestipendium des Deutschen Archäologischen Instituts führte sie 1985 ein Jahr lang in die Länder des östlichen Mittelmeerraumes. Von 1986 bis 1991 erarbeitete sie im Rahmen eines Projektes der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) die Publikation des 24 Meter langen Kölner Totenbuchpapyrus. Nach einem Habilitationsstipendium habilitierte sie 1994 mit Untersuchungen zur späthieratischen Buchschrift. Drei Semester vertrat sie die Ägyptologie-Professur an der Universität Marburg, 1998 wurde sie zur Professorin an der Johannes Gutenberg-Universität ernannt. Seit 2000 ist sie am Mainzer SFB 295 „Kulturelle und sprachliche Kontakte“ beteiligt.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. phil. Ursula Verhoeven-van Elsbergen**  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Institut für Ägyptologie und Altorientalistik  
 55099 Mainz  
 Tel. +49 (0) 6131 39-25005  
 Fax +49 (0) 6131 39-25409  
 E-Mail: verhoeve@uni-mainz.de  
 www.uni-mainz.de/FB/Philologie-III/aegypt

## Dynamische Räume des Wissens

Von Mechthild Dreyer und Kerstin Rüter

### Die Interaktion zwischen der Stadt und ihren Wissensräumen im Spätmittelalter und in der Frühen Neuzeit.

Mehr als jede andere Epoche tendiert das Mittelalter dazu, selbst abstrakteste Vorstellungen in Bilder zu fassen. Solche allegorischen Darstellungen bieten deshalb einen privilegierten Zugang zur mittelalterlichen Gedankenwelt. Wissen und Wissenschaft, um die es im folgenden Beitrag gehen soll, werden als ein Gesamt von hierarchisch geordneten Disziplinen verstanden. Diese erscheinen, dem grammatischen Geschlecht ihrer lateinischen Namen (*grammatica*, *rhetorica* etc.) und ihres Gattungsbegriffs (*ars*, *scientia*) entsprechend, seit Martianus Capella als Frauengestalten. Ein frühneuzeitlicher Holzschnitt (siehe Abb.) entwirft auf dieser Bildtradition aufbauend eine komplexe Inszenierung des Systems der Wissenschaften, wobei er unterschiedliche Wissenschaftsvorstellungen der Spätantike und des Mittelalters miteinander vermischt. Im Zentrum der Darstellung steht – charakterisiert durch eine Schreibtisch – in zeitgenössischem Gewand die Grammatik. Mithilfe eines Schlüssels (er ist Sinnbild der Kongruenz, der Grundlage jeder grammatischen Theorie) öffnet sie einem Schüler den Eingang zu einem reich verzierten Gebäude, das in sich die Gesamtheit der mittelalterlichen Künste und Wissenschaften beherbergt, repräsentiert durch ihre jeweils prominentesten Vertreter. Dort erwartet den Lernbegierigen ein umfassendes Bildungsprogramm. Zunächst wird er sich im Erdgeschoss den klassischen Lehrbüchern der Grammatik (Donat und Priscian) widmen und so die lateinische Sprache erlernen. Hat er diese strenge Schule über sich ergehen lassen – die auf dem Bild zum Einsatz

kommende Rute des Lehrmeisters ist auch sonst ein Attribut der Grammatik –, kann er im darüber liegenden Geschoss Rhetorik und Logik (Dialektik) studieren. Nun hat er das Trivium durchlaufen, die grundlegende, auf Sprache ausgerichtete Lerneinheit, an die heute noch der Ausdruck „trivial“ erinnert. Sie ist Voraussetzung für das Studium des Quadriviums, dem die Fächer Arithmetik, Musik, Geometrie und Astronomie zugerechnet werden, die allesamt mit Zahlenverhältnissen arbeiten. Hat er auch dieses absolviert, kann er sich Meister der sieben freien Künste (*septem artes liberales*) nennen und sich den hier auch im Wortsinne höheren Wissenschaften widmen: Es sind dies die Physik, die Ethik und schließlich die Metaphysik, die – als Theologie verstanden – auf dem Gipfel des Turmes alles andere überragt. Repräsentiert wird sie durch Petrus Lombardus, jenen Theologen des 12. Jahrhunderts, dessen Sentenzen-sammlung bis zu Luther das verpflichtende Lehrbuch der systematischen Theologie blieb.

Solche konkret-gegenständlichen Versinnbildlichungen geistiger Inhalte gehen auf die aus der Antike stammende *ars memorativa* oder Gedächtniskunst zurück, derzufolge Gedanken, die in eine räumliche Ordnung gebracht worden sind, dem Verstand leichter zugänglich sind. So wird hier die traditionelle Hierarchie der Disziplinen in der architektonischen Vergegenwärtigung greifbar. Doch geht die Wahl des Bildmotivs nicht in seiner didaktischen Funktion auf, denn es lag mehr als nahe, sich Universität und Wissenschaft als einen architektonischen Raum vorzustellen. Das verraten auch die realistischen Elemente, die sich in diese allegorische Landschaft eingeschlichen haben, wie die Darstellung des Elementarunterrichtes im „grammatischen“ Untergeschoss oder die den Bildhintergrund belebende städtische Szenerie. In dieser Perspektive werden aus den allegorischen Mauern reale Mauern, denn Wissenschaft braucht Räume, um sich in der Abgeschiedenheit von lebensweltlichen Zwängen entfalten zu können. Stellten im frühen Mittelalter vor allem die Klöster derartige Schutzräume geistiger Betätigung zur Verfügung, so verlagerten sie sich mit der Gründung der ersten Universitäten in Paris und Bologna zunehmend in ein städtisches Umfeld. Plötzlich sah sich die Wissenschaft hineinversetzt in praktische Lebenszusammenhänge, musste ihre Beziehungen zu diesem Außerhalb neu definieren. Deutlich illustriert der Holzschnitt das Spannungsfeld von Nähe und Distanz, in dem Stadt und Universität zueinander standen. Zwar fügt sich der Turm ins Weichbild der Stadt ein, allgemein zugänglich ist er jedoch nicht. Nur wer die Kunst der Grammatik und damit die lateinische Sprache erlernt – so die Botschaft des Bildes –, dem

### Unsere Buchhandlung



Gutenberg-Buchhandlung

Dr. Kohl

An der Universität

Saarstraße 21

55122 Mainz

Tel: 06131-304790 Fax: 06131-371240  
<http://www.gutenbergbuchhandlung.de>  
[info@uni.gutenbergbuchhandlung.de](mailto:info@uni.gutenbergbuchhandlung.de)



stitutionszusammenhang von epistemischem Wissen und Raum und rekonstruiert die philosophische Kontroverse, ob und wie Wissenschaft den exklusiven Raum der Gelehrtenwelt überschreiten kann und soll. Reflexionen über das Phänomen arkaner Wissensräume spürt auch die Germanistik nach – im literarischen Motiv des Geheimbundes. Die Musikwissenschaft beschäftigt unter anderem die Frage nach dem Auseinanderbrechen von mittelalterlicher Musiktheorie und Praxis in unterschiedliche gesellschaftliche Funktionsräume. Kunstgeschichtliche Projekte widmen sich der Architektur der gebauten Wissensräume und der Verräumlichung von Wissen in medizinischen Illustrationen. Eine Gesamtschau auf das Problem der Raumerfassung und -erfahrung des Bürgertums und sein Verhältnis zu universitären Diskursen wird die Geschichtswissenschaft erarbeiten. Die Kanonistik untersucht aus der gegenläufigen Perspektive den Einfluss, den universitäre Rechtgelehrte im städtischen Raum ausgeübt haben. Zwei (kirchen-) geschichtliche Projekte schließlich widmen sich dem konfessionellen Aspekt: In welchem Verhältnis stehen katholische bzw. evangelische Theologie als Wissenschaften und gesellschaftliche Kräfte

zum städtischen Raum? Alle realgeschichtlich fundierten Einzelstudien des Gesamtprojektes werden – wie erwähnt – an den Städten Mainz und Erfurt durchgeführt, von deren „Wissensgeographie“ so ein möglichst vollständiges Bild erarbeitet werden soll. Indem das Projekt die Entwicklung des universitären Raumes in seinem Verhältnis zu anderen gesellschaftlichen Funktionsräumen rekonstruiert, erhellt es auch einen bisher wenig beachteten Aspekt des nicht immer unproblematischen Verhältnisses von Wissenschaft und Gesellschaft.

**■ Summary**

In late medieval and early modern cities, science is a social subsystem which claims its own spaces. Scholars from the Universities of Mainz and Erfurt are collaborating in the interdisciplinary research project "Dynamic spaces of knowledge in the late medieval and early modern city". Using the cities of Mainz and Erfurt as examples, the project is to examine the relation between space and knowledge on the one hand, and the interaction of spaces of knowledge and the urban context on the other.



**Univ.-Prof. Dr. Mechthild Dreyer**

NACH EINEM STUDIUM der Katholischen Theologie und der Philosophie an der Universität Bonn (Dipl.-Theol. 1980, Dr. phil. 1984) war Mechthild Dreyer als wissenschaftliche Mitarbeiterin/Assistentin (C1) an den Universitäten von Freiburg, Berlin (FU) und Bonn tätig. 1995 wurde sie in Bonn im Fach Philosophie habilitiert und erhielt 1997 den Preis der Nordrhein-Westfälischen Akademie der Wissenschaften. Von 1995 bis 1999 war sie Stellvertr. Direktorin des Albertus-Magnus-Institutes, Bonn. Anfang 1999 folgte die Ernennung zur apl. Professorin an der Universität Bonn. Seit Ende 1999 hat sie die C4-Professur für das Fach Philosophie, insbesondere Scholastische Philosophie, an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz inne. Seit 2003 ist Mechthild Dreyer Sprecherin des IAK Mediävistik und seit 2004 Stellvertr. Vorsitzende des Hochschulrates der Universität.



**Kerstin Rüter, M.A.**

NACH EINEM STUDIUM der Germanistik, Philosophie und Erziehungswissenschaften an der Universität Münster (Magisterexamen 2002) war Kerstin Rüter von August 2002 bis Januar 2003 als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Ruhr-Universität Bochum im Projekt „Sentenzverwendung in höfischen Romanen“ tätig. Seit 2003 ist sie Promovendin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz im Fach Deutsche Philologie/Abt. Ältere Literaturgeschichte. Sie arbeitet seit März 2004 im Projekt „Dynamische Räume des Wissens in der mittelalterlichen und frühneuzeitlichen Stadt“ des IAK Mediävistik und ist seit Oktober 2004 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Deutschen Institut/Abt. Ältere Literaturgeschichte beschäftigt.

**■ Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. phil. Mechthild Dreyer**  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Philosophisches Seminar  
 Jakob-Welder-Weg 18  
 55099 Mainz  
 Tel. +49 (0) 6131 39-22264  
 Fax +49 (0) 6131 39-20889  
 E-Mail: [info@mediaevistik.uni-mainz.de](mailto:info@mediaevistik.uni-mainz.de)  
<http://www.mediaevistik.uni-mainz.de/>

# Weichenstellungen für die Gesundheit der Zukunft aus dem Wissen um die Vergangenheit: Genomforschung, Geschichte und Ethik

Von Norbert W. Paul

Seit dem Sommersemester 2004 ist am Fachbereich Medizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz das Fach Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin vertreten. Damit wurde einerseits eine Forderung der novellierten Ärztlichen Approbationsordnung umgesetzt. Andererseits – und viel wesentlicher – wurde damit dem vermehrten Forschungs- und Klärungsbedarf im Hinblick auf ethische und gesellschaftliche Auswirkungen der modernen Medizin Rechnung getragen. Das ehemalige Medizinhistorische Institut ist im Zusammenhang mit meiner Berufung auf den Lehrstuhl entsprechend der neuen Ausrichtung in Forschung und Lehre in „Institut für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin“ umbenannt worden. Zusätzlich zur Beschäftigung mit medizinhistorischen Entwicklungen gehört die Analyse theoretischer Grundfragen der Medizin und ethischer Probleme im Schnittfeld von Biowissenschaften, Medizin und Gesellschaft zu den zentralen Aufgaben des Instituts. Medizinethik wird dabei explizit nicht im „Elfenbeinturm“ betrieben. Fragen der Forschungsethik werden in großer Nähe zu biowissenschaftlichen Methoden und Themen bearbeitet, Probleme der klinischen

Ethik in enger Anbindung an tagtägliches ärztliches Entscheiden und Handeln. Vor diesem Hintergrund betreibt das Institut für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin unter anderem im Rahmen des Interdisziplinären Arbeitskreises „Recht und Ethik in der Medizin“ den Aufbau einer klinisch orientierten Arbeitsgruppe zum Thema Lebendorganspende, die Etablierung eines Klinischen Ethik-Komitees (KEK) gemeinsam mit Partnern aus klinischen und theoretischen Fächern sowie zahlreiche Fort- und Weiterbildungsinitiativen, etwa die Einführung der problemorientierten Lehre (POL) in Pflichtveranstaltungen. Ab dem Sommer 2005 wird das Institut gemeinsam mit der Fern-Universität Hagen und der Europäischen Akademie zur Erforschung von Folgen wissenschaftlich-technischer Entwicklungen einen Masterstudiengang „Medizinische Ethik“ anbieten.

Im Bereich Forschung ist hervorzuheben, dass im Rahmen des Nationalen Genomforschungsnetzes (NGFN) am Institut erstmals ein primär auf Fragen der Ethik und der medizinischen Technologiefolgenabschätzung (Health Technology Assessment, kurz HTA) ausgerichtetes Projekt etabliert wurde. Dieses

**Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin: Ein neues Fach mit einem innovativen Beitrag im Nationalen Genomforschungsnetz NGFN.**

ALTANA Pharma

## Innovation – Unsere Orientierung.

### Bessere Therapien

ALTANA Pharma ist eine internationale Firmengruppe, die sich auf die Forschung, Herstellung und den Vertrieb hochwirksamer Medikamente spezialisiert hat.

Einen neuen Wirkstoff zu finden, dauert oft Jahre. Bis daraus ein Medikament wird, nochmals. Und häufig ist der Erfolg vorab ungewiss.

Trotzdem forschen wir für Sie und investieren rund 20% unserer Erlöse in die Pharmaforschung, um Ärzten und Patienten auch in Zukunft mit neuen, wirksamen Arzneimitteln helfen zu können.

Im Zuge unseres starken Wachstums haben wir aktuell in unseren Standorten Konstanz und Singen interessante Positionen zu besetzen – unter anderem Einstiegschancen für Bewerberinnen und Bewerber aus den Bereichen Natur- und Wirtschaftswissenschaften, Medizin und Pharmazie, Ingenieurwissenschaften und Informatik.

Wir freuen uns auf Ihre Kontaktaufnahme!  
Geschäftsbereich Personal  
ALTANA Pharma AG  
Byk-Gulden-Straße 2  
78467 Konstanz

### ALTANA Pharma

Therapeutika, Imaging,  
Selbstmedikation (OTC)



ALTANA Pharma AG  
Konstanz

[www.altanapharma.com](http://www.altanapharma.com)

Projekt untersucht die normativen Rahmenbedingungen, unter denen Ergebnisse der medizinischen Genomforschung für die Verbesserung von Prävention im Bereich Public Health eingesetzt werden können. Im Zuge der mit rund 380.000 € geförderten Arbeiten wird unter anderem ein nationales Referenzzentrum zur Technologiebewertung in diesem Bereich, das Public Health Genetics Resource Center (PHG-RC), aufgebaut. Das Mainzer Projekt wird für zunächst drei Jahre gefördert. Es besteht eine enge, vertraglich geregelte Kooperation mit denjenigen Arbeitsgruppen des Nationalen Genomforschungsnetzes, die sich mit Fragen der genetischen Epidemiologie befassen (Koordinator Prof. Max Baur, Bonn). Wichtige Grundlagen für das Projekt gehen aus der Zusammenarbeit mit den Arbeitsgruppen von Prof. Angela Brand aus Bielefeld (Schwerpunkt „Public Health“) sowie mit Jun.-Prof. Peter Dabrock aus Marburg (Schwerpunkt „Gerechtigkeit im

Theorie und Ethik der Medizin untersucht daher die spezifischen Probleme bei der Übersetzung genomischer und genetischer Information in Strategien für medizinisches Problemlösen im Sektor der öffentlichen Gesundheitsvorsorge (Public Health). Ihr Hauptziel besteht in der Aufbereitung von Wissen aus dem NGFN für gesundheitspolitische Entscheidungen und medizinisch sinnvolle, sozial verträgliche und ethisch rechtfertigbare Innovation auf dem Gebiet der Prävention. Was sind die Hintergründe?

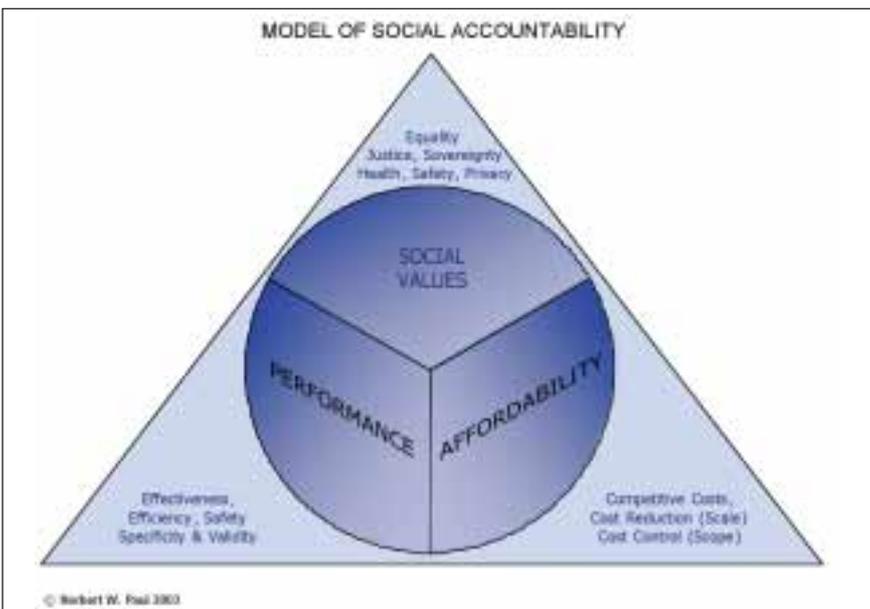
**Von der strukturellen Genomik zur medizinischen Genomforschung**

Das Konzept genetischer Information hat auf der Basis der genombasierten Identifikation von gesundheitsrelevanten Merkmalen neue Ansätze der Prädiktion hervorgebracht (Lenoir 1999). Zwar hat die medizinische Genomforschung zeigen können, dass das Genom in erheblichem Umfang gesundheitsrelevante Informationen trägt, deren Identifikation nicht nur möglich, sondern auch sinnvoll ist. Es ist jedoch vor allem eine große Zahl nicht rationaler, sozialer, politischer und individueller Faktoren, die unsere Lebensbedingungen formt und somit entscheidend für unsere Gesundheit ist.

Aus diesem Grunde benötigen wir ein vertieftes Verständnis davon, wie genetische Eigenschaften, Verhalten und Umwelt in engem gegenseitigem Zusammenspiel unsere gegenwärtige und zukünftige Gesundheit beeinflussen. In der molekularen Medizin wird Risiko daher immer häufiger unter dem Stichwort „Suszeptibilität“ als erbliches oder erworbenes genetisches Merkmal mit prädisponierendem Charakter verstanden, das zu unterschiedlichen Graden in der „Bereitschaft“ des Organismus führen kann, Krankheiten zu entwickeln. Dabei hat sich die molekulare Medizin seit geraumer Zeit von einem so genannten „genetischen Determinismus“ verabschiedet und die Grenzen der genetischen Vorhersagbarkeit von Gesundheit und Krankheit akzeptiert (Holtzman and Marteau 2000; Paul and Ganten 2003).

**Molekulare Risikodiagnostik und klassische Prävention**

Auch im Mainzer Projekt wird eine klare Trennung zwischen der Vorhersage von individuellen, auf jeden Einzelnen bezogenen Gesundheitsrisiken und der Identifikation von Risikogruppen vorgenommen (Juengst 1995; Juengst 1997; Koenig, Greely et al. 1998; Young 1999; Khoury, Burke et al. 2000). Die gegenwärtige biomedizinische Forschung im NGFN hat durch intensive Arbeiten im Bereich der genetischen Epidemiologie den Weg für einen neuen Umgang mit Gesundheitsrisiken und Risikogruppen geebnet. Der Wechsel von der strukturellen Genomik hin zur funktionalen Genomik hat dabei das Szenario grundlegend verändert. Während das Ziel der strukturellen Genomik (NGFN-1) vor allem in der Fertigstellung einer hinreichend genauen Karte des huma-



Das Mainzer Projekt zielt vor allem auch auf die Beachtung sozialer Grundwerte.

Gesundheitswesen“) hervor. Internationale Kooperationen bestehen im Rahmen der Projektarbeit gegenwärtig zu den Arbeitsgruppen von Prof. Gwen Anderson (San Diego, USA), Ron Zimmern (Cambridge, UK) und zum Center for Disease Control and Prevention CDC (Atlanta, USA).

**Medizinische Genomforschung und öffentliche Gesundheit: Ausgangspunkte des Projekts**

Ausgangspunkt für das Projekt „Public Health Genetics: Development, Conception, Normative Evaluation“ war die grundlegende Beobachtung, dass im Zuge der demographischen Veränderungen und der damit einhergehenden Verschiebung des epidemiologischen Spektrums unser Gesundheitssystem vor neue Herausforderungen gestellt ist. Es gilt insbesondere zu klären, wie die nach wie vor primär auf Intervention ausgerichtete Medizin noch sinnvoller durch innovative Ansätze der Prävention ergänzt werden kann. Die Gruppe am Institut für Geschichte,

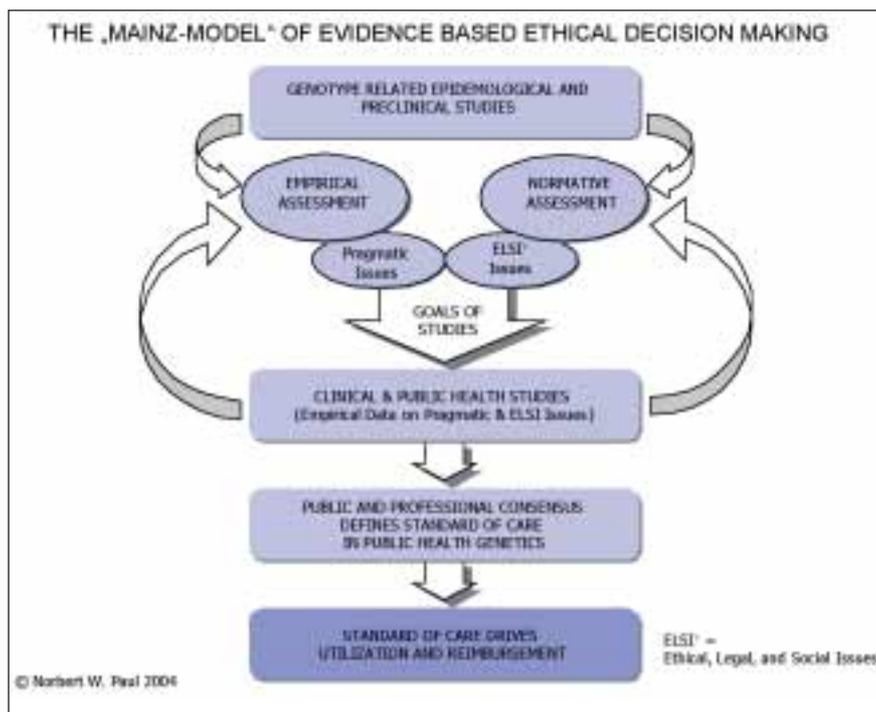
nen Modell-Genoms bestand, sind nun interindividuelle Varianzen bis hinab zu Polymorphismen in einzelnen Säure-Basen-Paaren (so genannten Single Nucleotide Polymorphisms, SNPs) zum zentralen Ansatz für die Erforschung gesundheitsrelevanter genetischer Merkmale geworden (Judson and Stephens 2001). Dies schließt auch multifaktorielle Erkrankungen (etwa Krebs) und Gen-Umwelt-Interaktionen ein (Riley, Allan et al. 2000). So wird Genomik zunehmend interessant für Fragestellungen der Prävention auf dem Gebiet der Public-Health-Forschung, denn die Ansätze – auch innerhalb des NGFN – gehen nun von ätiologischen zu pathogenetischen Fragen über. Gen-Aktivität wird nicht mehr als Ursache von Gesundheit und Krankheit missverstanden, sondern es geht vielmehr darum, Prozesse der Gen-Regulation in ihrer funktionalen Rolle im Zusammenspiel mit umwelt- und verhaltensbezogenen Faktoren der Krankheitsentstehung zu begreifen (Peltonen and McKusick 2001).

### Genetik, Gesellschaft und Verantwortung

Vor diesem Hintergrund ist der populationsbezogene Einsatz der molekularen Medizin für die Verbesserung und Erhaltung der menschlichen Gesundheit nicht länger utopisch. International wird das Thema seit kurzem intensiv erforscht (Khoury, Burke et al. 2000). In Deutschland erfordert die problematische Anwendung populationsbezogener genetischer Modelle in unserer Geschichte vor allem wegen der verhängnisvollen Biologisierung sozialer Eigenschaften unter der Maßgabe der Eugenik im NS-Staat besondere Sorgfalt und Aufmerksamkeit im Umgang mit diesen Themen (Paul and Labisch 2002). So zielt das Mainzer Projekt vor allem auch auf die Beachtung sozialer Grundwerte und die unbedingte Vermeidung genetischer Diskriminierung. Hierfür wurde eigens ein Model sozialer Verantwortbarkeit entwickelt, das neben sozialen Grundwerten auch Fragen der Anwendbarkeit und Finanzierbarkeit biomedizinischer Innovation prüft.

Mit dem Projekt an der Johannes Gutenberg-Universität wird erstmals überhaupt in einem laufenden Großprojekt der biomedizinischen Grundlagenforschung ein Verfahren zur rekonstruktiven Analyse der gegenwärtigen Situation angewandt, um Forschungsziele, Technologiefolgen und Entwicklungspotentiale noch im Forschungsprozess zu evaluieren und anzupassen. Damit unterscheidet sich dieser auf der Mainzer Initiative beruhende Ansatz im NGFN deutlich von der so genannten ELSI-Initiative (ELSI für Ethical, Legal and Social Issues) im Rahmen des von den USA koordinierten Humangenomprojekts, in dem bioethische Reflexion vor allem im Sinne von nachgeordneter Begleitforschung betrieben worden ist. Das Mainzer Modell des auf Evidenz basierenden ethischen Entscheidens ist dabei prinzipiell auch auf andere innovative Bereiche der biomedizinischen Forschung anwendbar.

Das Modell ist vor allem darauf ausgerichtet, die



Auswirkungen biomedizinischer Innovation auf die individuelle und öffentliche Gesundheit sowie auf soziale Werthaltungen kritisch bewerten zu können. Gleiches gilt für die Allokation von Leistungen im Gesundheitssystem. Angesichts knapper werdender Ressourcen im Gesundheitswesen und eines sich rapide verändernden demographischen Profils mit einer Zunahme altersassoziierter chronifizierender Erkrankungen haben die jetzt anstehenden Entscheidungen in der biomedizinischen Forschung generationenübergreifende Reichweite. Somit ist für die Gesundheitsforschung im NGFN die Entwicklung eines heuristischen und praktisch umsetzbaren Modells zur Sicherung von Werten innerhalb des solidarischen Gesundheitssystems unverzichtbar geworden. Im Rahmen des Projekts am Institut für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin werden dazu derzeit die dringend erforderlichen, erweiterten Schlüsselkriterien der sozialen Rechenschaftspflicht (social accountability) biomedizinischer Forschung und Entwicklung erarbeitet und es wird ein später sowohl der Wissenschaft als auch der Öffentlichkeit allgemein zugängliches Ressourcenzentrum aufgebaut.

*Das Mainzer Modell ist prinzipiell auch auf andere innovative Bereiche der biomedizinischen Forschung anwendbar.*

### ■ Summary

History, Philosophy and Ethics of Medicine was established as field of study at Mainz University, starting in the summer semester 2004. This course of studies does not only deal with the historical and societal issues of modern medicine, but also ventures into the spheres of ongoing biomedical research and clinical ethics. For the first time, the German National Genome Research Network supports a project dealing with the ethical and societal implications potentially emerging from the integration of genetics and genomics into the field of public health. The project "Public Health Genetics: Development, Conception, Normative Evaluation" started in November 2004 and is now developing a novel approach to health technology assessment at the interface of reconstructive ethics and translational research into biomedical innovation.

**Literatur**

Collins, F. S. (1999). "Shattuck Lecture - Medical and Societal Consequences of the Human Genome Project." *New England Journal of Medicine* 341(1): 28-37

Holtzman, N. A. and T. M. Marteau (2000). "Will Genetics Revolutionize Medicine?" *New England Journal of Medicine* 343(2): 141-144

Judson, R. and J. C. Stephens (2001). "Notes From the SNP vs. Haplotype Front." *Pharmacogenomics* 2(1): 7-10

Juengst, E. T. (1995). "'Prevention' and the Goals of Genetic Medicine." *Human Gene Therapy* 6: 1595-1605

Juengst, E. T. (1997). "Caught in the Middle Again: Professional Ethical Considerations in Genetic Testing for Health Risks." *Genet Test* 1(3): 189-200

Khoury, M. J., W. Burke, et al., eds. (2000). *Genetics and Public Health in the 21st Century. Using Genetic Information to Improve Health and Prevent Disease*. New York, NY, Oxford University Press

Khoury, M. J., W. Burke, et al. (2000). Genetics and Public Health: A Framework for the Integration of Human Genetics into Public Health Practice. In: *Genetics and Public Health in the 21st Century: Using Genetic Information to Improve Health and Prevent Disease*. M. J. Khoury, W. Burke and E. J. Thomson, eds., New York, NY, Oxford University Press: 3-23

Koenig, B. A., H. T. Greely, et al. (1998). "Genetic Testing for BRCA1 and BRCA2: Recommendations of the Stanford Program in Genomics, Ethics, and Society. Breast Cancer Working Group." *Journal of Womens Health* 7(5): 531-545

Lenoir, T. (1999). Shaping Biomedicine as an Information Science. In: Proceedings of the 1998 Conference on the History and Heritage of Science Information Systems. M. E. Bowden, T. B. Hahn and R. V. Williams, eds., Medford, NJ: 27-45

Paul, N. W. and D. Ganten (2003). Zur Zukunft der Molekularen Medizin. In: *Das genetische Wissen und die Zukunft des Menschen*. L. Honnefelder, D. Mieth, P. Propping, L. Siep and C. Wiesemann, eds., Berlin, De Gruyter: 103-114

Paul, N. W. and A. Labisch (2002). "Health is a Crossroad: Natur und Gesellschaft, Individuum und Gemeinschaft in der öffentlichen Gesundheitssicherung." *Das Gesundheitswesen* 64: 614-622

Peltonen, L. and V. A. McKusick (2001). "Dissecting Human Disease in the Postgenomic Era." *Science* 291: 1224-1229

Riley, J. H., C. J. Allan, et al. (2000). "The Use of Single Nucleotide Polymorphisms in the Isolation of Common Disease Genes." *Pharmacogenomics* 1(1): 39-47

Young, I. D. (1999). *Introduction to Risk Calculation in Genetic Counseling*. Oxford [England]; New York, Oxford University Press



**Univ.-Prof. Dr.  
Norbert W. Paul**

NORBERT W. PAUL, Jahrgang 1964, studierte Philosophie, Geschichte, Germanistik und Medizin in Münster und Düsseldorf. Er war von 1991 bis 1993 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Geschichte und Theorie der Medizin der Universität Münster. Ab 1993 war er wissenschaftlicher Mitarbeiter und Hochschulassistent (C1) am Institut für Geschichte der Medizin der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf. Nach kürzeren Aufenthalten an der Georgetown University, Washington D.C. und der Radboud University Nijmegen, Niederlande nahm er von 1999 bis 2000 eine Position als Visiting Professor und Feodor-Lynen-Forschungsstipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung an der Stanford University, Palo Alto an. Nach der Habilitation im Jahr 2003 folgte zum Sommersemester 2004 der Ruf auf die C4-Professur für Geschichte und Ethik der Medizin an der Johannes Gutenberg-Universität. Norbert Paul ist Leiter des Instituts für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin.

**■ Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. rer. medic. Norbert W. Paul, M.A.**  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Institut für Geschichte, Theorie und Ethik der Medizin  
 Am Pulverturm 13  
 55131 Mainz  
 Tel. +49 (0)6131 39-37355  
 Fax +49 (0)6131 39-36682  
 E-Mail: npaul@uni-mainz.de  
<http://www.uni-mainz.de/FB/Medizin/Medhist/>

# Die Menschenwürdegarantie des Grundgesetzes – damals und heute

Von Uwe Volkmann

Art. 1 Abs. 1 des Grundgesetzes bestimmt: „Die Würde des Menschen ist unantastbar. Sie zu achten und zu schützen ist Verpflichtung aller staatlichen Gewalt.“ In der Auseinandersetzung um die rechtlichen und ethischen Grenzen der Embryonenforschung spielt dieser Satz derzeit wieder eine Schlüsselrolle. Vor diesem Hintergrund soll im Folgenden ein Überblick über die Wirkungsgeschichte der Menschenwürdegarantie gegeben werden. Was bedeutete die Menschenwürde für diese Gesellschaft – und welche Funktion kommt ihr heute zu?

## I.

Das Bekenntnis des Grundgesetzes zur Menschenwürde gehört zum Gründungsmythos der Bundesrepublik: Mit ihm setzte sie sich ab von der noch nahen Vergangenheit und präsentierte sich ihr gegenüber als das ganz Andere. Nach dem Zivilisationsbruch und der moralischen Erschütterung durch den Nationalsozialismus war die Menschenwürde nun das Signal des Aufbruchs und des Neubeginns. Offen und in der Theologie wie in der Philosophie nach vielen Seiten hin anschlussfähig, floss in ihrer Proklamierung schon früh all das zusammen, was für den Bruch mit dem Vergangenen erforderlich und die ganze Bürde des Anfangs zu tragen imstande schien. In diesem Sinne lag in ihr nicht mehr und nicht weniger beschlossen als der geheime Grundkonsens der Gesellschaft: das, was an sich niemand laut hätte aussprechen müssen, weil es jeder wusste und innerlich empfand. Dem entsprach es, dass man den Begriff selbst zunächst einer Definition für überflüssig befand, er war gefühlsmäßig, aus sich heraus verständlich, ohne dass es einer juristischen Übersetzung bedurfte. Von einer „nicht interpretierten These“ sprach Theodor Heuss im Parlamentarischen Rat, und im „Handbuch der Grundrechte“, einem der großen Pflöcke in der Suchbewegung des Verfassungsrechts nach seinem neuen Grund, erklärte Hans-Carl Nipperdey, die Menschenwürde stehe einfach nur für den „Eigenwert und die Eigenständigkeit, die Wesenheit, die Natur des Menschen schlechthin“.

So verkörpert sie den durch keine gegenläufige Erfahrung zu erschütternden Glauben an ein unverlierbares Humanum, an das Bessere und Höhere im Menschen, eine ihm eingeschriebene Ziel- und Daseinsbestimmung, die, seiner physisch-materiellen Existenz vorausliegend, seinem Handeln allererst Richtung und Sinn gibt. Vielleicht war die Menschenwürde so die symbolische Leitformel für die junge Bundesrepublik überhaupt: eine einheitsstiftende Idee, aus der sie ihre moralische Identität bezog – wie kurze Zeit später aus dem Wirtschaftswunder

ihre ökonomische und aus dem Wunder von Bern eine neuartige nationale.

## II.

Es fällt schwer, den genauen Zeitpunkt anzugeben, von dem an die Menschenwürde diese Funktion nicht mehr erfüllte. In der Rückschau ist man geneigt, den Begriff und alles, was in ihm versammelt sein sollte, in den fünfziger und sechziger Jahren noch als weitgehend heil und intakt anzusehen, ohne dass sich dies sicher belegen oder der Verdacht entkräften lässt, man habe sich vielleicht selbst nur vom Mythos des Anfangs blenden lassen. Ein Bemühen um stärkere Konturierung ist immerhin zu erkennen, das schließlich in die allseits akzeptierte Formel Günter Dürigs mündet, Menschenwürde bedeute, dass der Mensch niemals wieder zum bloßen Objekt herabgewürdigt werden dürfe. Aber all dies geschieht weitgehend noch unhinterfragt, ist geprägt von tief empfundenem Respekt. Erst mit Niklas Luhmann, der Mitte der sechziger Jahre die Menschenwürde mit dem kühlen Blick des Soziologen analysiert, kommen ein funktionaler Zugriff und ein Ton ins Spiel, die vorher nicht da waren. Hält man etwa das spezifisch verfassungsrechtliche Schrifttum jener Jahre dagegen, so könnte der Kontrast jedenfalls kaum größer sein. Es sind häufig Texte, die, liest man sie heute, in Wortwahl und Satzmelodie eher Predigten ähneln als juristischen Stellungnahmen; sie sind getragen von einem Pathos und einem Beben in der Stimme, das der Rechtssprache seit jeher fremd war und von dem sich heute auch die Sprache der Moral weit entfernt hat.

Man kann in diesem hohen Ton durchaus den Ausweis der nach- und fortwirkenden Präsenz des Gründungskonsenses sehen, gegenüber dessen Autorität sich jede kritische Nachfrage von selbst verbot. Es ist deshalb auch nur eine scheinbare Ironie, wenn man zugleich beobachten kann, dass die unmittelbare juristische Relevanz der Menschenwürdegarantie vorerst eigenartig schmal bleibt. Die Anwendungsfälle sind begrenzt und werden offenbar bewusst auf kleiner Flamme gehalten. Im Fürsorge- und Sozialhilferecht etwa wird die Menschenwürdegarantie mit dem Sozialstaatsprinzip zusammengebracht und daraus die staatliche Garantie des Existenzminimums abgeleitet. In den Parteiverbotsverfahren der fünfziger Jahre, gegen die SRP und die KPD, taucht sie als Beschwörungsformel am Rande auf. Als aber im eigentlichen Sinne juristischer Begriff, in seiner Rolle als Hebel für die Lösung einzelner Rechtsfälle, blieb die Menschenwürde zunächst eher bedeutungslos; wo von ihr hier die Rede ist, dient sie eher

**Die Menschenwürde ist im Grundgesetz verankert. Ihre Funktion und Bedeutung ist jedoch heute schwieriger denn je zu erfassen.**

der rhetorischen Verstärkung von Entscheidungen, die auch auf andere Weise begründbar gewesen wären. Allerdings flößte die Argumentation mit und aus der Menschenwürde stets Respekt ein: Sie war, sofern rechtliche Regelungen dies überhaupt sein können, ganz offenbar das Haltende der Gesellschaft, das diese, von einer unausgesprochenen Übereinstimmung getragen, nicht beschädigen wollte, und dazu gehörte auch, dass man sie aus allen Fragen des Alltags heraushielt, sie nicht in die „kleine Münze“ umwechselte, wie Dürig warnte.

### III.

Spätestens mit den siebziger und den achtziger Jahren des letzten Jahrhunderts kann von solcher Zurückhaltung freilich nicht mehr die Rede mehr sein. Die Menschenwürdeformel wird nun zunehmend in juristische und politische Kontroversen eingeführt, die alsdann unter Rückgriff auf sie letztverbindlich entschieden werden sollen. Allerdings wandelt sich damit allmählich auch ihre Funktion. Mit disparater gewordenen Moralvorstellungen übernimmt die Menschenwürde nun mehr und mehr die Rolle eines Bollwerks, das bestimmten Entwicklungstendenzen innerhalb der Gesellschaft – Tendenzen der Fragmentierung, Individualisierung, vielleicht auch der Enthemmung – entgegengesetzt wird. So wie sie für die Anfangsjahre der Republik etwas Vorausweisendes hatte, bekommt sie dadurch nun einen rückwärtsgewandten Zug. Ein instruktives Beispiel für diesen Wandel liefert die erste Peep-Show-Entscheidung des BVerwG, in der dieses die Veranstaltung einer solchen Show mit der Begründung untersagte, sie verletze die Darstellerinnen in ihrer Menschenwürde. Aber das überzeugte viele schon nicht mehr. Der Mainzer Rechtsphilosoph Norbert Hoerster stellte aufgrund dieses Urteils den Begriff sogar als Leerformel hin, mit der bloß die je eigenen Moralvorstellungen des Rechtsanwenders zum Inhalt des Rechts erklärt würden. Das BVerwG nahm aufgrund solcher Kritik die Menschenwürde in bezug auf die Peep-Shows aus dem Spiel und ersetzte sie durch deren Wertung als sittenwidrig – ein Votum, nebenbei bemerkt, von ebenfalls begrenzter Halbwertszeit, das angesichts einer weiter voranschreitenden Kommerzialisierung des Sexuellen heute beinahe schon etwas Rührendes hat. Von Würde ist in diesem Zusammenhang dementsprechend nicht einmal mehr ansatzweise die Rede.

Was in der Konsequenz dieses Funktionswandels liegt, ist freilich nicht mehr und nicht weniger als der Verfall der Menschenwürde als einheitsstiftende Idee. In einem tieferen und verstörenden Sinne offenbar wurde dieser indes in der Auseinandersetzung um den damaligen § 218 StGB. Den Frauen, die mit individualisierter Rhetorik auf dem behaupteten Recht zum Schwangerschaftsabbruch beharrten („Mein Bauch gehört mir“), hielt hier in letzter Instanz das BVerfG den Lebens- und Würdeanspruch des Ungeborenen entgegen: Auch das ungeborene

Leben sei menschliches Leben und mit einer Würde ausgestattet, die der Staat notfalls auch gegen die Mutter zu schützen habe. Allerdings tritt nun in der Wirkungsgeschichte der Menschenwürde etwas ein, was es bis dahin nicht gab: Der Begriff, zur abschließenden Entscheidung eines die Gesellschaft aufwühlenden Konflikts in die Waagschale geworfen, befriedet und integriert plötzlich nicht mehr. Die Befürworter einer Reform nehmen das Urteil nicht an, sie arbeiten weiter auf eine Liberalisierung hin, die die vom BVerfG aufgestellten Anforderungen nur äußerlich respektiert, sie aber in Wahrheit unterläuft, während Frauen, denen die Hürden für einen Schwangerschaftsabbruch nach wie vor zu hoch erscheinen, diesen nun im Ausland vornehmen lassen. Man kann in dem Urteil insofern das für jeden sichtbare Zeichen eines Akzeptanzverlusts sehen: Von einer Seite in den Streit geworfen, wird der Würdebegriff nun selbst von ihm erfasst. Er ist zur Waffe in diesem Streit geworden, steht nicht mehr über, sondern miten in ihm.

### IV.

Fragt man von hier aus, welche Funktion der Begriff der Menschenwürde heute erfüllt, so fällt die Antwort nicht ganz leicht. Nicht zu übersehen ist jedenfalls die Unsicherheit, die über ihn und seine Anwendung gekommen ist, seit man ihn aus dem Himmel der Proklamationen hinunter in das Hier und Jetzt der Rechtsordnung geholt und für die Lösung einiger ihrer Schlüsselfragen fruchtbar zu machen versucht hat. Schon das zweite Urteil des BVerfG zum Schwangerschaftsabbruch aus dem Jahre 1993 ist von einer Zwiespältigkeit und inneren Widersprüchlichkeit durchzogen, unter der es als logisches Gebäude zerbricht: Der Staat muss danach, um der Würde des Ungeborenen willen, die Abtreibung als rechtswidrig stigmatisieren, kann sie aber nach Durchführung einer bloßen Beratung der Schwangeren zulassen; sie darf nicht durch die Krankenkassen finanziert werden, aber bei fehlendem Geld soll die Sozialhilfe einspringen. Und so zieht es sich durch: Ob es um die Haftung eines Arztes für ein aufgrund fehlerhafter Beratung zur Welt gebrachtes Kind, um die Zulässigkeit und Grenzen der Sterbehilfe, um die bloß noch mediale Inszenierung und Infantilisierung des Menschen in „Big Brother“ oder den Talkshows des Privat- und mittlerweile auch des öffentlich-rechtlichen Fernsehens geht – auf all diese Fragen sind unter Berufung auf die Menschenwürde entweder ganz gegensätzliche Antworten möglich oder sie spielt für sie von vornherein keine Rolle mehr.

Vollends zu versagen scheint der Rekurs auf die Menschenwürde nun auch vor den Herausforderungen der Biotechnologie, der neuen Schlüsseldebatte. Bislang hat sie nicht mehr ergeben als eine tiefgreifende Verunsicherung und die Erkenntnis, dass sich auch aus im Ausgang allgemein konsentierten Grundprinzipien kein fester Grund mehr gewinnen lässt: So wie Leben und Tod, einst zwei große Halte-

punkte des menschlichen Daseins, von einer festen Größe zu einer Variablen des medizinischen Fortschritts geworden zu sein scheinen, verrücken auch die ethischen Maßstäbe und pluralisieren sich. Wenn sich all dies aber auflöst – was trägt eigentlich dann noch? Die Versuchung lag und liegt nahe, die Antwort auf eine solche Frage noch einmal aus der Menschenwürde und ihrem verfassungskräftigen Ewigkeitsanspruch zu gewinnen, aus ihr einen Damm gegen die Verflüssigung des Menschen zum genetisch formbaren Konstrukt wie gegen genetisch-technische Reproduzierbarkeit überhaupt zu errichten. Aber die Tendenz ist so einheitlich nicht. Längst hat auch unter Juristen ein in jedem Sinne unbefangener und von allen historischen Reminiscenzen freier Umgang mit der Menschenwürdegarantie eingesetzt, der dann etwa in die These mündet, Lebens- und Würdeschutz seien stärker zu entkoppeln, der Embryo könne kaum einen Würde-, sondern allenfalls einen Lebensschutz in Anspruch nehmen, der darüber hinaus aber abgestuft und zudem abwägungsoffen ausgestaltet werden müsse.

#### V.

Was bedeutet dies alles für die Funktion der Menschenwürde in unserer Zeit? Zwei unterschiedliche Deutungen scheinen möglich. Eine hellere, optimistischere könnte etwa an die eher gestiegene Präsenz der Menschenwürdegarantie im öffentlichen Diskurs anknüpfen: Auch wer gegen sie argumentiert, bezieht sich ja immerhin auf sie. Vielleicht wäre es dann gerade ihr Offenes und Unbestimmtes, das der Menschenwürde in einer gewandelten Welt einen neuen Sinn verliehe. Mit ihm könnte sie nach Art einer regulativen Idee gleichsam den imaginären Fluchtpunkt einer Gesellschaft bilden, die auf der Suche nach ihrer verlorenen Einheit ist, aber sich immerhin wenigstens in dieser Suche noch einig weiß. Das wäre dann weit weniger dramatisch, als neuere Verfallsszenarien es vermuten lassen. Indessen ist eine solche Deutung nicht zwingend. Wird der Begriff der Menschenwürde, wie in der Diskussion um die Biotechnologie zu beobachten, von ganz verschiedenen Seiten in die Debatte geworfen, die sich aber beide für ihre Position auf ihn berufen, so könnte man darin auch nur das vorerst letzte Zeichen dafür sehen, dass ihm die sachliche Substanz endgültig abhanden gekommen ist. Die Menschenwürde erschiene dann nur als hohl gewordene Form und allenfalls noch rhetorische Klammer zwischen verschiedenen Wertewelten, die sich aber innerlich längst voneinander verabschiedet haben: keine Einheits-, sondern bloß noch eine Kontingenzformel; eine Sache der Feierstunden, aber ohne jede praktische Relevanz; brauchbar nur noch für die Abgrenzung vom Unrechtsstaat, von der Versklavung oder Entrechtung des Menschen und damit verschoben auf die Lösung von Problemen, die sich hier und heute und für uns gar nicht mehr stellen. Dies wäre die andere, bössere Deutung. Nun muss freilich auch sie

nicht richtig sein. Welche von beiden zutrifft, muss vorerst jeder für sich entscheiden.

#### ■ Summary

In its first and fundamental article, the German Constitution guarantees the dignity of man and regards it as inviolable. Originally conceived as the intrinsic worth inherent in every human being as well as the conceptual basis for human rights, the principle of human dignity has become controversial throughout the last years, particularly due to the discussion on bioethics. Against this background, the article at hand reviews the history of the interpretation of the concept itself and examines its specific social functions under varying external circumstances.



**Univ.-Prof. Dr.  
Uwe Volkmann**

UWE VOLKMANN, geboren 1960 in Lünen/Westf., studierte Rechtswissenschaft an der Universität Marburg. Nach dem Referendariat und mehrjähriger Rechtsanwaltsstätigkeit in Frankfurt a.M. habilitierte er sich nach zwischenzeitlicher Promotion 1998 in Marburg. Seit 1999 ist er Professor an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, seit 2000 Inhaber des Lehrstuhls für Rechtsphilosophie und Öffentliches Recht am Fachbereich Rechts- und Wirtschaftswissenschaften; Arbeitsschwerpunkte sind Staatslehre und Staatstheorie, Grundrechte und Parteienrecht.

#### ■ Kontakt:

**Univ.-Prof. Dr. iur. Uwe Volkmann**  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Professur für Rechtsphilosophie und  
öffentliches Recht  
Jakob-Welder-Weg 9  
55128 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-23453  
Fax +49 (0) 6131 39-23090  
E-Mail: volkmann@uni-mainz.de  
<http://www.jura.uni-mainz.de/~volkmann/>

# Atherosklerose – Eine Überlastung des Lipid-Transportsystems

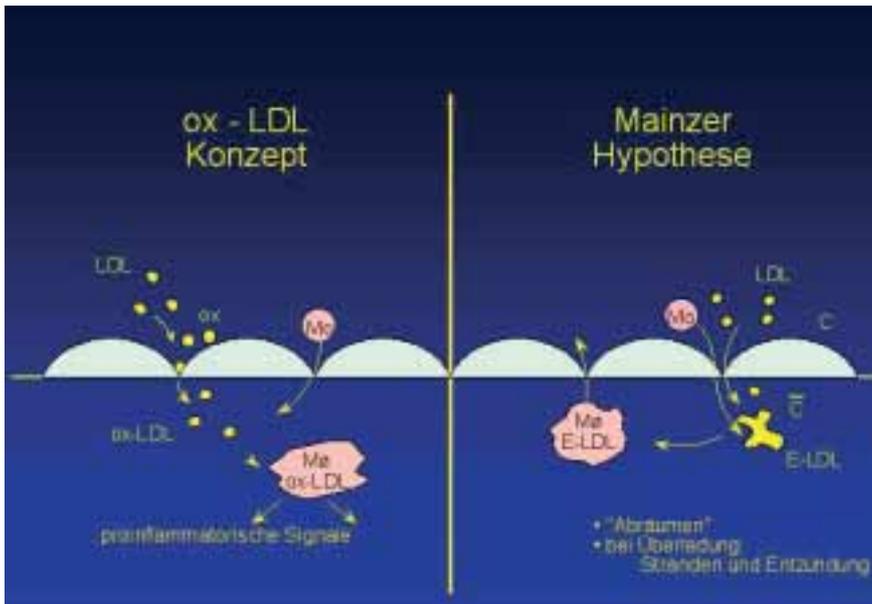
Von Sucharit Bhakdi

**Die „Mainzer Hypothese“ liefert eine gänzlich neue Erklärung zur Entstehung unserer wichtigsten Volkskrankheit.**

Atherosklerose – im Volksmund Gefäßverkalkung – ist in allen westlichen Industrienationen die Volkskrankheit Nr. 1. An koronaren Herzkrankheiten und Apoplexie (Schlaganfall) sterben hierzulande mehr Menschen als an allen anderen Krankheiten zusammen. Trotz jahrzehntelanger Forschungsarbeiten weltweit konnten die Vorgänge, die zur Gefäßverkalkung führen, bislang nicht aufgeklärt und zu einem zusammenhängenden Konzept verknüpft werden. Allgemein wird davon ausgegangen, dass die Atherosklerose durch das Zusammenwirken vieler Faktoren zustande kommt, wobei exogene Faktoren (Lifestyle, Ernährung, Rauchen) und endogene Faktoren (Bluthochdruck, Diabetes, genetische Disposition) gleichrangig mit- und nebeneinander wirken.

zellen) aufgenommen werden kann. Anschließend wird das Cholesterin aus den Fresszellen vom „guten“ Cholesterin (high density lipoprotein, HDL) „abgeholt“. Dadurch wird die Gefäßwand von unlöslichem Cholesterin befreit. Der Vorgang ist primär physiologisch und er ist sinnvoll, denn gewisse Mengen an Lipoprotein werden immer in arterielle Gefäßwände hineinsickern und dort stranden – und das abgelagerte Cholesterin kann dann nur durch Fresszellen entfernt werden. Erst bei einer Überlastung dieses Transportsystems kommt es aufgrund der dauerhaften Aktivierung des Immunsystems zu einer chronischen Entzündung und zur Gefäßverkalkung. Die Atherosklerose kann somit als Folge einer Überlastung des physiologischen Lipid-Abtransportsystems aus dem Gewebe betrachtet werden. Sie stellt eine neue Art immunologischer Erkrankung dar.

Das Konzept weicht von der vorherrschenden Lehrmeinung ab, denn nach der Mainzer Hypothese gibt es tatsächlich eine greifbare Ursache der Atherosklerose: das im Übermaß gestrandete LDL. Alle anderen Faktoren können zwar den Verlauf der Krankheit beeinflussen, aber in Abwesenheit der eigentlichen Ursache werden sie allein die Gefäßverkalkung nicht auslösen können. Folgende Punkte sind hervorzuheben:



Oxidationstheorie und Mainzer Hypothese

Nach allgemeinem Konsens spielt das „schlechte“ Cholesterin (low density lipoprotein, LDL) dabei eine wichtige Rolle: Wenn dieses im Blut kreisende Lipoprotein in Gefäßwände hineinsickert und dort strandet, kann es durch oxidative Prozesse in ein aggressives Molekül (oxidiertes LDL) verwandelt werden, das seinerseits Entzündungsvorgänge auslöst, die letztendlich zur Gefäßverkalkung führen. Neben Bluthochdruck, Diabetes, Übergewicht, Rauchen usw. wird LDL daher als ein Haupt-Risikofaktor angesehen.

Im Verlauf der vergangenen 15 Jahre ist die Mainzer Gruppe zu einer gänzlich neuen Erklärung für das Zustandekommen der Atherosklerose gelangt. Nach dem Mainzer Konzept werden gestrandete LDL-Moleküle durch die Einwirkung von Enzymen derart umgebaut, dass das Lipoprotein Signale an das Immunsystem abgeben und von Immunzellen (Fress-

1. Die Hypothese besagt, dass die LDL-Cholesterin-Transportmaschinerie zeitlebens in Funktion ist, weil geringe Mengen an LDL auch unter normalen Bedingungen ins Gewebe gelangen. Prädestiniert hierfür sind Stellen, die Strömungsturbulenzen und hohem Druck ausgesetzt sind. Die Atherosklerose entsteht erst, wenn die Cholesterin-Transportmaschinerie überlastet wird. Folglich fördern folgende Umstände unmittelbar ihre Entstehung:

- Überhöhtes Einsickern von LDL in das Gewebe, bedingt vor allem durch einen zu hohen LDL-Plasmaspiegel und einen hohen Blutdruck;
- Verminderung bzw. Beeinträchtigung des Cholesterinabtransportes, vor allem aufgrund eines zu niedrigen HDL-Plasmaspiegels.

2. Der Umbau von gewebsständigem LDL wird primär als physiologischer Vorgang angesehen, der erfolgen muss, damit der Abtransport von Cholesterin stattfinden kann. Im Gegensatz zur Oxidationstheorie wäre demnach zu erwarten, dass Modifikation, Aufnahme und Verarbeitung des gestrandeten LDL nicht primär mit schädlichen, entzündlichen Prozessen vergesellschaftet sein sollten. Es bestünde eine Analogie zu den Mechanismen, die der Entfernung von toten, körpereigenen Zellen dienen.

3. Die klassischen Risikofaktoren verschlimmern den Verlauf der Atherosklerose vorwiegend dadurch, dass sie eine unerwünschte Begleitaktivierung des Immunsystems bewirken. Dies gilt u.a. für das Rauchen, für Diabetes und für chronische Infektionen, denn der physiologische Abtransport von LDL erhält dann eine ungewollte, entzündliche Facette.

Das Mainzer Konzept führt zu überprüfbareren Voraussetzungen:

1. Atherosklerose wird sich am ehesten durch Entlastung des Cholesterin-Transportsystems verhindern und therapieren lassen. Dies umfasst zwei Hauptmaßnahmen:

- die Einstellung des LDL/HDL-Quotienten auf unter 2,5 und
- die Therapie eines Hypertonus.

In der Regel werden diese Maßnahmen genügen, um die Entstehung der Atherosklerose zu verhindern. Wie die Korrektur des LDL/HDL-Quotienten erreicht wird, dürfte für die Prophylaxe ohne Belang sein. Korrekte Lifestyle-Maßnahmen werden ebenso effizient sein wie eine medikamentöse Einstellung mit Lipidsenkern (Statinen).

2. Weitere Antioxidantien-Studien werden erfolglos verlaufen und nach diesem Konzept sind sie auch nicht sinnvoll.

3. Da es keinen Infektionserreger der Atherosklerose gibt, werden Versuche, koronare Herzerkrankun-

gen mit Antibiotika zu therapieren, scheitern. Die Gabe von Antibiotika ist nicht nur sinnlos, sondern birgt die bekannten Gefahren einer nicht sachgemäßen Verwendung dieser Medikamente.

Vielfach wird argumentiert, dass nur ca. 50 Prozent der Inzidenz der koronaren Herzerkrankung durch eine Hypercholesterinämie erklärt werden können. Hierzu ist zu sagen, dass die Definition des „normalen“ Cholesterinspiegels überprüft werden müsste. In der Regel dürfte von Werten ausgegangen worden sein, die heute als überholt gelten. Ganz wesentlich ist die Tatsache, dass das Verhältnis von LDL zu HDL eine herausragende und bislang nicht ausreichend berücksichtigte Rolle spielt. Eine revidierte Analyse der vorhandenen Daten erscheint vor diesem Hintergrund sinnvoll, bevor über die Bedeutung des Cholesterins erneut diskutiert wird.

Der begrenzte Erfolg einer cholesterinsenkenden Therapie bei Patienten mit koronaren Herzerkrankungen kann ebenfalls nicht als Argument gegen die vorgestellte Hypothese vorgebracht werden, denn solche Patienten befinden sich im Endstadium der Erkrankung. Atherosklerose fängt hierzulande bereits bei Jugendlichen an und die Prophylaxe muss dementsprechend frühzeitig einsetzen.

#### Fazit

Koronare Herzkrankheiten entstehen durch atherosklerotische Gefäßveränderungen. Prophylaktische

### Werte schaffen durch Innovation



### Wir investieren jährlich weit mehr als eine Milliarde Euro in Forschung und Entwicklung. Das hat beachtliche Nebenwirkungen.

Für Boehringer Ingelheim ist der Erfolg als pharmazeutisches Unternehmen gleichbedeutend mit der Einführung wirklich innovativer Präparate. Ein Beispiel ist das Gebiet der rheumatischen Erkrankungen. Hier verbessert eine neue Arzneimittelgeneration durch Minimierung der Nebenwirkungen ganz entscheidend die Lebensqualität. Die Forschung ist unsere treibende Kraft. Mit mehr als 34.000 Mitarbeitern weltweit und einer über einhundertjährigen Erfahrung wollen wir die Aussichten auf ein gesünderes Leben verbessern.

[www.boehringer-ingenelheim.de](http://www.boehringer-ingenelheim.de)



Maßnahmen zu deren Verhinderung basieren auf den Ergebnissen von klinischen Studien; in Erprobung sind auch Maßnahmen, die auf verbreiteten, aber nicht bewiesenen Hypothesen beruhen (Antioxidantien-Studien, Antibiotika-Studien). Solange ein grundlegendes Verständnis zur Pathogenese der Atherosklerose fehlt, werden die präventiv-medizinischen Maßnahmen weiterhin auf Empirie beruhen. Die Mainzer Arbeiten könnten dazu beitragen, die bestehende Wissenslücke zu schließen. Das Konzept kann Erklärungen sowohl für den Erfolg als auch für den Misserfolg der bisherigen Präventionsstudien liefern. Konsequentes Handeln vorausgesetzt, müsste ein Sieg über die wichtigste Krankheit in der westlichen Welt nunmehr möglich sein.

■ **Summary**

Atherosclerosis is widely regarded as a chronic inflammatory disease that develops as a consequence of entrapment and oxidation of low density lipoprotein in the arterial intima. The Mainz hypothesis departs from this dogma. It proposes that modification of tissue entrapped LDL occurs due to the action of ubiquitous hydrolytic enzymes. This enables the lipoprotein to signal to the immune system and effect its own removal. These physiological processes occur throughout life without harm, and atherosclerosis evolves only when the transport machinery suffers overload. Pathology is then evoked by the un-reigned activation of innate immune mechanisms in the arterial wall.



**Univ.-Prof. Dr. Sucharit Bhakdi**



Ihr kompetenter Partner  
in Sachen Service & Beratung  
für Chemie, VM, Geräte  
und Möbel

Bundesweiter Bestellservice:

Tel.: 0180/5702000

Fax: 0180/5702222

e-Mail: [info@de.vwr.com](mailto:info@de.vwr.com)

[www.vwr.com](http://www.vwr.com)

SUCHARIT BHAKDI wurde 1946 in Washington, DC, USA als thailändischer Staatsangehöriger geboren. Er begann sein Studium der Humanmedizin 1963 an der Universität Bonn. Die Approbation erfolgte 1970, die Promotion 1971. Von 1972 bis 1976 war er am Max-Planck-Institut für Immunbiologie in Freiburg, zuerst als Stipendiat der Max-Planck-Gesellschaft und später als Stipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung. 1976 und 1977 ging er für einen Forschungsaufenthalt an die Universität Kopenhagen. Anschließend war Sucharit Bhakdi am Institut für Medizinische Mikrobiologie der Universität Gießen tätig: 1979 habilitierte er sich, von 1982 bis 1990 hatte er die Professur für Medizinische Mikrobiologie inne. 1985 erhielt er einen Ruf auf den Lehrstuhl für Medizinische Mikrobiologie der Universität Kopenhagen, den er jedoch nicht annahm. Im Mai 1990 folgte er einem Ruf an die Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Er leitet hier das Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. med. Sucharit Bhakdi**  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Medizinische Mikrobiologie und Hygiene  
Obere Zahlbacher Str. 67, Gebäude 905  
55131 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-37341  
Fax +49 (0) 6131 39-32359  
E-Mail: [sbhakdi@uni-mainz.de](mailto:sbhakdi@uni-mainz.de)

# Alterserkrankungen des Nervensystems: Die Pathobiochemie auf der Suche nach neuen Therapien

Von Christian Behl und Albrecht Clement

Das Altern unserer Gesellschaft und die damit verbundenen dramatischen Veränderungen in den Industrienationen ist ein Thema, das in letzter Zeit in den Printmedien sowie in Talkshows und populären Sendungen intensiv diskutiert wird. Aus „Furcht“ vor dem Altern und seinen häufig degenerativen Begleiterscheinungen werden Konzepte des *Anti-Aging* und „Heilmittel“ gegen das Altern entwickelt. Völlig vergessen wird bei dieser Diskussion, dass das Altern primär ein physiologischer und somit natürlicher Prozess ist und nicht Konzepte des Anti-Aging, sondern Möglichkeiten des *Successful Aging* gesucht werden müssen. Um dies zu ermöglichen, müssen die Prozesse des Alterns auf zellulärer sowie auf molekularer Ebene verstanden werden. Bis heute wurde eine ganze Reihe von Alternstheorien entwickelt, die einzelne altersassoziierte biochemische Veränderungen beschreiben. So etwa ist die Rede von der Immuntheorie des Alterns, der Seneszenzgentheorie, der Telomertheorie oder der Freien-Radikal-Theorie des Alterns. Für all diese Erklärungsversuche des Phänomens „Altern“ können biochemische Korrelate beschrieben werden, von einem Verständnis der genauen molekularen Veränderungen des Alternsprozesses ist man heute aber noch weit entfernt.

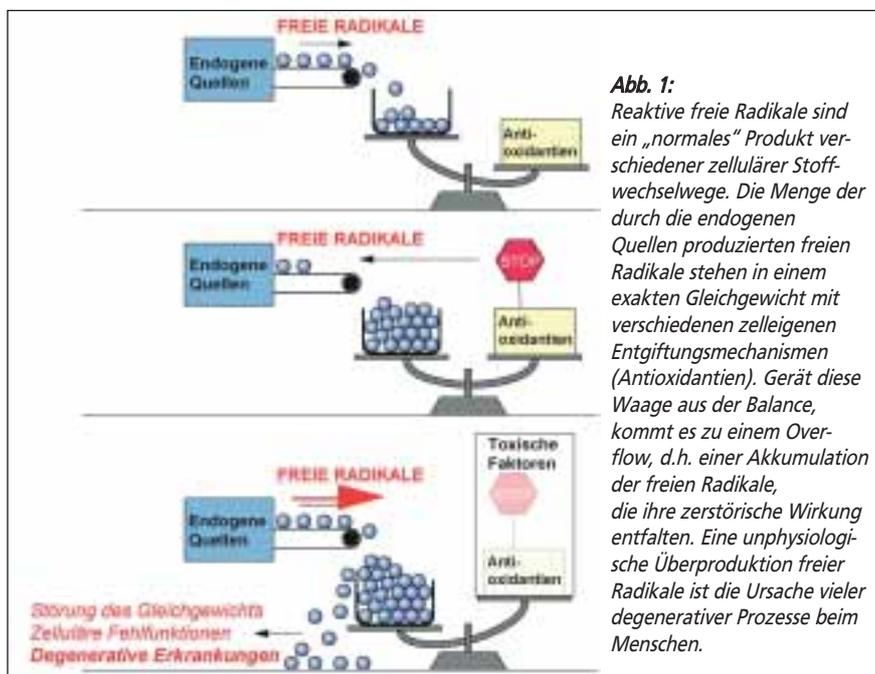
Tiermodelle des Alterns wurden entwickelt durch Manipulation einzelner Gene, sodass heute Methusalemmorganismen des Fadenwurms *Caenorabditis elegans*, der Fruchtfliege *Drosophila melanogaster* oder auch der Maus existieren und zu grundlagenwissenschaftlichen Forschungen herangezogen werden können. Die wohl mit am besten beschriebene Theorie des Alterns ist die Freie-Radikal- oder Oxidativer-Stress-Theorie, die den Einfluss von hochreaktiven Sauerstoffradikalen auf die Moleküle der Zelle für altersspezifische Prozesse verantwortlich macht. Die physiologischen Veränderungen des Alterns auf zellulärer Ebene, aber auch im Gesamtorganismus, gehen häufig über in chronisch-degenerative Prozesse, die wir als altersassoziierte Erkrankungen beschreiben. Dazu zählen nicht-neuronale Erkrankungen wie beispielsweise Arteriosklerose, Tumorerkrankungen und Altersdiabetes sowie neurodegenerative Krankheiten wie Morbus Alzheimer, Morbus Parkinson und die Amyotrophe Lateralsklerose (ALS). Aufgrund des vergleichsweise geringen Potentials zur zellulären Regeneration ist der Untergang von Nervenzellen ein besonders dramatischer Vorgang. Die biochemische Zusammensetzung von Nervenzellmembranen machen neuronale Systeme besonders empfindlich gegenüber oxidativer Zerstörung (oxidativer Stress/freie Radikale; Abb. 1). Der Lehrstuhl für

Pathobiochemie des Fachbereichs Medizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz hat sich zum Ziel gesetzt, durch die Aufdeckung und Analyse der biochemischen Grundlagen verschiedener neurodegenerativer Erkrankungen des Menschen mögliche gemeinsame pathophysiologische Endstrecken des Nervenzelltods zu beschreiben und daraus neue pharmakologische Ansätze zur Prävention und Therapie zu entwickeln. Ein besonderer Schwerpunkt wird dabei auf die Analyse der Prozesse bei der Entstehung der Alzheimer-Krankheit und der Amyotrophen Lateralsklerose gelegt.

## Alzheimer-Krankheit – eine neurodegenerative Erkrankung des Gehirns

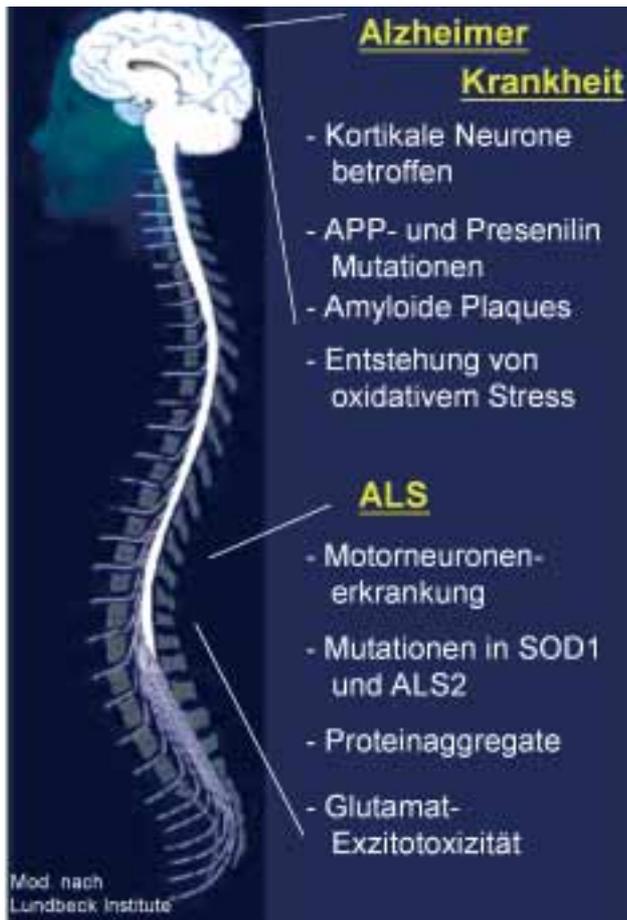
Laut statistischem Bundesamt wird im Jahr 2050 jeder Dritte in Deutschland 60 Jahre oder älter sein. Dies ist der Grund für eine zu erwartende dramatische Zunahme von Alterserkrankungen wie der

**Altersbedingte Erkrankungen sind auf dem Vormarsch. Körpereigene Hormone spielen eine wichtige Rolle als Schutzfaktoren.**



bedeutendsten Demenzerkrankung des Menschen, der Alzheimer-Krankheit (Alzheimer-Demenz, AD). Bei den über 85-Jährigen leiden bereits zwischen 20 und 35 Prozent an der AD. Allein in Deutschland sind derzeit etwa 1 Million Menschen von dieser Krankheit betroffen, Tendenz entsprechend der Altersentwicklung unserer Gesellschaft steigend.

Die Alzheimer-Demenz ist die häufigste Form der Demenz des Menschen und wurde vor fast 100 Jah-



**Abb. 2:**  
Die Aufdeckung der biochemischen Grundlagen neurodegenerativer Erkrankungen ist das Ziel neuer Forschungen.

ren von dem deutschen Neuropathologen Alois Alzheimer erstmals beschrieben. Bis heute gelten die damals von Alzheimer identifizierten und definierten neuropathologischen Merkmale. Die exakten Ursachen dieser chronisch-progressiven, neurodegenerativen Erkrankung sind bis heute ungeklärt, eine kausale Therapie aus diesem Grunde nicht möglich. Neuropathologisch fallen bei der Alzheimer-Krankheit die verstärkte Ablagerung des Amyloid- $\beta$ -Proteins, biochemische Veränderungen des Tau-Proteins, Entzündungsreaktionen im Gewebe sowie verstärkter oxidativer Stress auf. Auch werden mögliche altersassoziierte Veränderungen im Cholesterinstoffwechsel als zusätzlicher Risikofaktor diskutiert.

Weniger als 10 Prozent aller Alzheimerfälle sind klassisch vererbt, die Mehrzahl entsteht sporadisch, d.h. ohne klare genetische Ursache und strikt altersabhängig. Die erblichen Formen der AD stellen dennoch hervorragende Modelle zur weiteren Untersuchung der Ätiologie dieser Erkrankung dar und haben im letzten Jahrzehnt die Alzheimerforschung im Verständnis der möglichen Ursachen dieser Krankheit dominiert und entscheidend nach vorne gebracht. Bisher sind drei Gene beschrieben worden, die bei autosomal dominant vererbten Formen der AD Mutationen tragen. Es handelt sich dabei um die Gene Presenilin-1 und Presenilin-2 auf Chromosom 14 bzw. 1 sowie um das auf Chromosom 21 positionierte Gen für das Amyloid-Vorläuferprotein. Individuen, die Mutationen in einem dieser drei Gene besitzen, erkranken in der Regel sehr früh, stets unter

60 Jahren. Deshalb werden diese erblichen Formen der AD in Abgrenzung von den sporadischen rein altersassoziierten Formen als früh einsetzende (early onset) Formen der AD bezeichnet. Liegen Mutationen im Amyloid-Vorläuferprotein-Gen vor, ist das Erkrankungsalter besonders niedrig und liegt häufig etwa beim 40. Lebensjahr. Bei Presenilin-2-Mutationen sind Alzheimerfälle beschrieben, die erst jenseits des 70. Lebensjahres auftraten. Obwohl solche dominanten Erbgänge prinzipiell mit Blick auf eine mögliche frühe Identifizierung von familiären Alzheimerfällen von hohem Wert sind, stellt sich beim augenblicklichen Fehlen einer kausalen Therapie dieser Erkrankung die Frage nach den ethischen Problemen (Abb. 2).

Die Mainzer Pathobiochemie konzentriert sich auf die biochemische Prozessierung des Amyloid-Vorläuferproteins zum aggregationsfähigen Amyloid- $\beta$ -Peptid ( $A\beta$ ) und deren Einflussfaktoren (z.B. Hormone) sowie auf die durch  $A\beta$  ausgelösten Veränderungen in den Nervenzellen. Zusätzlich stehen die Bedeutung der zerstörerischen Wirkung der freien Sauerstoffradikale sowie die Wirkung endogener physiologischer Schutzfaktoren für Nervenzellen im Mittelpunkt der Untersuchungen. Die Frage hierbei ist, inwieweit Veränderungen im Hormonspiegel (Sexualhormone, Stresshormone) und weiterer potentiell neuroprotektiver Faktoren dem Nervenzelluntergang entgegenwirken können und umgekehrt, wie empfindlich Nervenzellen werden, wenn endogene Hormonspiegel im Alter absinken.

Zusätzlich zu der Identifizierung verschiedener chemischer Leitstrukturen mit anti-oxidativer, d.h. radikal entgiftender Aktivität gelang es, körpereigene Hormone und Neuromodulatoren als neuroprotektive Substanzen zu beschreiben. So konnten wir vor einigen Jahren zeigen, dass das weibliche Sexualhormon Östrogen als biochemische Struktur direkte anti-oxidative Aktivitäten (ähnlich dem Vitamin E) entwickeln kann. Zudem ist vor kurzem der Nachweis geglückt, dass Östrogene über die physiologischen Östrogenrezeptoren in den Nervenzellen genetische Schutzfaktoren und Schutzprogramme ansteuern und aktivieren. Dadurch können Nervenzellen stabiler, d.h. resistenter, gegenüber toxischen Einflüssen von außen gemacht werden. Das weibliche Sexualhormon Östrogen ist somit ein bedeutender Faktor nicht nur für die Entwicklung des Gehirns des Menschen, sondern auch für die Stabilisierung und den allgemeinen Nervenzellschutz. Dieser biochemische Befund, der anhand von zellulären und Tiermodellen mittlerweile sehr gut belegt ist, stimmt mit der Tatsache überein, dass signifikante hormonelle Schwankungen (z.B. Menopause) degenerative Prozesse des Nervensystems einleiten oder beschleunigen können.

Ein weiteres körpereigenes Hormon, das als neuroprotektiver Faktor Nervenzellen im Gehirn vor alters- und Alzheimer-assoziiertem Nervenzelltod, beispielsweise ausgelöst durch aggregiertes Amyloid- $\beta$ -Protein, schützt, ist das Neuropeptid Corticotropin-Releasing Hormon (CRH). CRH ist der zentrale

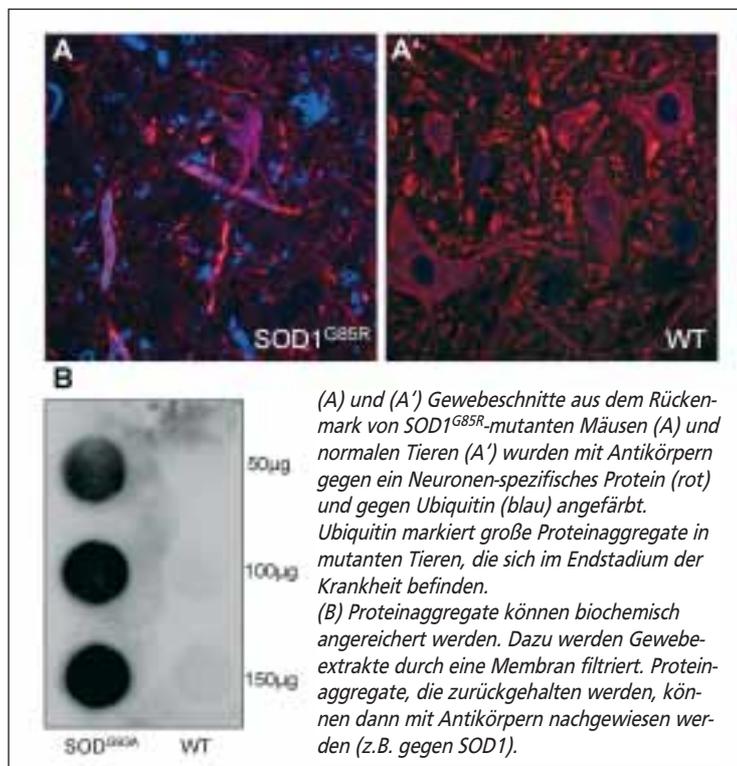
Vermittler der körpereigenen Stressantwort, d.h. CRH aktiviert die Freisetzung nachgeschalteter Stresshormone (z.B. Glukocorticoide) und versetzt den Organismus in einen Zustand, der es ihm ermöglicht den Stress abzuwehren. Eine überschießende Stressreaktion, etwa ausgelöst durch pathologisch erhöhte CRH-Spiegel, wird mit psychiatrischen Krankheiten wie Angsterkrankungen und schwerer Depression in Zusammenhang gebracht. In den in unserem Labor eingesetzten zellulären Modellen und Tiermodellen konnten wir jedoch zeigen, dass ein physiologischer Spiegel von CRH die Nervenzellen vor exogenen Insulten schützt. Dieser Prozess wird über membranäre und G-Protein-gekoppelte CRH-Rezeptoren vermittelt. Kann ein *pathophysiologisch* erhöhter CRH-Spiegel so möglicherweise zu einer Depression führen, ist ein *physiologischer* Spiegel an CRH notwendig für die Aufrechterhaltung der Vitalität und Funktionalität von Nervenzellen und den Schutz gegenüber degenerativen Prozessen.

Doch das Nervensystem des Menschen verfügt über weitere neuroprotektive Faktoren und Signalsysteme, wie wir vor kurzem für eine interessante Substanzklasse zeigen konnten. Cannabinoide, die zumeist in der Form des Tetrahydrocannabinols (THC) mit den beabsichtigten psychoaktiven Wirkungen bekannt sind, werden vom Gehirn als sogenannte Endocannabinoide gebildet. Endocannabinoide haben eine Vielzahl von Funktionen im Organismus, nicht nur im Nervensystem. Sie können, wie von uns vor kurzem gezeigt, durch die Aktivierung von Cannabinoidrezeptoren Nervenzellen vor der Exzitotoxizität schützen. Exzitotoxizität ist eine Überaktivierung von Neurotransmitter-Rezeptoren, die nicht nur beim Schlaganfall, sondern vor allem auch bei der Alzheimer-Krankheit und der ALS von großer pathobiochemischer Bedeutung ist. Das Besondere an der neuroprotektiven Aktivität der Endocannabinoide ist, dass diese nur dann vom Körper in verstärktem Maße gebildet und ausgeschüttet werden, wenn exzitotoxische Insulte auf die Nervenzellen einwirken. Unter Einsatz von Cannabinoidrezeptor-Knockout-Mäusen, die von der Arbeitsgruppe um Professor Beat Lutz vom Max-Planck-Institut für Psychiatrie in München hergestellt wurden, konnten im Rahmen einer Kooperationsarbeit diese neuroprotektiven Signalmechanismen des Cannabinoidsystems beschrieben werden. Die bisher genannten Ansätze der Neuroprotektion vor Alzheimer-assoziierten neurodegenerativen Prozessen stellen neue experimentelle Ansätze dar, die am Standort Mainz in enger Kooperation mit verschiedenen Instituten und Kliniken mittelfristig auch am Menschen validiert werden sollen. Ein Forschungskonzept „Vom Molekül zum Menschen“ soll hiermit umgesetzt werden.

### ALS – eine neurodegenerative Erkrankung von motorischen Nervenzellen

Die Amyotrophe Lateralsklerose ist eine spät einsetzende (altersassoziierte), fortschreitende, neurodege-

nerative Erkrankung, die motorische Neurone des Hirnstamms sowie des Rückenmarks befällt (Abb. 2). ALS besitzt eine Häufigkeit von 2 bis 3 pro 100.000 Menschen und führt zum Tod des Patienten in 2 bis 5 Jahren nach der Diagnose. Etwa 10 Prozent aller ALS-Fälle werden dominant vererbt und beruhen zu ca. 20 Prozent auf Mutationen in einem zytoplasmatischen Enzym zur Entgiftung von Superoxidradikalen, der Kupfer-/Zink-Superoxid-Dismutase (SOD1). Ähnlich wie bei der Alzheimer-Krankheit versucht man über die Genetik dieser Erkrankung wichtige Hinweise für das Verständnis grundlegender pathologischer Prozesse zu bekommen, da in sporadischen wie familiären Fällen die gleichen Populationen von Nervenzellen betroffen und identische neuropathologische Veränderungen beschrieben sind. Bisher gibt es bei ALS allerdings keine echte funktionelle Verbindung



zwischen spontan auftretenden Fällen und solchen, die durch Mutationen der SOD1 ausgelöst werden. Ähnlich der Alzheimer-Krankheit wird die zerstörerische Rolle von reaktiven Sauerstoffradikalen und oxidativem Stress zumindest zum Teil für das Fortschreiten dieser tödlichen Erkrankung verantwortlich gemacht. Die genauen Prozesse, wie dieser oxidative Stress pathophysiologisch erhöht wird, sind jedoch bisher nicht vollständig verstanden. Es gibt Hinweise, dass eine durch den Neurotransmitter Glutamat vermittelte Exzitotoxizität den oxidativen Stress in motorischen Nervenzellen, den Motorneuronen, erhöht. Die verführerische Annahme, dass eine Mutation der SOD1 zur verringerten Entgiftung und somit zur Anreicherung von neurotoxischen Radikalen führt, lässt sich leider nicht halten, da eine Reihe der mutanten SOD1-Proteine ihre normale physiologische Funktion ausüben und ein vollständiges Aus-

schalten des SOD1-Gens keine Motoneuronenkrankheit in Mäusen auslöst. Mutante SOD1 erwirbt demnach eine oder mehrere zusätzliche bisher unbekannte toxische Eigenschaften. Eine dieser Eigenschaften könnte die erhöhte Aggregationsbereitschaft mutanter SOD1-Proteine sein. Proteinaggregate und zytoplasmatische Einschlüsse werden sowohl in Mausmodellen als auch bei Patienten beobachtet und beeinträchtigen möglicherweise lebenswichtige Funktionen wie die Faltung, den Abbau sowie den Transport von Proteinen in den Motoneuronen (Abb. 3). Eine verstärkte Proteinaggregation wird auch bei der AD als eine pathogenetische relevante Veränderung beschrieben (Amyloid-Aggregate), eine weitere Parallele dieser beiden neurodegenerativen Erkrankungen des Menschen.

Verglichen mit der Alzheimer-Krankheit ist bei der ALS die Pathogenese noch weniger verstanden. Wir hoffen, mit unseren Arbeiten in der Pathobiochemie grundlegende Prozesse, die wir beispielsweise an Modellen der Alzheimer-Krankheit verständlich machen können, auch auf die Krankheitsentstehung der ALS übertragen zu können und umgekehrt. Auffallend bei beiden neurodegenerativen Prozessen ist die Erkrankung ganz spezifischer Nervenzellpopulationen (selektiver Nervenzelltod). So ist nicht etwa das gesamte Gehirn bei Morbus Alzheimer betroffen, sondern definierte Areale (z.B. Temporallappen). In noch stärkerem Ausmaß ist diese zellspezifische Degeneration bei der ALS zu beobachten, da hier ausschließlich motorische Nervenzellen von der Degeneration betroffen sind. Der Einfluss von oxidativem Stress und ein möglicher Zellschutz durch die von uns untersuchten Antioxidantien sowie das weibliche Sexualhormon Östrogen und möglicherweise CRH sind aktuell in der Analyse, kultivierte Nervenzellen und Tiermodelle der ALS (SOD-transgene Mäuse) und der AD (APP-transgene Mäuse) stehen zur Verfügung.

Die beiden hier beschriebenen neurodegenerativen Erkrankungen des Menschen werden mit biochemischen und molekularen Methoden hinsichtlich ihrer Pathogenese weltweit intensiv untersucht. Sie sind Beispiele für tödliche und unheilbare Erkrankungen des Menschen und sie sind in den meisten Fällen altersassoziiert. Vor diesem Hintergrund wird erst ein noch besseres Verständnis der Mechanismen des Alterns es ermöglichen, die nachfolgenden degenerativen Prozesse dieser Erkrankungen zu verstehen. Die pathophysiologischen Veränderungen des Alterns werden v.a. mit Blick auf die AD- und ALS-assoziierten Prozesse in der Pathobiochemie untersucht. Verschiedene molekulare und biochemische Werkzeuge sind der neurowissenschaftlichen Grundlagenforschung und klinisch angewandten Forschung in den letzten Jahrzehnten bereitgestellt worden. Nun bleibt zu hoffen, dass gerade durch vergleichende Analysen der pathogenetischen Prozesse bald neue Wege zur Unterbrechung des Nervenzelltods sowie neue Möglichkeiten der Vorbeugung, der Prävention beim Menschen, vorgestellt werden können. Die Pathobiochemie will hier einen Beitrag leisten.

#### ■ Summary

The molecular biology of aging is not well understood, but very likely involves the slowly accumulating destructive action of free radicals. Under pathological conditions, physiological old-age changes converge into chronic-degenerative processes such as Alzheimer Disease and Amyotrophic Lateral Sclerosis. Research efforts in pathobiochemistry focus on oxidative processes resulting in the loss of specific neuronal cell types in these devastating disorders. Furthermore, the neuroprotective properties of endogenous hormones, such as estrogen and the corticotropin-releasing hormone, are being studied.

#### Literatur (ausgewählte Arbeiten):

- Bayatti N, Herrmann H, Lutz B, Behl C (2004) Cross-Talk between the CRH and Cannabinoid Systems modulates the Expression of BDNF in Cerebellar Granule Neurons. *Endocrinology*, im Druck.
- Moosmann B, Behl C (2004) Selenoprotein synthesis and side-effects of statins. *The Lancet* 363, 892-894.
- Bayatti N, Zschocke J, Behl C (2003) Brain region-specific neuroprotective action and signaling of corticotropin-releasing hormone in primary neurons. *Endocrinology* 144: 4051-4060.
- Marsicano G\*, Goodenough S\*, Monory K, Herrmann H, Eder M, Cannich A, Azad SC, Cascio MG, Gutierrez SO, van der Stelt M, López-Rodríguez ML, Casanova E, Schütz G, Ziegglängsberger W, Di Marzo V, Behl C\*, Lutz B\* (2003) [*\* equal contributions*] CB1 cannabinoid receptors and on-demand defense against excitotoxicity. *Science* 302: 84-88.
- Clement AM, Nguyen MD, Roberts EA, Garcia ML, Boilée S, Rule M, McMahon AP, Doucette W, Siwek D, Ferrante RJ, Brown Jr RH, Julien J-P, Goldstein SB, Cleveland DW (2003) Wild-type nonneuronal cells extend survival of SOD1 mutant motor neurons in ALS mice. *Science* 302, 113-117.
- Behl C (2002) Estrogen as a neuroprotective hormone. *Nature Reviews Neuroscience* 3: 433-442.
- Die komplette Liste der Literatur kann bei den Autoren angefordert werden.*



**Univ.-Prof. Dr.  
Christian Behl**

CHRISTIAN BEHL hat an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg Biologie studiert und im Fach Neurobiologie promoviert. Nach Stationen als Post-Doktorand in Würzburg und am Salk Institute for Biological Studies in San Diego, USA, übernahm er die Leitung der Arbeitsgruppe Steroidpharmakologie am Max-Planck-Institut für Psychiatrie in München. Es folgten ein C3-Ruf zur Etablierung einer Selbstständigen Nachwuchsgruppe der Max-Planck-Gesellschaft, Habilitation an der Medizinischen Fakultät der LMU München und anschließend Ernennung zum Privatdozenten. Seit 2002 hat Christian Behl eine C4-Professur und die Leitung des Lehrstuhls für Pathobiochemie im Fachbereich Medizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz inne, seit 2003 ist er auch Geschäftsführender Leiter des Instituts für Physiologische Chemie & Pathobiochemie.



**Dr. Albrecht Clement**

ALBRECHT CLEMENT studierte Biologie in Ulm und Heidelberg und promovierte 1998 am Institut für Neurobiologie der Universität Heidelberg. Danach ging er für vier Jahre als Post-Doktorand an das Ludwig Institute for Cancer Research der University of California in San Diego, USA. Seit Oktober 2002 ist Albrecht Clement Laborleiter in der Arbeitsgruppe von Christian Behl, seit Juli 2003 Akademischer Rat am Institut für Physiologische Chemie & Pathobiochemie.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Christian Behl**

Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Physiologische Chemie & Pathobiochemie  
Duesbergweg 6  
55099 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-25890  
Fax +49 (0) 6131 39-25792  
E-Mail: cbehl@uni-mainz.de  
[http://www.uni-mainz.de/FB/Medizin/PhysiolChemie/patho/patho\\_startseite.htm](http://www.uni-mainz.de/FB/Medizin/PhysiolChemie/patho/patho_startseite.htm)

ür  
jun

Groß- und Einzelhandel für:  
**Bürobedarf  
Büromöbel  
Bürotechnik**

- persönliche Fachberatung
- große Auswahl – kleine Preise

Kalender und Zeitplan-Systeme in allen Größen und Ausführungen

Auslaufmodelle zu Sonderpreisen

**Mainz-Mombach, Liebigstraße 9-11  
Tel. 68 20 11 · [www.buero-jung.de](http://www.buero-jung.de)  
Kundenparkplätze**

URLAUB = FLUGBÖRSE  
Flüge, Charter, Linie,  
Studententarife,  
Hotels, Mietwagen,  
Pauschalreisen,  
Studienreisen,  
Kreuzfahrten,  
Gruppenreisen,  
Ticket-Voll-Service  
für Firmen, Busreisen,  
Großes last-Minute-Angebot  
Reiseschutz u.v.m.

MEHR ANGEBOTE UNTER:  
[www.flugboerse.de](http://www.flugboerse.de)

FLUGBÖRSE Mainz  
Boppstraße 13, 55118 Mainz  
Tel. (06131) 965440, Fax (06131) 9654-444  
E-mail: [mainz@flugboerse.de](mailto:mainz@flugboerse.de)



## Neuer Permeationstest von Ansell stellt realistisch den praktischen Einsatz von Schutzhandschuhen nach: Richtwerte für eine größere Sicherheit beim Umgang mit hochgefährlichen Chemikalien

Ansell Healthcare Europe, einer der Marktführer im Bereich von Lösungen für den Handschutz, hat ein Programm entwickelt, mit dem sich die Permeationslevel von Schutzprodukten bewerten lassen, die in Arbeitsbereichen mit hohen Gesundheitsgefahren verwendet werden. Daten aus der wissenschaftlichen Forschung liefern präzisere und zuverlässigere Richtwerte für Handschuhe im Umgang mit Zytostatika. Ansell hat ein einzigartiges Gerät zur Testung der dynamischen Permeation entwickelt, das realistische Praxisbedingungen nachstellt. Dieses neue Gerät simuliert unter anderem die Reibungs-, Dehnungs- und Spannungsbelastungen, denen in der medizinischen Versorgung verwendete Handschuhe im täglichen Einsatz ausgesetzt sind. Die gemessenen Ergebnisse liefern einen wesentlich präziseren Hinweis darauf, wie lange Handschuhe einem Durchbruch von toxischen zytostatischen Chemikalien widerstehen.

Viele Berufstätige in der medizinischen Versorgung sind in ihrer täglichen Praxis ständig gefährlichen Substanzen ausgesetzt. Eine Belastung durch zytostatische Medikamente kann irreversible Schäden auslösen: Zytostatika sind für ihre mutagene, krebserzeugende und teratogene Wirkung bekannt. Andere mögliche negative Auswirkungen sind Rückgang der Fruchtbarkeit, Missbildungen beim Fötus sowie hohe Giftigkeit für bestimmte Organe. Nach Einatmung ist Absorption über die Haut eine der größten Eintrittsmöglichkeiten für Zytostatika in den menschlichen Körper. Absorption über die Haut kann beim Verschütten von zytostatischen Medikamenten bei ihrer Vorbereitung, während ihrer Anwendung am Patienten oder bei Krankenhauspersonal durch den Kontakt mit Ausscheidungen des Patienten erfolgen.

Das Tragen von Schutzhandschuhen ist ein erster, aber dafür entscheidender Schritt in die richtige Richtung. Die Verwendung des optimal geeigneten Handschuhs sowie das Wissen über Level und Dauer eines wirksamen Schutzes ist ein unverzichtbarer Faktor für die Handhabung von und die Patientenbehandlung mit Zytostatika. Ein Großteil des medizinischen Personals hat wenig Kenntnis davon, wie man sich am besten gegen diese Risiken schützt und wie lange man durch den Handschuh geschützt ist. Daher ist eine entsprechende Information für die Eindämmung und Reduzierung dieser Gefahr einer Kontaminierung eine absolute Notwendigkeit.

„Ansell Healthcare Europe hat seine für diesen Bereich relevanten Operations- und Untersuchungshandschuhe getestet und ist glücklich darüber, seinen Kunden ein Werkzeug für die Aus-

wahl von Handschuhen zur Verfügung stellen zu können, das ihnen Richtwerte für deren praktische Verwendung vermittelt“, erklärt Didier Bonjean, Business Development Director von Ansell Healthcare Europe. Die neue „praxisnahe“ Testtechnik von Ansell ermittelt Permeationslevel für die am häufigsten verwendeten Typen von Zytostatika. Die Testergebnisse können auf Handschuhe für den medizinischen, pflegerischen und pharmazeutischen Einsatz übertragen werden. Das Ansell Cytostatic Permeation Programme (ACPP) ist das Ergebnis einer Zusammenarbeit der Abteilung Toxikologie und Spezialchemie der Université Catholique de Louvain (UCL) und dem Medical-Geschäftsbereich von Ansell Healthcare Europe.

Die Funktionsweise des neuen Permeationstestgeräts wurde, untermauert mit wissenschaftlichen Daten, in einer Simulation auf der Medica in Düsseldorf vom 24. bis 27. November vorgestellt. Ein kostenloses Exemplar der Permeationstabelle kann direkt bei Ansell angefordert werden.

### Weitere Informationen:

Wouter Piepers,  
EMEA Marketing and Communications Manager,  
Tel.: + 32 (0)2 528 75 68, Mobil: +32 478 33 56 32,  
E-Mail: [wpiepers@eu.ansell.com](mailto:wpiepers@eu.ansell.com)

(Eine elektronische Pressemappe mit einem Video über die Funktionsweise des Testgeräts, dem Auswahlwerkzeug und Farbvisuals ist ebenfalls bei Ansell erhältlich.)

### Ansell

Ansell Limited ist ein weltweiter Marktführer auf dem Gebiet von Schutzprodukten. Mit Niederlassungen in Amerika, Europa und Asien und weltweit mehr als 11.000 Mitarbeitern bestätigt Ansell seine führende Position sowohl im Markt für Kondome als auch in den Märkten für Handschuhe aus Naturlatex und synthetischem Polymer. Ansell konzentriert sich auf drei Geschäftsbereiche: Occupational Healthcare (Handschutzprodukte für die Industrie), Professional Healthcare (Operations- und Untersuchungshandschuhe für das Gesundheitswesen) und Consumer Healthcare (Kondome und Haushaltshandschuhe für Verbrauchermärkte).

Informationen über Ansell und seine Produkte finden Sie auf unserer Website unter <http://www.anselleurope.com>.

### Ansell GmbH

Lehrer-Wirth-Str. 2 · D-81829 München · Tel. 089-4 51 18-0 · Fax 089-4 51 18-140  
<http://www.anselleurope.com> · E-mail [info@eu.ansell.com](mailto:info@eu.ansell.com)

# Die $\alpha$ -Sekretase – ein Schlüsselenzym für die Therapie der Alzheimer-Krankheit

Von Falk Fahrenholz

Durch Fortschritte in Medizin und Hygiene hat sich die Lebenserwartung der Menschen in den letzten 100 Jahren nahezu verdoppelt. Die absolute Zahl älterer Menschen über 65 Jahren beträgt derzeit in Deutschland 13 Millionen, sie wird bei gleich bleibenden Verhältnissen in den nächsten 50 Jahren auf 23 Millionen anwachsen. Sorgen bereitet vor allem die Anzahl der Menschen über 80, die derzeit gerade einmal 3 Millionen ausmacht, in 50 Jahren jedoch auf über 8 Millionen ansteigen wird<sup>1</sup>. Diese Hochbetagten sind besonders häufig von Demenzerkrankungen betroffen, einer Folge langjähriger krankhafter Veränderungen im Gehirn, die zu verminderter geistiger Leistungsfähigkeit führen. In Deutschland ist von allen Demenzformen die Alzheimer-Erkrankung mit 65 bis 70 Prozent die häufigste. Von den über 85-Jährigen leiden – je nach Statistik – zwischen 20 und maximal 35 Prozent, von den 95-Jährigen und Älteren etwa 40 bis 50 Prozent an dieser Krankheit. Bis zum Jahr 2050 würden in Deutschland zu den derzeit knapp 1 Million Demenzpatienten rund 1,3 Millionen hinzukommen, falls man diesen Erkrankungen nicht durch therapeutische Maßnahmen Einhalt gebieten kann.

## Geschichte

„Wie heißen Sie?“ „Auguste.“ „Familiennamen?“ „Auguste.“ „Wie heißt Ihr Mann?“ „Ich glaube, Auguste.“ „Ihr Mann?“ „Ach so, mein Mann.“ „Sind Sie verheiratet?“ „Zu Auguste.“

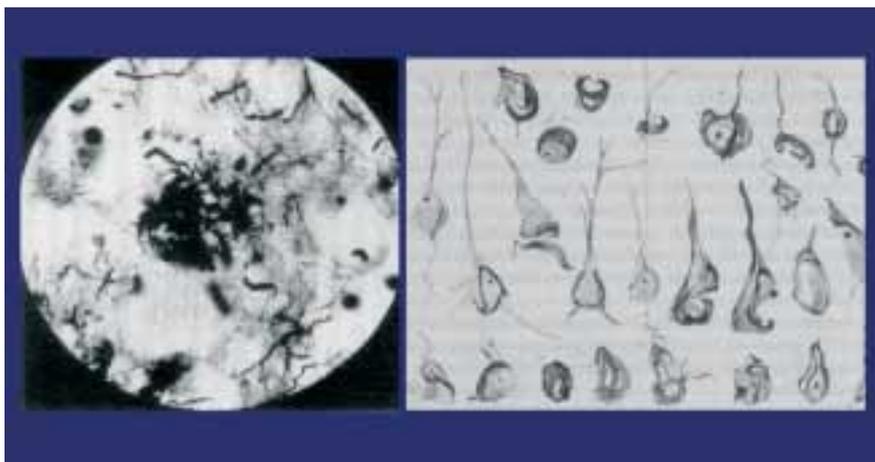
Mit diesem bedrückenden Dialog beginnt am 26. November 1901 eine Akte der Städtischen Anstalt für Irre und Epileptische in Frankfurt am Main, in der zum ersten Mal eine Krankheit beschrieben wird, die inzwischen buchstäblich eine „Weltkarriere“ gemacht hat: die Alzheimer'sche Krankheit. Der Arzt, der 1901 die Patientin Auguste D. untersuchte, war Alois Alzheimer. Er vermutete hinter der klinischen Symptomatik bei der noch relativ jungen Auguste D. eine neue, wie er es ausdrückte „eigenartige“, Erkrankung. Als sie 1906 stirbt, hatte Alois Alzheimer bereits das Hirnanatomische Laboratorium der Psychiatrischen Klinik in München übernommen. Dort untersuchte er das Gehirn der Auguste D. und fand unter dem Mikroskop „über die ganze Rinde zerstreut, besonders zahlreich in den oberen Schichten, ... hirsgroße Herdchen, welche durch Einlagerung eines eigenartigen Stoffes in die Gehirnrinde bedingt sind“.<sup>2</sup> Diese Ablagerungen rund um die teilweise abgestorbenen Nervenzellen bezeichnen wir heute als Amyloid-Plaques. Des weiteren

beschrieb Alzheimer sogenannte Neurofibrillen, die sich im Inneren von Nervenzellen durch besondere Färbemethoden nachweisen lassen (Abb. 1). In seinem Standardwerk „Psychiatrie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte“ aus dem Jahr 1910 bezeichnet der Psychiater Emil Kraepelin diese Erkrankung, die inzwischen von Alzheimer an mehreren anderen Patienten beobachtet worden war, als Alzheimer'sche Krankheit, deren Deutung zur Zeit jedoch noch unklar sei.

## Molekulare und zelluläre Grundlagen

Erst seit ca. 20 Jahren werden die molekularen Grundlagen der Alzheimer-Erkrankung erfolgreich untersucht. Ein Hauptbestandteil der Eiweißablage-

**Unlösliche Eiweißablagerungen bilden sich zwischen den Nervenzellen im Gehirn. Ein körpereigenes Enzym wirkt dem entgegen.**



rungen zwischen den Nervenzellen, die A-beta-(A $\beta$ ) Peptide, wurde identifiziert. Dies sind Fragmente von meist 40 oder 42 Aminosäuren eines etwa 20fach größeren Amyloid-Vorläuferproteins, kurz APP, abgeleitet vom englischen **amyloid precursor protein**.

Diese unlöslichen Ablagerungen bilden sich bereits bis zu 30 Jahre vor Auftreten der klinischen Symptome, wobei intermediär lösliche Zwischenstufen (Protofibrillen) entstehen, die auf Nervenzellen toxisch wirken und zu einem Verlust von Neuronen und Synapsen, den informationsübertragenden Kontaktstellen zwischen den Nervenzellen, führen. Noch ungeklärt ist, wann im Ablauf der Ereigniskette – ob vor, gleichzeitig oder nach Bildung der A $\beta$ -Plaques – die neurofibrillären Bündel aus dem sogenannten Tau-Protein in den Nervenzellen entstehen. Im Spätstadium der Krankheit kommt es zur Atrophie, d.h. zum Schwund bestimmter Gehirnregionen im Cortex und Hippokampus; dies kann durch bildgebende Verfahren sichtbar gemacht werden.

**Abb. 1:** Nachweis von Plaques und Neurofibrillen in der Hirnrinde der Auguste D.\*

\* Mit freundlicher Genehmigung der Autoren Konrad und Ulrike Maurer aus Alzheimer, Das Leben eines Arztes und die Karriere einer Krankheit, Piper-Verlag, München, Zürich 1998

## Die Diabetes-AhrWeinStudie



(DWA – Oktober 2004)  
Diabetes mellitus – die Zuckerkrankheit – entwickelt sich zur Volkskrankheit Nr. 1. Die Zunahme ist vor allem auf den sprunghaften Anstieg der Typ2-Diabetiker – sprich Altersdiabetiker – zurückzuführen. Hauptgrund ist die stetige Zunahme von Übergewichtigen und die dauernde Überernährung vor allem mit schnell resorbierbaren Kohlenhydraten. „Kohlenhydratlast“ und „Insulinresistenz“ sind die aktuellen Schlagworte des diabetologischen Alltags.

Für gut eingestellte Diabetiker ist heute durchaus auch ein genussvoller Lebensstil möglich.

Die Ernährung soll nicht nur die absolute Stoffwechsellage verbessern, sondern vor allem die Sekundärschäden des Diabetes vermindern. Hier sind in erster Linie Blutgefäße und Nerven stark betroffen. So weisen z. B. Diabetiker eine vierfach erhöhte Herzinfarkt- und sechsmal erhöhte Schlaganfallrate als gesunde Menschen auf.

Die präventiven Effekte des Weines hinsichtlich des Herzinfarktes sind bekannt. Dass die diabetischen Gefäße möglicherweise von einem Glas Wein profitieren, ist nachvollziehbar. Aber ob in moderater Dosis Wein auch Einflüsse auf die Entstehung und den Verlauf dieser Stoffwechselkrankheit haben kann, wird zurzeit verstärkt diskutiert. Zahlreiche internationale Studienergebnisse belegen, dass bei geringem bis moderatem Weinkonsum ein gewisser Diabetesschutz besteht. Erklärt wird dies unter anderem durch eine Erhöhung der Insulinsensitivität der Zellen und einer dadurch verbesserten Stoffwechselsituation bei moderaten Weintrinkern.

Dürfen Diabetiker durch das tägliche Glas Wein eine günstige Wirkung auf

ihren Blutzuckerspiegel erwarten? Beeinflusst der Wein die Zuckerkrankheit positiv?

Diesen Fragen ging – in Deutschland erstmals – eine Studie der Deutschen Weinakademie nach. Die sog. *Diabetes-AhrWeinStudie* unter der Leitung von Chefarzt Dr. Gerhard Kreuter und des Diabetologen Dr. Karl-Heinz Hauser umfasst 80 Altersdiabetiker, die bereitwillig im Dienst der Wissenschaft sechs Wochen lang 300 ml Wein täglich zum Essen genossen. Der Studienphase voraus gingen zwei Wochen sog. „Auswaschphase“, in denen die Patienten keinen Alkohol trinken durften.

Zum Studienbeginn und nach Ende des Weingenusses wurden jeweils relevante Blutwerte erhoben, die Aufschluss über die Stoffwechsellage gaben.

**Ergebnisse:** Durch den regelmäßigen sechswöchigen Weingenuss wurde der Blutzuckerstoffwechsel der Typ2-Diabetiker nicht beeinflusst. Es kam weder zu relevanten Blutzuckeranstiegen noch -absinken. Dies wurde durch die Fructosamin-Werte gestützt, die Aufschluss über die Blutzuckereinstellung der letzten zwei Wochen geben. Denn auch diese Werte änderten sich nicht.

Nachweisbar waren Veränderungen aussagekräftiger Blutparameter, die bezüglich der gefürchteten diabetologischen Folgeerkrankungen eine große Rolle spielen: So verbesserten sich die Blutfettwerte dahingehend, dass das „gute“ herzschtützende HDL signifikant zunahm, parallel dazu das schädigende LDL erniedrigt wurde.

Bei der Entwicklung des Gesamtcholesterins wie auch der Triglyceride konnte keine Veränderung nachgewiesen werden. Alles wichtige positive Veränderungen, die einer Gefäßverkal-

kung – Vorläufer von Herz- und Hirninfarkt entgegenwirken. Ebenso veränderten sich wichtige Indikatoren im Blutgerinnungsgeschehen zum Positiven hin, wie z. B. die Senkung des Gerinnungsstoffes Fibrinogen. Dadurch bleibt das Blut „flüssiger“ – thrombose-ähnliche Ereignisse werden weniger wahrscheinlich.

Auch hinsichtlich des Blutdrucks „Entwarnung“: sowohl systolischer als auch diastolischer Blutdruck blieben absolut konstant.

Die antioxidative Kapazität des Plasmas, deren Beeinflussung durch die antioxidativen Fähigkeiten der Weinphenole erwartet wurden, veränderten sich in dieser Studie dagegen nicht.

Trotz der relativ kurzen Versuchsdauer konnten Veränderungen verzeichnet werden, die auf eine positive Wirkung des täglichen Glas Weins zum Essen bei Altersdiabetikern hinweisen. Ergebnisse von internationalen Studien konnten damit belegt werden. Der Studienleiter, Herr Dr. Kreuter, fasst wie folgt zusammen:

„Fragestellung der Studie war aufzuzeigen, ob sich die Stoffwechselsituation bei Diabetikern durch den moderaten Weingenuss verschlechtert oder möglicherweise sogar verbessert. Letztes können wir anhand unserer erhobenen Daten bestätigen. Vieles spricht dafür, dem Diabetiker durchaus sein Glas Wein weiterhin zu empfehlen. Natürlich vorausgesetzt, dass keine Kontraindikationen (wie z. B. Suchtgefahr) vorliegen“.

Diabetologe Dr. Hauser schließt an: „Diabetiker müssen auf einiges verzichten. Gegen das tägliche Glas Wein spricht allerdings nichts. Das bedeutet Lebensqualität, Genuss und auch ein Stück Gesundheit für meine Patienten.“

**Deutsche Weinakademie GmbH**  
Gutenbergplatz 3-5  
55116 Mainz  
Tel.: 06131 2829-43  
Fax: 06131 2829-50  
E-Mail: [info@deutscheweinakademie.de](mailto:info@deutscheweinakademie.de)  
Internet: [www.deutscheweinakademie.de](http://www.deutscheweinakademie.de)

**Hinweis (DWA):** Das Thema Wein und Gesundheit bedarf einer durch Sachkenntnis, Ausgewogenheit und Verantwortung geprägter Präsentation. Obwohl zahlreiche wissenschaftliche Daten belegen, dass moderater Weinkonsum positive Effekte auf die Gesundheit hat, weisen wir darauf hin, dass exzessives Trinken aller alkoholischen Getränke sozialen und gesundheitlichen Schaden birgt.

Das APP kommt in den meisten Zelltypen vor, allerdings ist seine genaue biologische Funktion nicht bekannt. Es handelt sich um ein Membranprotein, dessen größerer Teil aus der Zelle herausragt. Im sogenannten nicht-amyloiden Weg erfolgt eine Abspaltung des extrazellulären Teils des Proteins durch eine Protease innerhalb der Sequenz der A $\beta$ -Peptide und verhindert damit ihre Entstehung (Abb. 2). Dieses Phänomen wurde 1990 zum ersten Mal beschrieben und die damals noch nicht identifizierte Protease als  $\alpha$ -Sekretase bezeichnet. Das hierbei entstehende, lösliche Fragment des APP, das sekretorische APPs $\alpha$ , fördert das Wachstum von Neuronen. Man findet es im menschlichen Plasma und in der cerebrospinalen Flüssigkeit, bei Alzheimer-Patienten übrigens in niedrigerer Konzentration. Das in der Membran verbleibende Fragment kann durch ein weiteres Enzym, die  $\gamma$ -Sekretase, gespalten werden, wobei ein nicht-toxisches Peptidfragment (P3) entsteht. In einem alternativen Weg, der als amyloiden bezeichnet wird, da in ihm das  $\beta$ -Amyloid entsteht, spaltet die  $\beta$ -Sekretase zuerst das APP, wobei wiederum ein Fragment in der Zellmembran zurückbleibt. Die Spaltung dieses Fragments durch  $\gamma$ -Sekretasen ergibt dann die Amyloid-bildenden A $\beta$ -Peptide mit 40 oder 42 Aminosäuren (Abb. 2).

### Kausale Therapieansätze

Bislang lässt sich die Alzheimer Demenz mit Medikamenten allenfalls verzögern, weder vorbeugend verhindern noch heilen. Eine an den Krankheitsursachen ansetzende Therapie muss entweder extrazelluläre A $\beta$ -Plaques auflösen oder die intrazelluläre Bildung von A $\beta$ -Peptiden reduzieren.

Die Impfung mit A $\beta$ -Peptiden zielt darauf ab, eine Immunantwort gegen die Amyloid-Peptide hervorzurufen und bereits gebildete extrazelluläre A $\beta$ -Plaques aufzulösen. Eine erste klinische Studie wurde vorzeitig abgebrochen, weil 15 der 360 behandelten Patienten an Hirnhautentzündung erkrankten.

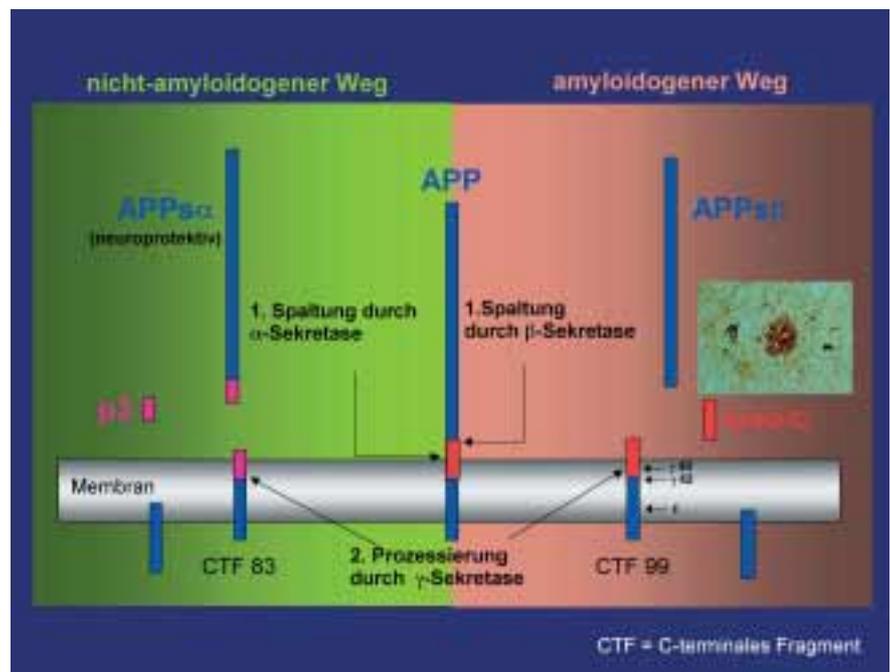
Um bereits die Bildung von A $\beta$ -Peptiden zu verhindern, wird insbesondere in der pharmazeutischen Industrie intensiv versucht,  $\beta$ - und  $\gamma$ -Sekretase-Inhibitoren zu entwickeln. Hier wurden in den letzten Jahren insofern Fortschritte erzielt, als es gelang, die zuvor nur funktionell beschriebenen Sekretasen molekular zu identifizieren. Mehrere Arbeitsgruppen isolierten 1999 die  $\beta$ -Sekretase BACE 1 (**B**eta-site **APP**-cleaving **e**nzyme), die als Membranprotein in verschiedenen Zellorganellen vorkommt<sup>4</sup>. Das ungewöhnlich große katalytische Zentrum von BACE 1 hat allerdings bisher die Herstellung kleiner spezifischer wirkender Liganden, die die Blut-Hirn-Schranke überwinden können, verhindert.

Im Jahr 2002 fand man in biochemischen und genetischen Untersuchungen heraus, dass am Prozess der  $\gamma$ -Sekretasespaltung vier Membranproteine beteiligt sind, wobei die Präseniline als katalytische Einheiten eine wichtige Rolle spielen<sup>4</sup>. Die Entwicklung spezifischer  $\gamma$ -Sekretase-Inhibitoren erweist sich

als äußerst schwierig, da die  $\gamma$ -Sekretase im Organismus an vielfältigen Prozessen beteiligt ist. Die Erforschung alternativer therapeutischer Zielstrukturen ist somit von besonderer Wichtigkeit.

### Stimulierung der $\alpha$ -Sekretase als Therapieansatz

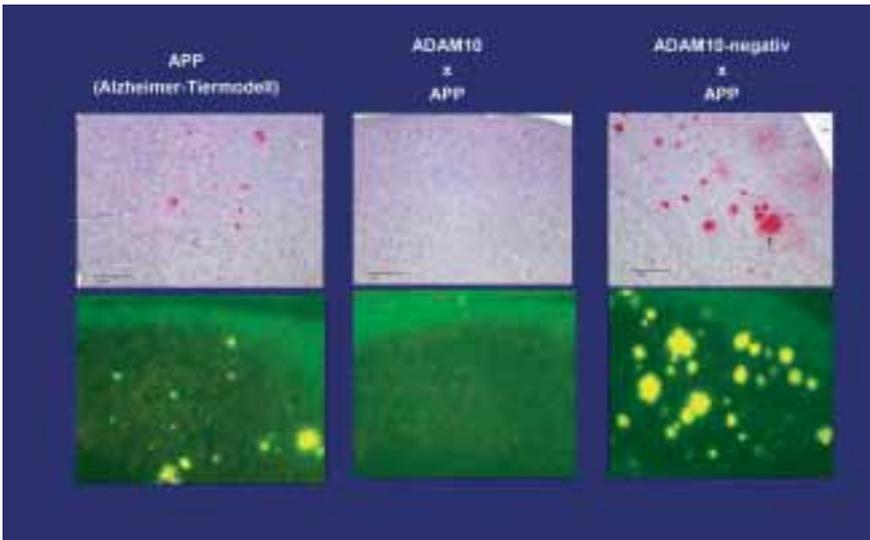
Im Jahr 1999 isolierten wir in meiner Arbeitsgruppe ein Enzym aus tierischem Gewebe, das alle Eigenschaften der seit langem gesuchten  $\alpha$ -Sekretase, einem „Gegenspieler“ der  $\beta$ -Sekretase, aufweist<sup>5</sup>. Wir fanden heraus, dass es zu einer Klasse von Metalloproteasen gehört, die aus mehreren Domänen aufgebaut sind und nach zwei ihrer wichtigsten



Domänen, der sogenannten Disintegrin- und Metalloprotease-Domäne, als ADAM (**a** disintegrin **and** **m**etalloprotease) bezeichnet werden. Das von uns isolierte Enzym ADAM 10 ist ein in der Zellmembran verankertes Protein. Es spaltet das Amyloid-Vorläuferprotein in der A $\beta$ -Sequenz und wird in seiner Aktivität durch den Cholesteringehalt der Zellmembran reguliert<sup>6</sup>.

Die „in-vitro“ und an Zellkulturen erzielten Ergebnisse konnten wir mittlerweile „in-vivo“, d.h. im Tiermodell, bestätigen. Den Sinn dieser Tiermodelle sehen wir in der Möglichkeit einer Verbindung von neurochemischen und verhaltensbiologischen Ansätzen. Im Falle der Alzheimer-Demenz bedeutet dies, dass sowohl die psychopathologische Symptomatik der an dieser Erkrankung leidenden Patienten – insbesondere kognitive Defizite, aber auch die zugrundeliegenden neuropathologischen Veränderungen, v.a. die Amyloiddeposition – im Tiermodell zunächst möglichst weitgehend nachgebildet werden können, um dann die Effekte potentieller Therapiemaßnahmen auf Verhalten und Neurobiologie zu untersuchen. Unserer Ansicht nach erlaubt diese Vorgehens-

**Abb. 2:**  
**Spaltung des Amyloid-Vorläuferproteins**  
Das Amyloid-Vorläuferprotein ist ein Membranprotein auf der Oberfläche von Nervenzellen, aus dem durch zwei Enzyme, die  $\beta$ - und die  $\gamma$ -Sekretase, im „amyloiden“ Weg Amyloid- $\beta$ -Peptide (A $\beta$  40/42) herausgeschnitten werden, die sich als „Plaques“ zwischen den Nervenzellen ablagern. Diese  $\beta$ -Peptide sind toxisch für Nervenzellen und führen zum Verlust von Synapsen. Im „nicht-amyloiden Weg“ (linke Bildhälfte) spaltet die  $\alpha$ -Sekretase innerhalb der Sequenz der A $\beta$ -Peptide und verhindert somit deren Bildung und Ablagerung. Vielmehr wird ein neuroprotektives Fragment, das APPs $\alpha$ , gebildet.



**Abb. 3: Die  $\alpha$ -Sekretase ADAM 10 verhindert Plaquebildung**  
Plaques wurden auf zwei verschiedenen Wegen in den Gehirnschnitten von transgenen Mäusen nachgewiesen. Die obere Reihe zeigt den Nachweis von Plaques im Cortex durch Antikörper gegen A $\beta$ -Peptide, die untere Reihe zeigt den Nachweis im Hippokampus durch einen fluoreszierenden Farbstoff, der sich an A $\beta$ -Peptide anlagert. Die beiden linken Spalten zeigen Plaques im Alzheimer-Tiermodell, die mittlere Spalte die Verhinderung der Plaquebildung in Alzheimer-Tieren, die gekreuzt wurden mit Tieren, die die  $\alpha$ -Sekretase ADAM10 überexprimieren, und die rechte Spalte zeigt die vermehrte Plaquebildung in Alzheimer-Tieren, die gekreuzt wurden mit Tieren, die weniger  $\alpha$ -Sekretase ADAM10 im Gehirn enthalten.

weise realistische Rückschlüsse auf die beim Menschen zu erwartenden Effekte.

Ich habe daher eine fachbereichsübergreifende Zusammenarbeit mit Wissenschaftlern der Institute für Psychiatrie und Neuropathologie unter Beteiligung belgischer Forscher begonnen. Wir konnten nachweisen, dass dieses Enzym auch im lebenden Organismus als  $\alpha$ -Sekretase wirkt. Es gelang, ADAM 10 in den Neuronen transgener Mäuse, die genau wie Alzheimer-Patienten altersabhängig im Gehirn Plaques bilden, in größeren Mengen zu exprimieren und dadurch die Amyloid-Ablagerungen nachweislich zu verhindern (Abb. 3). Funktionsuntersuchungen zeigten, dass Defekte der neuronalen Kommunikation und im Verhalten der Alzheimer-Modelltiere durch die erhöhte Menge der  $\alpha$ -Sekretase abge-

schwächt oder aufgehoben wurden. Die Tiere verfügen über eine verstärkte neuronale Kommunikation im Hippokampus sowie über ein verbessertes räumliches Lern- und Erinnerungsvermögen. Umgekehrt war bei reduzierter Menge der aktiven  $\alpha$ -Sekretase ADAM 10 eine vermehrte Ablagerung von Amyloid-Peptiden die Folge<sup>7, 8</sup>.

Unsere Untersuchungen zeigen erstmalig, dass eine Metalloprotease im lebenden Organismus als sogenannte  $\alpha$ -Sekretase wirkt, dass eine Abnahme ihrer Aktivität an der Entstehung der Alzheimer-Erkrankung beteiligt ist und dass die Aktivierung dieses Enzyms einen neuartigen Therapieansatz zur Bekämpfung der Alzheimer-Erkrankung darstellt. Zur Zeit suchen wir nach Substanzen, die die Aktivität oder die Menge der  $\alpha$ -Sekretase im Gehirn erhöhen. Möglichkeiten bestehen in der Aktivierung der  $\alpha$ -Sekretase über körpereigene Hormone, Rezeptoren oder Signalwege, die in den von der Alzheimer-Krankheit befallenen Regionen eine Rolle spielen.

### ■ Summary

In the pathogenesis of Alzheimer Disease (AD), toxic amyloid- $\beta$  peptides (A $\beta$ -peptides) are assumed to play a crucial and early role. At the Institute of Biochemistry, an enzyme has been discovered which has all the properties of the so-called  $\alpha$ -secretase. It prevents the formation of A $\beta$ -peptides and their deposition in plaques. In an animal AD model, increase of activity of this enzyme alleviated deficits in spatial learning and synaptic plasticity, thus suggesting that activation of  $\alpha$ -secretase may also improve the cognitive status in AD patients.

### Literatur

- 1) 9. Koordinierte Bevölkerungsprognose, Statistisches Bundesamt / Variante 2a/2001
- 2) Alzheimer, A. (1907) Über eine eigenartige Erkrankung der Hirnrinde. *Allg. Zeitschr. Psychiatr.* **64**, 146-148
- 3) Selkoe, D. J., and Schenk, D. (2003) Alzheimer's disease: molecular understanding predicts amyloidbased therapeutics. *Annu. Rev. Pharmacol. Toxicol.* **43**, 545-584
- 4) Haass, C. (2004) Take five-BACE and the gamma-secretase quartet conduct Alzheimer's amyloid beta-peptide generation. *EMBO J.* **23**, 483-488
- 5) Lammich, S., Kojro, E., Postina, R., Gilbert, S., Pfeiffer, R., Jasionowski, M., Haass, C. and Fahrenholz, F. (1999) Constitutive and regulated  $\alpha$ -secretase cleavage of Alzheimer's amyloid precursor protein by a disintegrin metalloprotease. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **96**, 3922-3927.
- 6) Kojro, E., Gimpl, G., Lammich, S., Maerz, W., and Fahrenholz, F. (2001) Low cholesterol stimulates the non-amyloidogenic pathway by its effect on the  $\alpha$ -secretase ADAM 10. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **98**, 5815-5820.
- 7) Postina, R., Schroeder, A., Dewachter, I., Bohl, J., Schmitt, U., Kojro, E., Prinzen, C., Endres, K., Hiemke, C., Blessing, M., Flamez, P., Dequenne, A., Godaux, E., van Leuven, F., Fahrenholz, F. (2004). A disintegrin-metalloproteinase prevents amyloid plaque formation and hippocampal defects in an Alzheimer disease mouse model. *J. Clin. Invest* **113**, 1456-1464.
- 8) Lichtenthaler, S. and Haass, C. (2004) Amyloid at the cutting edge: activation of  $\alpha$ -secretase prevents amyloidogenesis in an Alzheimer disease mouse model. *J. Clin. Invest* **113**, 1384-1387.



**Univ.-Prof. Dr.  
Falk Fahrenholz**

FALK FAHRENHOLZ studierte Chemie an der Universität Frankfurt. Ein Forschungsaufenthalt führte ihn 1971 an das Department of Chemistry der University of Washington, USA. Danach wurde er Leiter einer biochemischen Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Biophysik in Frankfurt. Es folgten 1984 die Habilitation im Fach Biochemie über Hormonrezeptoren und 1997 die Annahme des Rufs auf die C4-Professur für Biochemie der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Er ist seitdem Geschäftsführender Leiter des Instituts. Für Arbeiten auf dem Gebiet der Peptidhormone und ihrer Rezeptoren erhielt Falk Fahrenholz die Ehrendoktorwürde der Universität Danzig.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. phil. nat. Dr. h.c. Falk Fahrenholz**  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Biochemie  
Becherweg 30  
55099 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-25833  
Fax +49 (0) 6131 39-25348  
E-Mail: [bio.chemie@uni-mainz.de](mailto:bio.chemie@uni-mainz.de)  
<http://www.uni-mainz.de/FB/Chemie/Biochemie/Fahrenholz.html>

**Flemming**  
DENTAL  
[www.Flemming-Dental.de](http://www.Flemming-Dental.de)

## *Schöne Zähne - Ausdruck von Lebensqualität*

**Lebensfreude, Sympathie, Wohlbefinden – ein strahlendes Lächeln kann viele positive Gefühle ausdrücken.**

Die Natürlichkeit Ihrer Ausstrahlung soll auch beim Zahnersatz erhalten bleiben. Als Dentallabor arbeiten wir mit Materialien, die dies sicherstellen. Ob Kronen und Brücken aus Vollkeramik oder Versorgungen mit Implantaten – auf die herausragende Qualität unserer Produkte können Sie sich verlassen. Dies belegen wir mit Garantien von bis zu fünf Jahren.

Und damit Sie sich für den Zahnersatz entscheiden können, der Ihren medizinischen und ästhetischen Anforderungen entspricht, bieten wir für Zahnersatz aus unseren Laboren die zinsgünstige PayDent Patiententeilzahlung an.

**Fragen Sie einfach Ihren Zahnarzt nach unseren Leistungen.**

**Flemming Dental Frankfurt**  
Friedrich-Kahl-Straße 4  
60489 Frankfurt  
Servicenummer: (0800) 5 22 67 20  
**Ansprechpartner:** Hagen Schweizer

**Flemming Dental Mainz-Kastel**  
Anton-Zeeh-Straße 10  
55252 Mainz-Kastel  
Servicenummer: (0800) 5 22 67 71  
**Ansprechpartner:** Alexander Peterson

**Flemming Dental Wiesbaden**  
Dwight-D.-Eisenhower-Straße 9  
65197 Wiesbaden  
Servicenummer: (0800) 5 22 67 21  
**Ansprechpartner:** Achim Krokowski



*Schöne Zähne.*

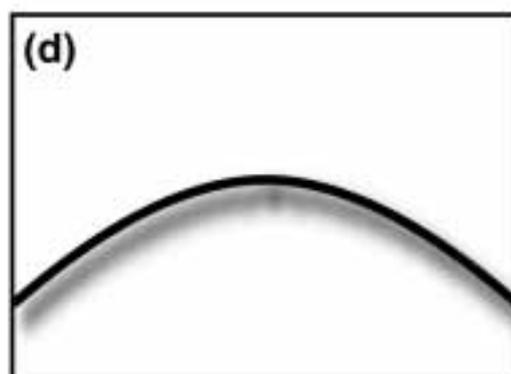
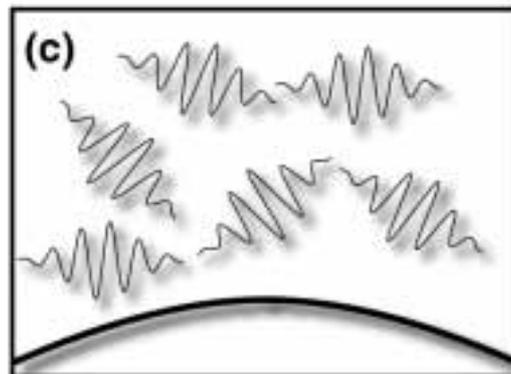
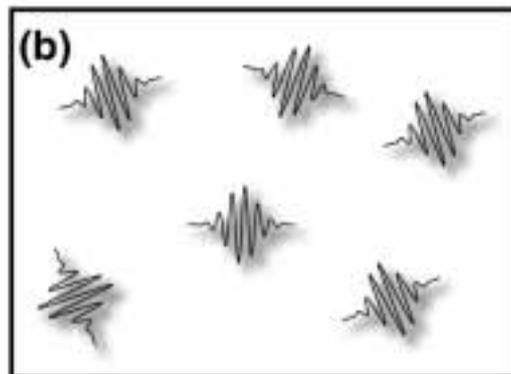
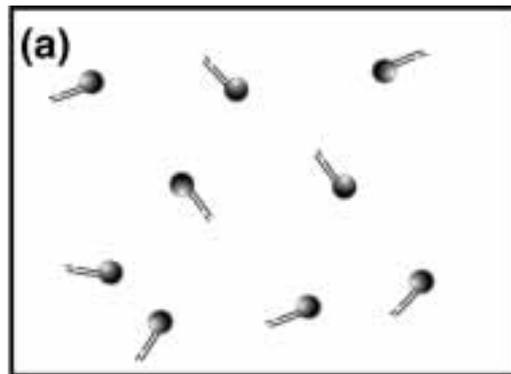
# Experimentieren mit den kältesten Objekten des Universums

Von Immanuel Bloch

**Bei Temperaturen nahe dem absoluten Nullpunkt werden Atome nicht nur langsamer. Sie zeigen auch ein ungewöhnliches „Sozialverhalten“.**

Kalt, kälter, noch viel kälter! Experimente nahe am absoluten Temperaturnullpunkt mit einer neuen besonderen Form von Quantenmaterie führen uns in ein neues und hochaktuelles Forschungsgebiet der

Physik, welches wir in meiner neuen Arbeitsgruppe am Institut für Physik seit einem halben Jahr beschreiten. Worum geht es? Vor nunmehr fast 80 Jahren schickte ein junger Inder namens Satyendra Nath Bose seine wissenschaftliche Arbeit über die damals ungelöste Frage der Schwarzkörperstrahlung an Albert Einstein. Der erkannte sofort, dass der junge Physiker eine geniale Idee hatte, übersetzte dessen Arbeit ins Deutsche, erweiterte dessen Theorie und erwähnte zum ersten Mal das heute unter dem Namen Bose-Einstein-Kondensation bekannte Phänomen. Erst 70 Jahre später konnte diese zunächst rein theoretische Voraussage einer neuen Form von Quantenmaterie – einem wirklichen neuen Aggregatzustand – dann auch experimentell in den Laboratorien amerikanischer Physiker erzeugt werden. Die Forscher in aller Welt waren begeistert!



**Abb. 1:**

Schematische Darstellung der Bose-Einstein-Kondensation in verdünnten atomaren Gasen. (a) Bei Raumtemperatur verhalten sich die einzelnen Atome des Gases wie punktförmige, klassische Kugeln, die sich mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten in verschiedene Richtungen bewegen. (b) Wird das Gas auf wenige tausendstel Kelvin über dem absoluten Temperaturnullpunkt (bei  $-273\text{ °C}$ ) abgekühlt, so werden die einzelnen Atome gemäß der Quantenmechanik durch einzelne Wellenzüge dargestellt, deren Ausdehnung von der Temperatur der Atome abhängt. (c) Bei einer weiteren Abkühlung wird die Ausdehnung des einzelnen Wellenzugs vergleichbar mit dem mittleren Abstand zwischen den Atomen im Gas und es kommt zu einem Phasenübergang zum Bose-Einstein-Kondensat, bei der die Atome nun alle im Gleichtakt schwingen und durch eine einzige kohärente Materiewelle beschrieben werden. (d) Wird die Temperatur noch weiter erniedrigt, so gehen nahezu alle Atome in den Zustand des Bose-Einstein-Kondensats über.

## Das Bose-Einstein-Kondensat

Was ist das zugrunde liegende Prinzip der Bose-Einstein-Kondensation und wann tritt diese auf? In der Physik unterscheiden wir zwischen zwei fundamentalen Arten von Teilchen, den sogenannten Bosonen und Fermionen. Die beiden Teilchen unterscheiden sich nur darin, wie schnell sie sich um ihre eigene Achse drehen, was wir durch den sogenannten Eigendrehimpuls beschreiben. Bosonen besitzen dabei einen Eigendrehimpuls, der ein ganzzahliges Vielfaches des Planck'schen Wirkungsquantums beträgt und Fermionen ein halbzahliges Vielfaches. Schon ein einzelnes Neutron mehr in einem Atomkern kann ein bosonisches Atom dabei in ein fermionisches Atom verwandeln. Nun denkt man, dass sich dabei die Eigenschaften des einzelnen Atoms nicht sehr ändern sollten, die chemischen Eigenschaften solcher Atome sind z.B. nahezu identisch, aber genau das Gegenteil ist unter besonderen Bedingungen der Fall. Grob gesprochen besitzen Bosonen und Fermionen nämlich ein ausgesprochen unterschiedliches Sozialverhalten. Während Bosonen wahre Partygänger sind und sich bevorzugt am gleichen Ort aufhalten, sind Fermionen Einzelgänger, die den Kontakt zu anderen Teilchen eher vermeiden, was wir unter dem Prinzip des Pauliverbots kennen.

Nun müssen wir noch etwas Wissen aus der Quantenmechanik hinzunehmen, um das Phänomen der Bose-Einstein-Kondensation vollends zu verstehen. In der Quantenmechanik beschreiben wir einzelne Teilchen nicht als punktförmige Objekte, sondern als kleine Wellenzüge. Die Ausdehnung eines solchen Wellenzugs wird dabei durch die sogenannte de Broglie Wellenlänge beschrieben. Diese de Broglie Wellenlänge  $\lambda_{dB}$  eines Teilchens kann einfach berechnet

werden:  $\lambda_{dB} = h/mv$ , wobei  $h$  das Plank'sche Wirkungsquantum ist,  $m$  die Masse des Teilchens und  $v$  seine Geschwindigkeit repräsentiert. Je langsamer ein Teilchen also ist, desto größer ist dessen Wellenzug (siehe Abb. 1). Wie schnell ein Teilchen sich bewegt, bestimmt jedoch auch seine Temperatur: Heiße Teilchen sind sehr schnell, kalte sehr langsam. Kühlen wir also z.B. Atome immer weiter ab, so werden sie immer langsamer und die Größe der Wellenzüge eines einzelnen Atoms steigt immer weiter an. Sobald nun die Größe eines solchen Wellenzugs vergleichbar mit dem mittleren Abstand zwischen zwei Teilchen ist, passiert etwas Verblüffendes: Alle Atome schwingen plötzlich im Gleichtakt und werden durch einen einzigen Wellenzug beschrieben – das Bose-Einstein-Kondensat ist geboren (siehe Abb. 1 und Abb. 3). Dabei zeigt sich Materie in einem solchen Bose-Einstein-Kondensat mit ausgeprägten Welleneigenschaften, ähnlich zu denen von Laserlicht, und man spricht daher auch von einer kohärenten Materiewelle.

### Der Weg zum Bose-Einstein-Kondensat

Um diese neue Form von Quantenmaterie zu erzeugen, ist jedoch ein hoher experimenteller Aufwand nötig: Es müssen neue Kühlmethoden eingesetzt werden, die es erlauben, bis zu Temperaturen nur wenige millionstel Kelvin (K) über dem absoluten Temperaturnullpunkt vorzustoßen. Wir starten dabei mit einem Gas von Atomen, welches wir mit einer revolutionären Kühltechnik, der so genannten Laserkühlung, auf nur wenige 100  $\mu\text{K}$  abkühlen. Dabei bewegen sich die Atome in dem gefangenen ultrakalten Gas mit nur wenigen Zentimetern pro Sekunde, also wesentlich langsamer als sonst üblich mit mehreren hundert Metern pro Sekunde bei Raumtemperatur. Dazu strahlen wir sechs Laserstrahlen aus entgegengesetzten Richtungen ein, die aufgrund des Lichtdrucks wie eine Art Wind auf die Atome wirken. Diese Kraftwirkung von Licht auf Materie zeigt sich übrigens auch auf ganz makroskopischen Ska-

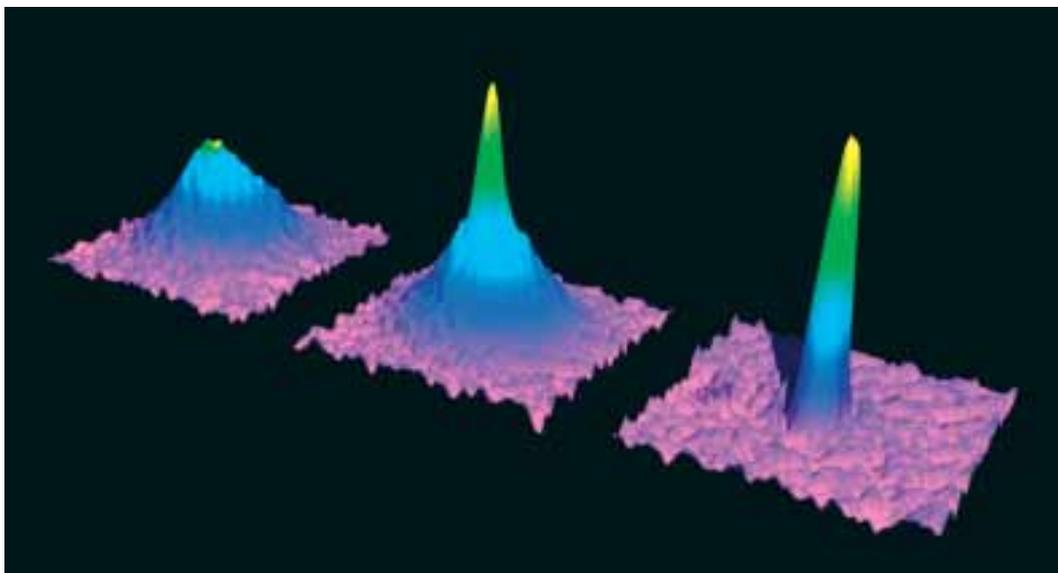


Quelle: Philip-Morris-Stiftung

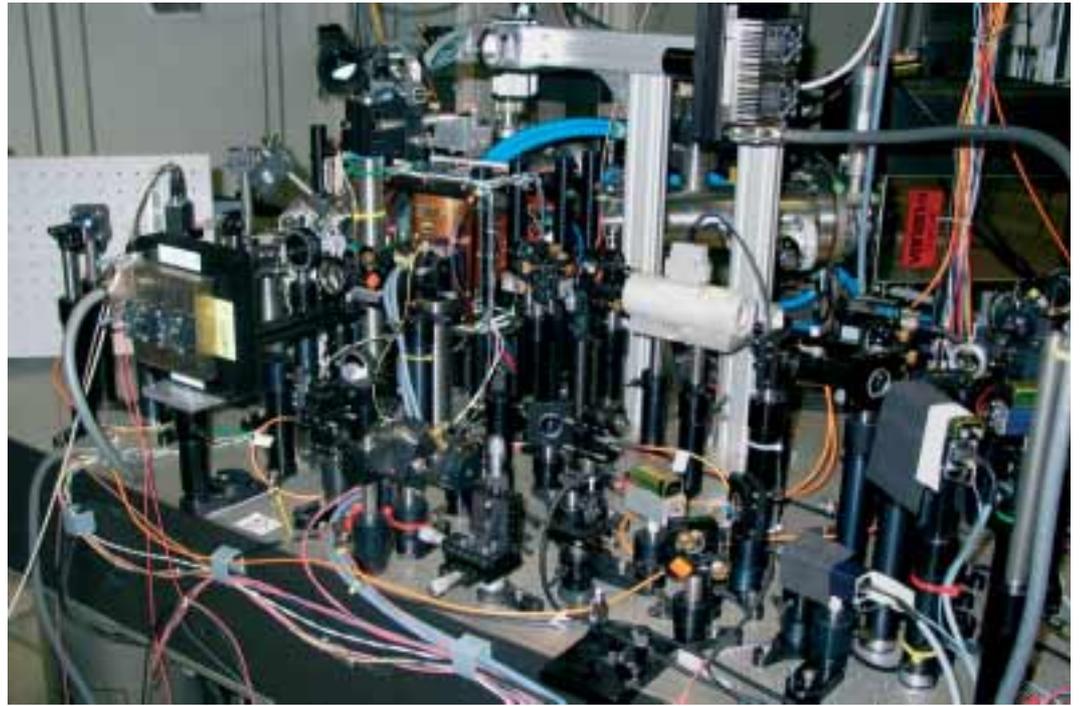
**Abb. 2:** In dieser Glaszelle mit Spulen zur Erzeugung magnetischer Felder werden die Bose-Einstein-Kondensate erzeugt. Ein Ultrahochvakuum in der Zelle dient dabei zur thermischen Isolation der ultrakalten Quantengase (mit nur wenigen millionstel Kelvin über dem absoluten Temperaturnullpunkt) von der Außenwelt bei Raumtemperatur.

len: Bei der Umrundung von Kometen um die Sonne zeigt der Schweif des Kometen immer von der Sonne weg, da das Licht von der Sonne wie ein Wind auf die Staubpartikel um den Kometen wirkt. Stellen wir nun die Frequenz der Laserstrahlen genau in die Nähe einer atomaren Resonanzfrequenz der Atome, so bläst den Atomen ein Wind aus allen Richtungen entgegen und sie können so stark abgebremst und damit gekühlt werden.

Um zur Bose-Einstein-Kondensation vorzustoßen, müssen wir die Gase jedoch noch weiter abkühlen. Dazu benutzen wir ein einfaches Prinzip, das jeder von uns im alltäglichen Leben anwendet, wenn er einen zu heißen Kaffee serviert bekommt. Man bläst



**Abb. 3:** Experimentell beobachteter Phasenübergang einer klassischen Gaswolke zur Quantenmaterie des Bose-Einstein-Kondensats. Bei einer Temperatur knapp oberhalb der kritischen Temperatur expandiert das ultrakalte Gas in einer Gaußverteilung (linkes Bild). Knapp unterhalb der kritischen Temperatur wächst plötzlich eine Spitze aus diesem Berg heraus – das Bose-Einstein-Kondensat ist geboren (mittleres Bild). Wird die Temperatur noch weiter erniedrigt, so gehen alle Atome in den Zustand des Bose-Einstein-Kondensats über (rechtes Bild).



**Abb. 4:** Ein Blick auf die Experimentierkammer mit installierter Optik und Magnetfeldspulen zur Erzeugung und Erforschung des Bose-Einstein-Kondensats. Neben dem hier gezeigten Tisch mit installierter Experimentierkammer ist ein weiterer optischer Tisch im Einsatz, auf dem über zehn Lasersysteme installiert sind, die mit mehreren hundert von Spiegeln und Linsen bestückt sind. Eine Computersteuerung sorgt dabei für den genauen Zeitablauf der einzelnen Experimente.

den Dampf über dem Kaffee weg und entfernt damit die heißesten und energiereichsten Teilchen aus dem Kaffee. Danach warten wir, bis das Ganze wieder ins thermische Gleichgewicht gerät, dann jedoch bei einer tieferen Temperatur, wo wir das gleiche Spiel wiederholen. Ganz ähnlich gehen wir bei unseren atomaren Gasen vor. Die kalten Gaswolken werden durch magnetische Kräfte frei schwebend im Raum gehalten. Dann können durch Einstrahlung von Radiofrequenzwellen gezielt die heißesten Atome aus dem Gas entfernt und das Gas kann weiter abgekühlt werden. Es gelingt dann Temperaturen von nur wenigen hundert Nanokelvin über dem absoluten Nullpunkt zu erreichen, bei denen die Atome nahezu stillstehen. Jetzt sind im Gas die Bedingungen für die Bose-Einstein-Kondensation verwirklicht, und das klassische Gas wandelt sich schlagartig zur neuen Quantenmaterie des Bose-Einstein-Kondensats um.

Um eine möglichst perfekte thermische Isolation von der Außenwelt zu erzielen, finden alle diese Experimente in einem Ultrahochvakuum statt (siehe Abb. 2). Eine Vielzahl von Lasersystemen und Optik (siehe Abb. 4) muss eingesetzt werden, um die Laserstrahlen, mit denen Bose-Einstein-Kondensate erzeugt und manipuliert werden, genau zu kontrollieren. Außerdem dient eine präzise Computersteuerung dazu, den gesamten Experimentablauf zu steuern. Das komplexe Zusammenspiel all dieser Komponenten macht Experimente mit Bose-Einstein-Kondensaten heute zu den schwierigsten und komplexesten der modernen Atom- und Quantenphysik.

Dieser Herausforderung steht jedoch die Chance gegenüber, Experimente zu Grundlagen der Quantenmechanik auf einer makroskopischen Skala durchzuführen. Gleichzeitig eröffnen sich völlig neue Forschungsperspektiven sowohl in der Atom- und Molekülphysik als auch in der Quanteninformationsverarbeitung mit dem Potenzial, neue leistungsfähige Navigationssensoren zu entwickeln oder quantenmechanische Rechner zu verwirklichen, deren Rechenleistung für bestimmte Probleme die Rechenleistung klassischer Rechner um Größenordnungen übersteigen sollte. Dabei müssen Methoden entwickelt werden, Materie an der Grenze der Quantenmechanik perfekt kontrollieren zu können – eine spannende Herausforderung – nun auch in Mainz!

#### ■ Summary

At temperatures close to absolute zero a new form of laser-like quantum matter is formed – a so called Bose-Einstein condensate. Albert Einstein predicted this wavelike form of matter almost 80 years ago, but it took more than another 70 years to experimentally realize his at first purely theoretical ideas. Today research with Bose-Einstein condensates constitutes a vibrating new research field in quantum physics, with many inner- and interdisciplinary links to, for example, atomic and molecular physics, quantum optics, quantum information processing and condensed matter physics. An introduction to this novel research field is given.

Foto: Peter Pulkowski



**Univ.-Prof. Dr.  
Immanuel Bloch**

NACH EINEM PHYSIKSTUDIUM an der Universität Bonn verbrachte Immanuel Bloch im Rahmen eines Forschungsaufenthalts ein Jahr an der Stanford University. Danach wechselte er zur Promotion zum Max-Planck-Institut für Quantenoptik und an die Ludwig-Maximilians-Universität München in die Arbeitsgruppe von Prof. Theodor W. Hänsch, wo er auch anschließend als wissenschaftlicher Assistent Gruppenleiter der Forschergruppe ultrakalte Quantengase war. Er erhielt Rufe auf eine Professorenstelle in Yale (USA) und Stanford (USA) und folgte im letzten Jahr einem Ruf an die Johannes Gutenberg-Universität. Immanuel Bloch ist Preisträger des Philip Morris Forschungspreises (2000), der Otto Hahn Medaille der Max-Planck-Gesellschaft (2002) und des Rudolf-Kaiser-Preises (2003). Immanuel Bloch ist auch Leibniz-Preisträger 2005.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Immanuel Bloch**  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Institut für Physik  
 Staudingerweg 7  
 55128 Mainz  
 Tel. +49 (0) 6131 39-26234  
 Fax +49 (0) 6131 39-25179  
 E-Mail: bloch@uni-mainz.de  
<http://www.physik.uni-mainz.de/quantum>

**Freunde der Universität Mainz e.V.**



Die Vereinigung

- “ fördert Forschung und Lehre
- “ hilft bei der Finanzierung von Forschungsprojekten, wissenschaftlichen Veranstaltungen und bei der Anschaffung von Geräten und Büchern
- “ gewährt Promotionsstipendien und verleiht Forschungspreise
- “ ist bemüht, für die im Jahre 2000 eingerichtete Stiftungsprofessur Persönlichkeiten von internationalem Renommee jeweils im Sommersemester zu einer Vorlesungsreihe zu gewinnen
- “ pflegt die Verbundenheit zwischen der Hochschule, der Stadt Mainz und dem Land
- “ ist Träger des Kinderhauses „Villa Nees“, das Kinder von Angestellten des Klinikums betreut.

**Werden Sie Mitglied!**

1. Vorsitzender: Dr. Hans Friderichs, Bundesminister a.D.
2. Vorsitzender und Geschäftsführer: Kurt Roeske, Oberstudiendirektor i.R.

**Freunde der Universität Mainz e.V.**  
**Ludwigstraße 8-10 · D-55116 Mainz**

**Tel.: +49 (0) 6131 – 203339**  
**Fax: +49 (0) 6131 – 203536**

*The world of diode lasers.*

**NEW**

**FFS**  
**FemtoFiber® Scientific**

[www.toptica.com](http://www.toptica.com)

- Ultrafast Erbium fiber laser
- < 100 fs pulses
- 180 mW, > 10 kW peak
- Center wavelength 1550 nm

Options:

- < 30 fs pulses
- Octave-spanning output
- Tunable 1150 - 1400 nm
- SHG 575 - 700 nm

T 089/89 99 69-0 • F 089/89 99 69-35  
 sales@toptica.com • www.toptica.com

# Sommerliche Wetterextreme: Zufall oder Zeichen?

Von Volkmar Wirth

**Die außergewöhnlichen Ereignisse im Sommer 2002 und 2003 werfen die Frage auf, ob der Klimawandel schon seine Spuren hinterlässt.**

Die Bilder haben wir alle noch im Gedächtnis. Starkniederschläge im Sommer 2002: die Bäche und Flüsse des Erzgebirges verwandeln sich in reißende Ströme. Wenige Tage später steht Dresden unter Wasser und der Pegel erreicht einen Höchststand, den die Semperoper und der Zwinger seit ihrer Erbauung nicht erlebt haben (Abb.1). Es entstehen volkswirtschaftliche Schäden in vielfacher Milliardenhöhe. Dagegen steht das Jahr 2003: ein Jahrhundertsummer in Deutschland! Zwischen März und September scheint die Sonne nahezu ununterbrochen und es fällt nur sehr wenig Regen. In den Sommermonaten wird es des Schönen nahezu ununterbrochen und es fällt nur sehr wenig Regen. In den Sommermonaten wird es des Schönen nahezu ununterbrochen und es fällt nur sehr wenig Regen. In den Sommermonaten wird es des Schönen nahezu ununterbrochen und es fällt nur sehr wenig Regen. In den Sommermonaten wird es des Schönen nahezu ununterbrochen und es fällt nur sehr wenig Regen.

Allen ist klar, dass die Witterung dieser beiden Sommer extrem war, und es drängt sich die Frage auf, ob ein Zusammenhang mit der anthropogenen, d.h. vom Menschen verursachten Klimaveränderung besteht.

meint das Wetter über einen Zeitraum von einigen Tagen bis wenigen Wochen. Primäre Ursache für die extremen Überschwemmungen im August 2002 war regnerisches Wetter, während die langanhaltende Hitze des Sommers 2003 besser als Ausdruck einer trocken-heißen Witterung zu verstehen ist.

Von beidem klar zu trennen ist der Begriff „Klima“. Üblicherweise versteht man darunter die statistisch mittleren Verhältnisse über einen Zeitraum von 30 Jahren. Damit ist Klima zunächst eine mathematisch-statistische Größe. Dennoch ist der Begriff von hohem praktischen Nutzen. So reagieren viele Aspekte der Natur auf das Klima. Speziell der Lebensraum von Tieren und Pflanzen wird stark durch das Klima beeinflusst. Einem Baum ist es egal, ob es heute regnet oder erst in drei Tagen, d.h. er ist unabhängig vom Wetter als Einzelereignis. Dagegen ist es wichtig für den Baum, dass während seiner Wachstumsperiode eine Mindestmenge Regen fällt, und dies Jahr für Jahr. Mit anderen Worten: Er benötigt ein bestimmtes Klima zum Gedeihen. So ist es nicht verwunderlich, dass in frühen Ansätzen zur Klassifikation von Klima teilweise das Auftreten von Pflanzen mit einbezogen wurde.

Seit dem Ende der letzten Eiszeit ist unser Klima durch erstaunliche Konstanz gekennzeichnet. Dennoch schwankt das Klima in einer gewissen Bandbreite und diese Variabilität ist normal. Zur natürlichen Variabilität gehören auch Extremereignisse und so hat es in der Vergangenheit immer wieder Überflutungen und heiße Sommer gegeben.

## Die Überflutungen des Sommers 2002

Im Erzgebirge und am Oberlauf von Elbe und Oder kennt man das Problem sommerlicher Überflutungen sehr wohl. Ursache dafür sind Starkniederschläge, die in der genannten Region zwar nicht jährlich, aber doch immer wieder auftreten. Die Niederschläge von August 2002 sind dennoch rekordverdächtig. In Zinnwald-Georgenfeld (südlich von Dresden) fielen innerhalb von 24 Stunden 353 mm Regen. Das ist mehr, als es in Mainz normalerweise in 7 Monaten regnet. Doch erst drei Jahre vorher regnete es im Juli im Erzgebirge 144 mm in 90 Minuten, was einer noch höheren Regenrate entspricht und im Juli 1997 kam es an der Oder zu verheerenden Überschwemmungen. Bei Gottleuba im Erzgebirge fielen im Juli 1927 innerhalb von 4 Stunden 200 mm und es starben 144 Menschen in den Fluten. Im Juli 1897 regnete es im Riesengebirge 345 mm innerhalb von 24 Stunden, ein Wert der praktisch an den vom August 2002 herankommt. Die schlimmste Überflutung Deutschlands in historischer Zeit ereignete sich ver-

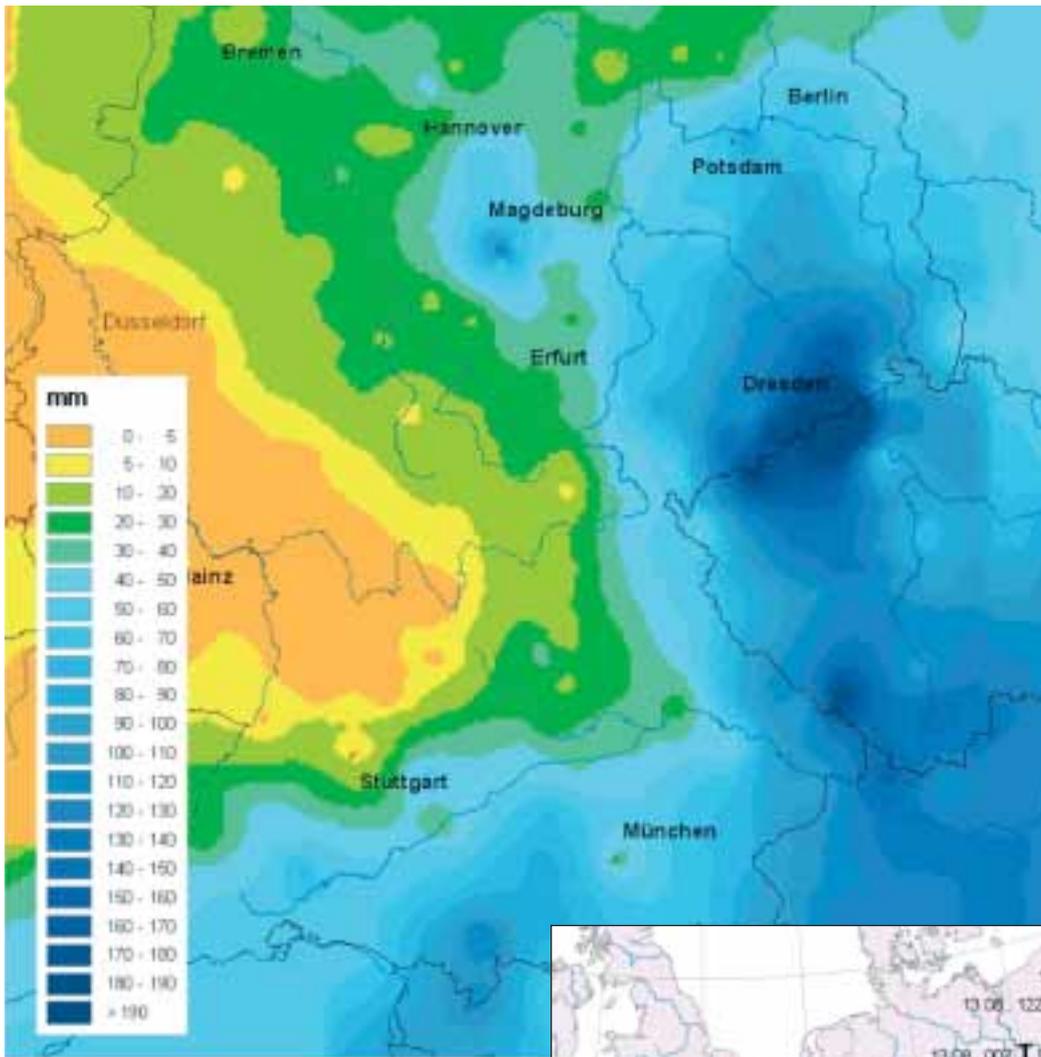


Quelle: Pressearchiv Stadt Dresden

**Abb.1:** Hochwasser in Dresden im August 2002: Im Vordergrund die Semperoper, dahinter der Zwinger.

## Unterschied zwischen Wetter und Klima

Zunächst muss man zwischen den Begriffen „Wetter“ oder „Witterung“ auf der einen Seite und „Klima“ auf der anderen Seite unterscheiden. Unter Wetter versteht man den Zustand der Atmosphäre an einem bestimmten Ort und zu einem bestimmten Zeitpunkt. Wenn es heute kühl ist und regnet, während es gestern warm war und die Sonne schien, so haben wir heute anderes Wetter als gestern. Der Begriff „Witterung“ ist etwas breiter gefasst und



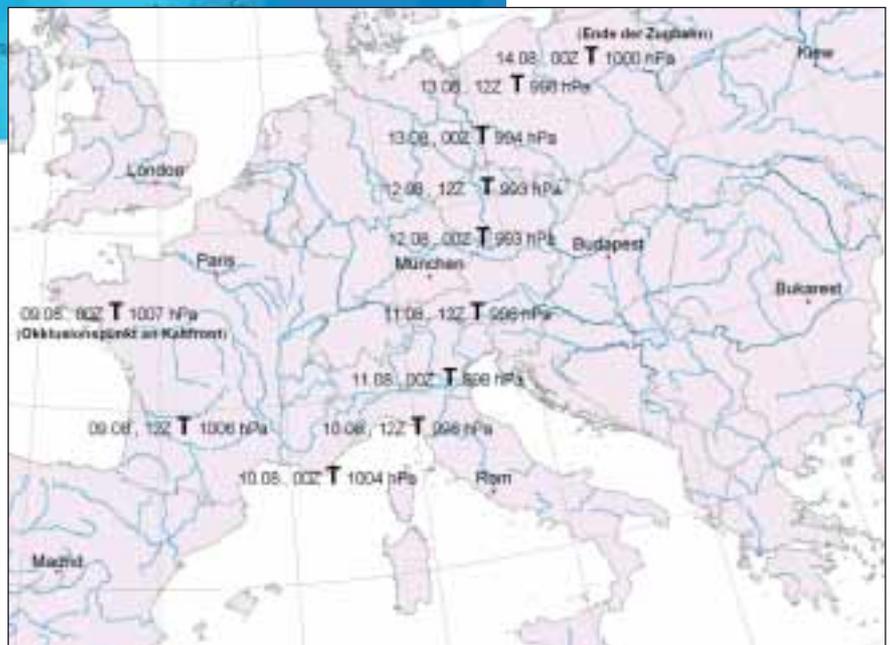
**Abb. 2:** Gesamtniederschlag über Deutschland in dem Zeitraum 10. bis 13. August 2002. Die blauen Gebiete markieren Werte über 40 mm, dunkelblau bedeutet mehr als 150 mm Niederschlag innerhalb von drei Tagen. Zum Vergleich: Normale Werte für Deutschland liegen zwischen 50 und 70 mm für einen ganzen Monat.

Quelle: DWD, Klimastatusbericht 2002

mutlich im Jahr 1342, als weite Teile von Elbe, Main, Donau und Rhein überflutet waren. Historisch gesehen kommen also sommerliche Starkniederschläge mit verheerenden Überflutungen in Zentraleuropa zwar immer wieder vor, doch zählt das Ereignis vom August 2002 wirklich zu den extremen (Abb.2).

Wie ist es überhaupt möglich, dass in einer Region innerhalb von 24 Stunden eine so große Menge Regen fällt, wozu es normalerweise vieler Monate bedarf? Unter mittleren Verhältnissen enthält jede Luftsäule eine Menge Feuchtigkeit, die 25 mm Regen entspricht. Die bekannten Niederschlagsmechanismen können der Atmosphäre jedoch nur ca. 30 Prozent ihrer Feuchte entziehen, sodass jede Luftsäule im Mittel nur 8 mm Regen produzieren kann. Rund 50-mal soviel Regen ist am 12. und 13. August 2002 über Zinnwald-Georgenfeld gefallen. Die Feuchte muss also aus anderen Regionen nachgeliefert worden sein.

Der Feuchtetransport war mit einer besonderen Wetterlage, genannt Vb, verknüpft. Diese Vb-Wetterlage stellt einen überaus effizienten Weg für Feuchtetransport dar. Von England herkommend zog ein Tiefdruckgebiet am 10. August zunächst über das Mittelmeer hinweg und schwenkte dann am 11. August auf eine nördliche Zugbahn in Richtung Zentraleuropa (Abb.3). Feuchtwarme Luft aus dem Mittelmeergebiet und vom Schwarzen Meer wurde so nordwärts



Quelle: DWD, Klimastatusbericht 2002

nach Polen geführt und dann in einer Linksdrrehung gegen die Berge des Erzgebirges geblasen. Ein Gebirge zwingt die Luft zum Aufsteigen, sie kühlt sich ab und der Wasserdampf kondensiert. Auf diese Weise wird die hohe Luftfeuchte im Luv eines Gebirges besonders effizient in Regen umgewandelt. Das entsprechende Strömungsmuster blieb am 12. August über viele Stunden hinweg nahezu stationär. Im Endeffekt wurde also feuchte Luft kontinuierlich aus südlichen Regionen wie auf einem Förderband zum Erzgebirge transportiert, um dort abzuregnen.

**Abb. 3:** Zugbahn des Tiefdruckgebiets zwischen dem 9. und 14. August 2002, das die verheerenden Überschwemmungen an der Elbe verursacht hat. Der Buchstabe „T“ markiert das Zentrum des Tiefs zum jeweiligen Datum. Die Zugbahn entspricht der bekannten Vb-Wetterlage.

Doch selbst diese starken und andauernden Regengüsse hätten in einem anderen Jahr wahrscheinlich nicht zu so verheerenden Überschwemmungen geführt. Es kam noch ein weiterer Umstand hinzu. In der Region hatte es bereits in den vorangegangenen Wochen stark (wenn auch nicht extrem) geregnet. Dadurch war der Boden kräftig durchfeuchtet und konnte kein weiteres Regenwasser aufnehmen. Praktisch der gesamte Niederschlag vom 10. bis 13. August ist deswegen sofort in die Flüsse getreten und stromabwärts geschossen.

Zusammengefasst kann man sagen, dass die meteorologischen Ereignisse von August 2002 zwar als selten, aber keineswegs unbekannt einzuschätzen sind. Eine Überlagerung von Zufällen (Quasistationarität der Strömung, vorherige Sättigung des Bodens) führte dazu, dass die resultierenden Überschwemmungen extrem ausfielen.

### Der Hitzesommer 2003

Sämtliche Monate von März bis September 2003 waren in Deutschland deutlich wärmer und trockener als im Mittel. Hervorstachen die mehrwöchigen Hit-

Betrachtet man die flächenhafte Verteilung der Temperaturanomalie (Abb. 5), so zeigt sich, dass nicht nur Deutschland, sondern weite Bereiche Zentral- und Südeuropas von der Hitze betroffen waren.

Wie kam es zu den langanhaltenden Perioden mit extrem hohen Temperaturen? Zentral- und Südeuropa lagen ungewöhnlich häufig im Bereich eines Hochdruckkeils, welcher heiße Luft aus Nordafrika nordwärts transportierte und für schönes Wetter mit viel Sonnenschein sorgte (Abb. 6). Dauert so eine Strömungssituation mehrere Tage lang an, so spricht man von einer „blockierenden Wetterlage“. Solche blockierenden Lagen mit Hochdruck über Mitteleuropa sind im Sommer eher eine Seltenheit. Im Sommer 2003 aber regenerierte sich dieses Strömungsmuster immer wieder aufs Neue, sodass man von einer quasi-permanenten Hochdruckwetterlage sprechen kann.

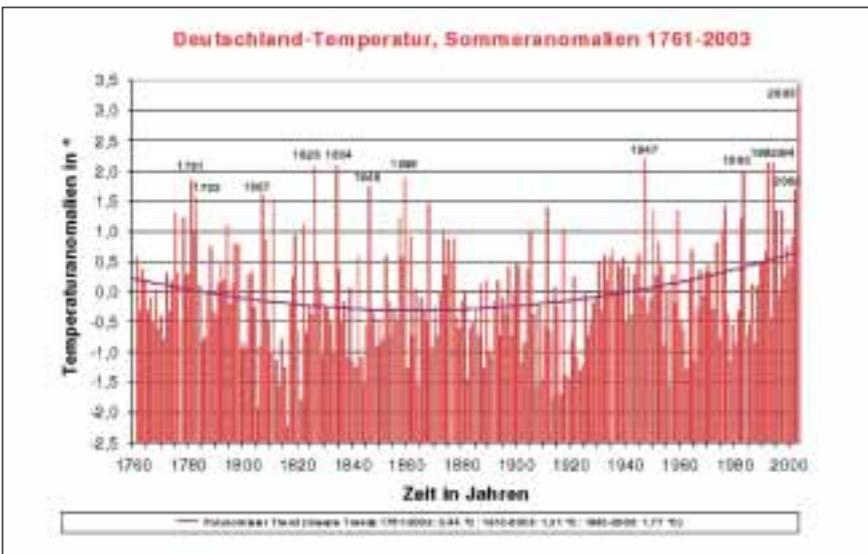
Schon die Frühlingsmonate waren trocken und warm gewesen, sodass der Boden während der Sommermonate stark austrocknete. Dies führte zu einer Verstärkung der Hitze, weil die eingestrahelte Sonnenenergie über einem trockenen Boden primär in Wärme umgesetzt wird und nicht (wie üblich) zum Teil zum Verdunsten von Bodenfeuchte verbraucht wird.

Zusammenfassend also war der Sommer 2003 über Mitteleuropa durch eine persistente Strömungsanomalie gekennzeichnet, die uns Sonnenschein und Warmluft aus dem Süden bescherte. Die Wechselwirkung mit dem ausgetrockneten Boden führte zu einer Verstärkung der Hitze. Das Phänomen des blockierenden Hochs an sich ist etwas Normales, doch die extrem langanhaltende Dauer muss als absolut ungewöhnlich angesehen werden.

### Zusammenhang des Hitzesommers mit der anthropogenen Klimaerwärmung?

Eingangs wurde bereits herausgestrichen, dass ein einzelnes Wetter- oder Witterungsereignis zunächst nicht viel mit dem Klima zu tun hat. Vielmehr ist Klima die statistische Summe von Wetter über viele Jahre hinweg. Außerdem wurde darauf hingewiesen, dass eine gewisse Variabilität eine normale Eigenschaft des natürlichen Klimas ist. Es folgt, dass ein einzelner extremer Sommer nicht als Beweis einer Klimaveränderung gewertet werden kann. Wenn die kommenden Sommer alle wieder normal und unauffällig werden, muss man den Sommer 2003 als „seltenes, aber an sich normales Extremereignis“ werten.

Jedoch sind sich inzwischen fast alle Meteorologen einig, dass der Mensch das Klima merklich verändert. Dies ist das Ergebnis des dritten Berichts des IPCC, in dem weltweit die führenden Klimawissenschaftler den Stand der Forschung zusammenfassen und bewerten. Wenn auch ein einzelner Sommer keinen Beweis für die Klimaveränderung liefert, so sind doch folgende Fragen berechtigt: Ist es denkbar, dass die kürzlich erlebten sommerlichen Wetterextreme Ausdruck der anthropogenen Klimaveränderung



Quelle: DWD Klimastatusbericht 2003

**Abb. 4:** Zeitreihe der sommerlichen Temperaturanomalien (gemittelt über ganz Deutschland) von 1761 bis 2003. Der Sommer 2003 übertrifft deutlich alle vorherigen Extremwerte.

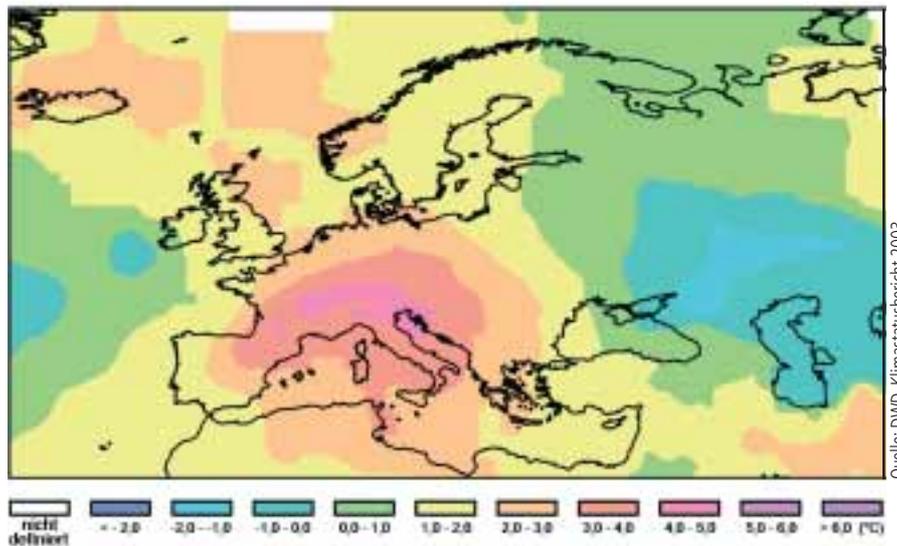
zeperioden der Monate Juni und August. Mittelt man über die drei Sommermonate Juni bis August, so hatten wir den sonnenscheinreichsten Sommer seit 1951 und den fünftrockensten Sommer seit 1901. Hinsichtlich der Temperaturen aber wurden sämtliche Rekorde seit Beginn der Temperaturlaufzeichnungen übertroffen. In einer ununterbrochenen Zeitreihe seit 1761 (Abb. 4) sticht der Sommer 2003 als einsames Maximum selbst so warme Sommer wie den des Jahres 1947 bei weitem aus. Die mittlere Temperatur lag um mehrere Standardabweichungen oberhalb des langjährigen Mittelwerts. Selbst wenn man berücksichtigt, dass sich die Temperaturen als Folge der anthropogenen Klimaveränderung allmählich erhöhen, erscheint das Jahr 2003 als eine statistische Rarität mit einer Wiederkehrzeit von ca. 500 Jahren. Demgemäß sollte der nächste derartig warme Sommer einige Jahrzehnte auf sich warten lassen.

sind? Erhöht die anthropogene Klimaveränderung die Wahrscheinlichkeit für solche Wetterextreme?

Üblicherweise wird der Nachweis der anthropogenen Klimaveränderung über großflächige Mittelwerte wie beispielsweise die globale bodennahe Lufttemperatur geführt. Dadurch bekommt man die Statistik gut in den Griff. Viel problematischer sind dagegen Extremwerte. Dies liegt daran, dass Extremwerte, wie der Name andeutet, sehr selten auftreten und daher die Länge der verlässlichen Messreihen für eine statistisch fundierte Aussage nicht ausreicht. Auf der anderen Seite aber sind wir gerade an der Entwicklung von Extremwerten interessiert, weil die menschliche Gesellschaft darauf besonders empfindlich reagiert. Selbst eine kleine Veränderung des Mittelwerts einer Verteilung kann eine vergleichsweise große Änderung von Extremwerten nach sich ziehen. So gesehen ist es plausibel, starke Änderungen bei den Extremwerten zu vermuten, wenn auch der Beweis, dass diese menschengemacht sind, derzeit nicht möglich ist.

Eine wichtige Rolle bei der Beurteilung der anthropogenen Klimaveränderungen spielen die Klimamodelle. Hier versuchen Klimaforscher, alle relevanten physikalischen und chemischen Prozesse der Atmosphäre und des Ozeans in einem Computermodell zu vereinen. Lässt man das Modell einmal mit und einmal ohne menschliche Einflüsse (vor allem anthropogene Treibhausgase und Aerosole<sup>1</sup>) laufen, so bekommt man ein Bild davon, wie der Mensch die Entwicklung der Atmosphäre beeinflusst. Der Vergleich dieser berechneten Differenz mit den tatsächlich beobachteten Veränderungen zeigt an, ob und inwiefern der Mensch tatsächlich schon merklich eingegriffen hat.

Mit Hilfe solcher Klimamodelle haben Meteorologen von der Eidgenössischen Technischen Hochschu-



Quelle: DWD, Klimastatusbericht 2003

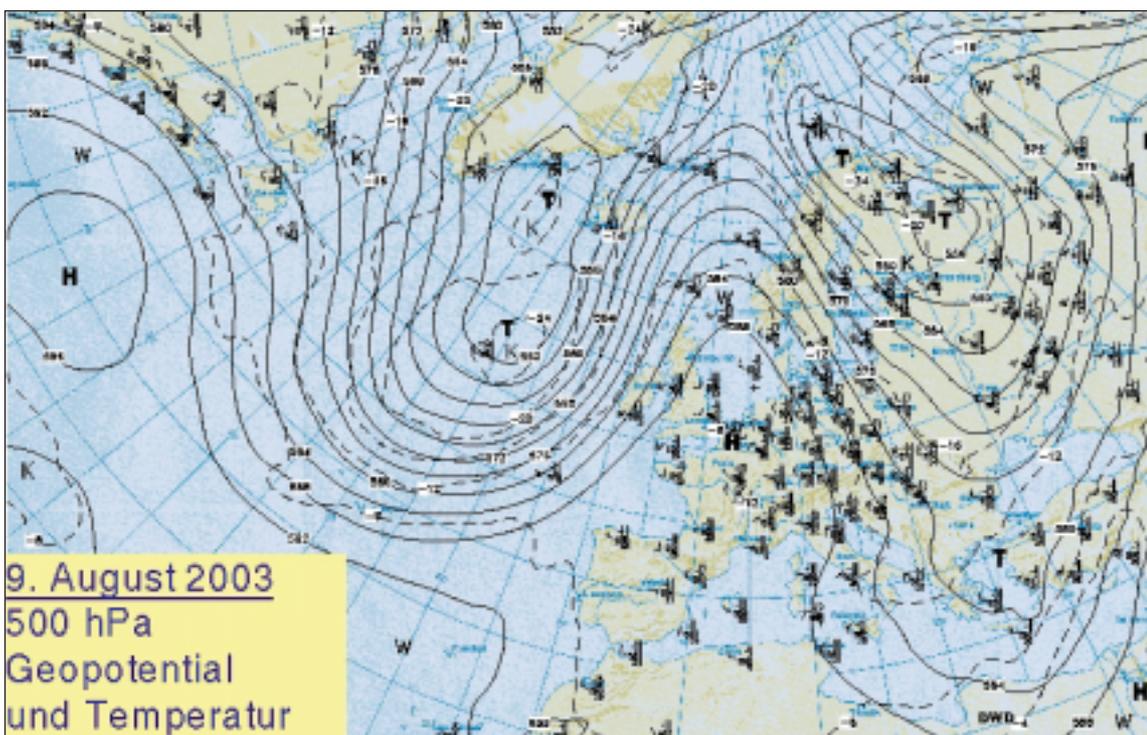
le in Zürich versucht abzuschätzen, wie das regionale Klima in Mitteleuropa in 100 Jahren aussehen wird. In ihren Simulationen nimmt der Mittelwert der Temperatur um ca. 5 Grad zu. Zusätzlich erhöht sich die Variabilität des Klimas. Als Konsequenz finden sie, dass ein Sommer wie 2003 für unsere Urenkel ein relativ gewöhnliches Ereignis sein wird, mit dem alle zwei bis drei Jahre zu rechnen sein wird.

Auch wenn diese Simulationen mit Unsicherheiten behaftet sind, legen sie nahe, dass uns der Sommer 2003 einen Vorgeschmack auf kommende Jahrzehnte gegeben hat. Doch eigentlich sollten die Extremereignisse eher graduell zunehmen, da das Klima allmählich wärmer wird. Damit bleibt die Frage ungeklärt, was speziell im Sommer 2003 passiert ist, denn die langjährige Zeitreihe sieht auf den ersten Blick nicht so aus, als handle es sich um eine allmähliche Zunahme von Extremereignissen.

Man mag sich mit der Feststellung zufrieden

**Abb. 5:** Temperaturanomalie (Abweichung vom langjährigen Mittelwert) im Sommer 2003 über Europa. Die Temperaturen in Teilen Frankreichs und Süddeutschlands waren mehr als 4 Grad zu warm.

<sup>1</sup> Aerosole sind winzige Tröpfchen oder Partikel in der Atmosphäre. Sie beeinflussen die Entstehung von Wolken und sind daher klimarelevant.



Quelle: Berliner Wetterkarte

**Abb. 6:** Wetterkarte über Europa am 9. August 2003. Der Wind in ca. 5 km Höhe bläst näherungsweise parallel zu den durchgezogenen Linien. Über Zentral- und Südwesteuropa liegt ein Hochdruckkeil.

geben, dass das Klima natürlicherweise schwankt und gelegentlich eben Extreme auftreten; schließlich haben wir gesehen, dass sich auch im Sommer 2003 keine „neue Meteorologie“ ereignet hat, sondern lediglich eine blockierende Hochdruckwetterlage länger als gewöhnlich andauerte. Doch die Tatsache, dass gerade die Windverhältnisse ungewöhnlich waren, weckt einen anderen Verdacht. Atmosphärische Strömung ist hochkomplex und neigt zur Bildung von Regimen, die üblicherweise als Wetterlagen bezeichnet werden. Bis heute weiß niemand, wie sich der Klimawandel auf die Wetterlagen auswirken wird. Zum Beispiel kann sich die relative Häufigkeit der verschiedenen Wetterlagen verändern oder es verändern sich die charakteristischen Merkmale einzelner Wetterlagen. Aus Rekonstruktionen des Klimas der vergangenen Jahrhunderte weiß man, dass solche Verschiebungen möglich sind. Ist es also denkbar, dass wir in Zukunft ein neues sommerliches Wetterregime bekommen, welches durch eine blockierende Hochdrucklage über Europa gekennzeichnet ist? In diesem Fall hätten wir lediglich das erste Auftreten eines solchen Regimes erlebt, und vielleicht folgt bald wieder ein derartiger Sommer – ganz gegen jede konventionelle Statistik? Allerdings ist diese Überlegung hochspekulativ, und die Forschung macht nur langsame Fortschritte in dieser Frage.

### Veränderung des Niederschlags durch den Klimawandel?

Wenn der Mensch nun das Klima erwärmt, wird es in Zukunft mehr oder weniger regnen? Leider ist die Klimavorhersage für den Niederschlag sehr schwierig und die Modelle weisen hier noch die größten Unsicherheiten auf. An dieser Stelle sollen daher nur einige grundlegende physikalische Aspekte diskutiert werden.

Die Wasserspeicherkapazität der Luft, d.h. die maximale Menge Wasserdampf, die die Atmosphäre enthalten kann, hängt stark von der Temperatur ab. Sie erhöht sich mit jedem Grad Erwärmung um 6,5 Prozent. Je mehr Wasser in der Luft ist, desto mehr kann es potenziell regnen. Man darf erwarten, dass aus diesem Grund in einem wärmeren Klima der Niederschlag in bestimmten Extremsituationen zunimmt. Betrachten wir zum Beispiel eine Vb-Wetterlage, bei der Luft aus dem Mittelmeerraum nach Zentraleuropa transportiert wird und sich im Erzgebirge abregnet. Wenn die Temperaturen in 100 Jahren im Mittel 5 Grad wärmer sind, hat die Wasserspeicherkapazität entsprechend um etwa 33 Prozent zugenommen. Der gleiche Wind kann also ein Drittel mehr Wasser transportieren. Nimmt man an, dass sich die Verhältnisse ansonsten nicht verändern, so kann man mit einem Drittel mehr Niederschlag rechnen.

| Energy | Trade | Solutions | Partnership |

Ihr Vorteil im Wettbewerb: **citiworks.**

Profitieren Sie von der citiworks AG und nutzen Sie das Know-How unserer branchenerfahrenen Key Account Manager, die Sie kompetent in allen Fragen des Energiemarktes und der Energieversorgung beraten. Unsere Business-Spezialisten entwickeln marktgerechte Lösungen, individuell abgestimmt auf Ihr Unternehmen. Damit Sie in Zukunft Ihre Energie zu optimalen Kosten, effizient und sicher beziehen – vom klassischen Strombezugsvertrag bis hin zu komplexen Energielösungen auf der Basis Ihres Bedarfs. Überzeugen Sie sich selbst: [www.citiworks.de](http://www.citiworks.de)

Energie für Ihr Business. **citiworks**<sup>®</sup>  
DEUTSCHE STADTWERKE ALLIANZ

citiworks AG | Emmy-Noether-Straße 2 | 80287 München | [www.citiworks.de](http://www.citiworks.de)

Das Argument muss jedoch mit Vorsicht verwendet werden. Es lässt sich daraus nicht schließen, dass der mittlere Niederschlag in gleichem Maße zunimmt wie der Maximalniederschlag eines Einzelereignisses. Der mittlere Niederschlag wird nämlich nicht allein durch die Wasserspeicherkapazität der Atmosphäre bestimmt. Global gesehen halten sich Niederschlag und Verdunstung die Waage. Um Wasser an der Erdoberfläche zu verdunsten, ist Energie nötig, und diese stammt im Wesentlichen aus der Strahlung von der Sonne und der Erdatmosphäre. Die an der Erdoberfläche eingestrahlte Energie nimmt im Zuge der Klimaerwärmung voraussichtlich zu, aber nicht so stark wie die Wasserspeicherkapazität der Atmosphäre. Der mittlere Niederschlag sollte demnach weniger stark zunehmen als der Niederschlag in einzelnen Extremereignissen.

Ein mögliches Szenario für ein erwärmtes Klima sieht wie folgt aus: Die Extremniederschläge nehmen deutlich zu, weil sich die Wasserspeicherkapazität der Atmosphäre erhöht. Der mittlere Niederschlag nimmt ebenfalls zu, aber nicht so stark. Beides kann dadurch in Einklang gebracht werden, dass beispielsweise die Anzahl der trockenen Tage zunimmt. So ist es denkbar, dass es sowohl mehr Starkniederschläge als auch mehr Trockenheit geben wird, dass wir also zunehmend hydrologische Extreme erleben. Diese Überlegung macht plausibel, warum die sehr unterschiedlichen meteorologischen Extreme der Sommer 2002 und 2003 gleichermaßen als Indiz für den Klimawandel gewertet werden können.

### Weitere Überraschungen sind zu erwarten

Fassen wir zusammen: Die Wetter- und Witterungsergebnisse der Sommer 2002 und 2003 waren unbestritten extrem – sie sind einzigartig in der Periode der historischen Instrumentenaufzeichnungen. In beiden Fällen haben wir es mit an sich bekannten Phänomenen zu tun, die jedoch in ungewohnter Stärke oder Persistenz zu Tage traten. Theoretische Überlegungen und Berechnungen mit komplexen Klimamodellen legen nahe, dass wir in Zukunft häufiger sowohl mit Extremniederschlägen als auch mit langanhaltenden Trocken- und Hitzeperioden zu rechnen haben. Die beiden Sommer können damit als Indiz für die anthropogene Klimaveränderung angesehen werden. Gleichzeitig werfen sie neue Fragen auf und lassen ahnen, dass die Natur für uns auch in Zukunft manche Überraschung bereit hält.

### ■ Summary

In summer 2002, Germany experienced heavy precipitation and extreme flooding, while the summer of 2003 was characterized by extended periods of extremely hot and dry weather. In both cases the meteorological phenomena are well-known, but they occurred with unusual strength and persistence. Theoretical reasoning and projections from climate models suggest that the increased frequency of such extreme events is due to human impact on the atmosphere, although the occurrence of a few extremes cannot be taken as a proof of anthropogenic climate change.



**Univ.-Prof. Dr.  
Volkmar Wirth**

VOLKMAR WIRTH studierte Physik und Meteorologie an den Universitäten in Erlangen und Bonn und am M.I.T. (USA). Im Jahr 1992 promovierte er an der Ludwig-Maximilians-Universität in München über die globale Verteilung des stratosphärischen Ozons. Die Habilitation erfolgte im Jahr 1999 mit Arbeiten zum Austausch von Luft zwischen Stratosphäre und Troposphäre. Seit Herbst 2000 ist er Professor für Theoretische Meteorologie und Atmosphärenphysik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Seine Forschungsschwerpunkte sind: Atmosphärendynamik, speziell Dynamik der Tropopausenregion, Advektion von Spurenstoffen, Potentielle Vorticity, Wasserkreislauf und regionales Klima sowie Gebirgsmeteorologie.

### ■ Kontakt:

#### **Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Volkmar Wirth**

Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Physik der Atmosphäre  
Becherweg 21  
55099 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-22868  
Fax +49 (0) 6131 39-23532  
E-Mail: [vwirth@uni-mainz.de](mailto:vwirth@uni-mainz.de)  
<http://www.uni-mainz.de/FB/Physik/IPA/welcome.html>

# Neuroglobin und Cytoglobin: Zwei neu entdeckte Atmungsproteine in menschlichen Zellen

Von Thorsten Burmester und Thomas Hankeln

**In den letzten 130 Jahren sind Hämoglobin und Myoglobin zu Parademolekülen der biologischen und medizinischen Forschung gereift. Nun wurden unerwarteterweise noch zwei weitere Atmungsproteine entdeckt.**

„Blut ist ein besonderer Saft.“ Das wusste schon Goethe, als er diesen Satz Mephisto zu Faust sagen ließ. Auch für die Medizin- und Biowissenschaften ist Blut etwas ganz besonderes, unter anderem deshalb, weil kein Eiweiß so gut untersucht ist wie der rote Blutfarbstoff, allgemein bekannt unter dem Namen „Hämoglobin“. Dieses eisenhaltige Protein bindet den lebensnotwendigen Sauerstoff in den Blutzellen und sorgt dafür, dass er von unseren Lungen zu allen Zellen des Körpers gelangt. Ein anderer guter Bekannter ist das dem Hämoglobin nahe verwandte Myoglobin. Seine Funktion ist die Sauerstoffversorgung des sehr anspruchsvollen Herzmuskels und der übrigen Muskelzellen, die für Bewegungsabläufe des Körpers verantwortlich sind. Auf molekularer Ebene sind sich Hämoglobin und Myoglobin sehr ähnlich; der wichtigste Unterschied ist, dass Hämoglobin aus vier Proteinketten besteht, Myoglobin davon jedoch nur eine besitzt. Dieser spezielle Aufbau sorgt dafür, dass auf der einen Seite Hämoglobin ein ideales Sauerstofftransportvehikel darstellt, Myoglobin jedoch den Sauerstoff besser im Muskel speichern kann.

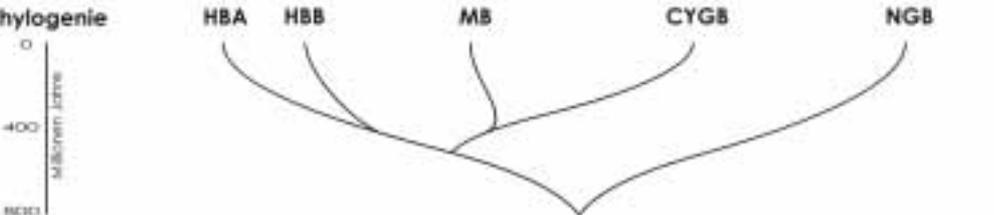
Sowohl Hämoglobin als auch Myoglobin sind seit über 130 Jahren Paradeobjekte der biologischen und medizinischen Forschung. Zahlreiche wichtige Entdeckungen der Biochemie, der Strukturforschung, der

Genetik und der molekularen Evolution sind Untersuchungen dieser beiden Proteine zu verdanken. Auch einige Erbkrankheiten des Menschen, wie zum Beispiel Sichelzellenanämie oder Thalassämien, konnten mit Veränderungen in den Hämoglobin-Genen in Verbindung gebracht werden. Im Laufe der Zeit wurden hämoglobinartige Proteine in vielen anderen Organismen, selbst in Pflanzen und Bakterien, gefunden. Nicht selten haben diese Hämoglobine jedoch nichts mit einer Sauerstoffversorgung der Zellen zu tun, sondern übernehmen andere Funktionen. Zum Beispiel katalysieren einige Hämoglobine als Enzyme sauerstoffverbrauchende Reaktionen, andere wiederum sind in Bakterien und Hefen zu Sauerstoff-Sensoren geworden. Ungeachtet dieser Erkenntnisse war die wissenschaftliche Gemeinschaft bis vor kurzem der Auffassung, dass gerade beim Menschen und anderen Wirbeltieren eigentlich fast alles über Globine und ihre Gene bereits bekannt sei.

## Neuroglobin – ein Atmungsprotein der Nervenzellen

Eigentlich auf der Suche nach den Hämoglobinen von Insekten, stießen wir in den Instituten für Zoolo-

*Der Genstammbaum zeigt, dass Cytoglobin am nächsten mit dem Myoglobin des Muskels verwandt ist.*

|   | Hämoglobin   | Myoglobin  | Cytoglobin  | Neuroglobin   |
|---|--|--|---|---|
|   |   |  |  |  |
| <b>Expressionsorte</b>                              | rote Blutkörperchen  | Skelettmuskel<br>Herz<br>glatte Muskulatur   | Fibroblasten<br>Leber-Sternzellen<br>Nervenzellen                                     | Neuronen<br>Retina<br>Endokrine Gewebe  |
| <b>Koordination am Fe-Atom</b>                      | penta  | penta  | hexa  | hexa  |
| <b>Sauerstoffaffinität (P<sub>50</sub> in Torr)</b> | 26   | 1  | 1   | 1   |
| <b>Chromosom (Mensch)</b>                           | α-Genlocus 16p13<br>β-Genlocus 11p15   | 22q13  | 14q24   | 17q25   |
| <b>Phylogenie</b>                                   |  |  |   |   |

Printmedien und mehr ...\*

An neuem  
Standort, mit  
neuester Technologie  
und vor allem: Know-How.

\*Datenbankgestützte Publikationen,  
Internet-Informationssysteme,  
CD-ROM-Publikationen.

**DINGES & FRICK**

Medientechnik,  
Drucktechnik & Verlag GmbH  
Greifstraße 4 - 65199 Wiesbaden  
Tel.: (0611) 39699-0 - Fax (0611) 39699-30  
alle ISDN-Protokolle (0611) 932079  
E-mail: [df@dinges-frick.de](mailto:df@dinges-frick.de)  
[www.dinges-frick.de](http://www.dinges-frick.de)

gie und für Molekulargenetik vor fünf Jahren eher zufällig auf ein weiteres Globin des Menschen. Dazu verhalf uns am Rosenmontag 1999 die scheinbar verrückte Idee, die in den Datenbanken der Genomprojekte bereits vorhandenen Genschnipsel von Maus und Mensch mit Insektensequenzen zu durchsuchen. Die gefundenen Globinsequenzen passten zur großen Überraschung zu keinem der bekannten Häm- oder Myoglobine, sondern ähnelten eher den bereits seit längerem bekannten, aber eher als Kuriosum angesehenen Globinen aus den Nervensträngen wirbelloser Tiere. Tatsächlich stellte sich in den weiteren Untersuchungen heraus, dass dieses neuartige Globin im Menschen und in der Maus fast ausschließlich in Nervenzellen hergestellt wird. Folgerichtig auch sein Name: „Neuroglobin“ (Nature 407, S. 520-523). Obwohl die exakte Funktion von Neuroglobin in der Zelle noch unklar ist, gehen wir davon aus, dass Neuroglobin die Sauerstoffversorgung der sehr stoffwechselaktiven Nervenzellen verbessert. Eine amerikanische Gruppe am Buck Institute in Kalifornien konnte zudem kürzlich zeigen, dass Neuroglobin die Überlebensfähigkeit von Nervenzellen unter Sauerstoffmangel verbessert (Proceedings of the National Academy of Sciences USA 98, S. 15306-15311). Ein derartiger Zustand tritt zum Beispiel bei einem Schlaganfall auf; und ohne den lebenswichtigen Treibstoff Sauerstoff werden die Nerven schon

nach wenigen Minuten geschädigt. Wenn sich die Beobachtungen der amerikanischen Kollegen durch laufende Untersuchungen in Mainz bestätigen sollten, so ist zu erwarten, dass Neuroglobin ein wichtiges Instrument der medizinischen Forschung wird und langfristig vielleicht auch Schlaganfallpatienten von den Erkenntnissen profitieren könnten.

Vor kurzem entdeckten wir auch, dass Neuroglobin in der Netzhaut des Auges in ausgesprochen hohen Mengen vorkommt (Journal of Biological Chemistry 278, S. 1932–1935). Die dort ermittelten Konzentrationen sind etwa hundertmal höher als im Gehirn. Das ergibt auch Sinn: Die Netzhaut, die für die Wahrnehmung von Licht und Farben verantwortlich ist, stellt das Organ des Körpers mit dem relativ höchsten Energiebedarf dar. Selbst im Dunkeln laufen dort viele energieintensive Stoffwechselprozesse ab, sodass eine ununterbrochene Zufuhr von Sauerstoff notwendig ist. Wenn zum Beispiel ein Bergsteiger in großen Höhen unter Sauerstoffmangel leidet, so lässt als Erstes die Sehfähigkeit nach, bevor es schließlich auch zu anderen Störungen kommt. In der Netzhaut tritt Neuroglobin vor allem in den Schichten mit dem höchsten Sauerstoffverbrauch angereichert auf, nämlich den Sehzellen (Stäbchen und Zapfen) und den nachfolgenden neuronalen Verschaltungen. Auch wenn die Untersuchungen erst am Anfang stehen, so ist zu hoffen, dass diese Entdeckung dazu beitragen wird, einige Erkrankungen des Auges besser verstehen zu können.

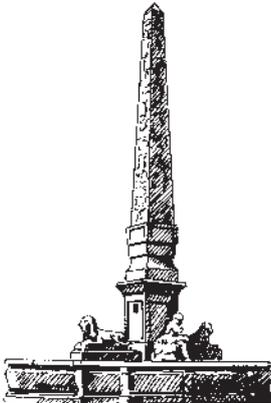
#### Cytoglobin – das vierte Mitglied der Globinfamilie

„Go back, Jack. Do it again!“ (Steely Dan 1974). Als die Entschlüsselung des menschlichen Genoms erste Früchte zu tragen begann, haben wir die Datenbanken der Erbinformation noch einmal etwas genauer durchforstet. Gefunden wurde ein weiteres, vormals unbekanntes Globin. Im Gegensatz zu Hämoglobin, Myoglobin und auch Neuroglobin, die nur in bestimmten Bereichen des Körpers vorhanden sind, ist dieses Globin in allen untersuchten Organen des menschlichen Körpers zu finden. Folglich wurde es „Cytoglobin“ getauft (Molecular Biology and Evolution 19, S. 416-421). Genauere Untersuchungen zeigten später, dass Cytoglobin wohl hauptsächlich in den Zellen des Bindegewebes sowie von Knochen und Knorpel gebildet wird. Seine Aufgabe dort ist jedoch noch weitgehend ungeklärt. Verschiedene experimentelle Hinweise sprechen dagegen, dass Cytoglobin eine ähnliche Funktion wie Myoglobin oder Neuroglobin bei der Versorgung der Zellen mit Sauerstoff hat. Möglicherweise stellt Cytoglobin aber Sauerstoff nur für ganz bestimmte Enzymreaktionen bereit, die zum Beispiel für die Verknüpfung von Kollagenproteinen notwendig sind (Journal of Biological Chemistry 279: 8063 – 8069). Auch dies wäre im Hinblick auf biomedizinische Anwendungen nicht uninteressant, da Bindegewebszellen mit ihren Kollagenen das wesentliche Stützgerüst des Körpers bilden.

Ihr Hotel in der Stadtmitte

**CITY hotel**  
neubrunnenhof





Im Herzen von Mainz, auf der „Großen Bleiche“, zentral und dennoch ruhig gelegen. 42 komfortable Zimmer mit Selbstwähltelefon, Radiowecker, Dusche/WC, Kabel-TV, hoteleigener Parkplatz, Zugang zur Fußgängerzone.

Große Bleiche 26 • 55116 Mainz  
Telefon 0 61 31 - 23 22 37 • Fax 0 61 31 - 23 22 40  
Email: [reservierung@cityhotelneubrunnenhof.de](mailto:reservierung@cityhotelneubrunnenhof.de)

Das Cytoglobin ist ca. 40 Aminosäure-Bausteine länger als alle bekannten Häm-, Myo- und Neuroglobine der Wirbeltiere. Der Genstammbaum zeigt, dass Cytoglobin am nächsten mit dem Myoglobin des Muskels verwandt ist. Es scheint sogar, dass eben dieses altbekannte Myoglobin wohl während der Evolution die muskelspezifische Variante des Cytoglobins geworden ist. Somit könnten weitere Untersuchungen des Cytoglobins auch Aufschluss über die Herkunft und womöglich sogar die stammesgeschichtlich ursprüngliche Funktionen der ersten Globine der Wirbeltiere geben.

### Die Reise hat erst begonnen

Obwohl sich durch intensive Arbeiten in den letzten Jahren zahlreiche Hinweise auf die Rolle von Neuroglobin und Cytoglobin ergeben haben, bleibt noch einiges zu tun, bevor wir die exakte Aufgabe beider Moleküle in der Zelle kennen. Auf Mainzer Initiative

hin hat sich – getragen von finanzieller Förderung durch die EU – ein internationales Konsortium von Globinexperten formiert, die zum Ziel haben, auch Neuroglobin und Cytoglobin zu „lehrbuchhaften“ Molekülen reifen zu lassen.

### ■ Summary

Hemoglobin and myoglobin are among the best investigated proteins in biology. Their main function is the supply of oxygen. Neuroglobin and cytoglobin are two novel globins of humans and other vertebrates that have recently been identified by database mining. Neuroglobin is present in the brain and other nervous tissues like the retina. It is assumed to help neurons to survive temporal low-oxygen conditions such as in a stroke. Cytoglobin is predominantly found in connective tissues and may provide oxygen to some enzymatic reactions.



**Dr. Thorsten Burmester**



Foto Peter Pulkowski

**Univ.-Prof. Dr. Thomas Hankeln**

THORSTEN BURMESTER wurde 1965 in Berlin geboren. Er studierte Biologie in Würzburg und promovierte dort 1994. Von 1995 bis 1997 war er als EMBO-Stipendiat am Institut Jacques-Monod des CNRS in Paris. Seit 1998 ist Thorsten Burmester am Institut für Zoologie der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz tätig, wo er sich 2001 habilitierte. Von 1999 bis 2001 erhielt Burmester ein Habilitationsstipendium der DFG, seit 2001 ist er Heisenbergstipendiat. Seine Schwerpunkte sind die Tierphysiologie und molekulare Phylogenie.

THOMAS HANKELN, 1959 in Dortmund geboren, hat an der Ruhr-Universität Bochum Biologie studiert und dort 1990 mit einer Arbeit über die Evolution sogenannter funktionsloser „junk DNA“ im Erbmateriale von Insekten promoviert. Von 1990 an war Hankeln wissenschaftlicher Mitarbeiter zunächst am Institut für Genetik der Johannes Gutenberg-Universität, danach am neugegründeten Institut für Molekulargenetik, gentechnologische Sicherheitsforschung und Beratung (IMSB). Seit 1995 engagiert sich Thomas Hankeln zusammen mit Mainzer Kollegen verstärkt in der Genom-Forschung. Mit Arbeiten zur Evolution von Histon- und Globinogenen habilitierte er sich 1998 für das Fach Genetik. Seit 2002 ist Thomas Hankeln neuer C3-Professor für Molekulargenetik.

### ■ Kontakt:

#### **Dr. rer. nat. habil. Thorsten Burmester**

Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Zoologie,  
Abteilung 2: Molekulare Tierphysiologie  
Johannes-von-Müller-Weg 6  
55128 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-24477  
Fax +49 (0) 6131 39-24652  
E-Mail: burmeste@uni-mainz.de  
<http://www.uni-mainz.de/FB/Biologie/Zoologie/abt2/>

### ■ Kontakt:

#### **Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Thomas Hankeln**

Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Institut für Molekulargenetik, gentechnologische  
Sicherheitsforschung und Beratung  
Becherweg 32  
55099 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-23277  
Fax +49 (0) 6131 39-24585  
E-Mail: hankeln@uni-mainz.de  
<http://molgen.biologie.uni-mainz.de>

## Schnittstelle zwischen künstlerischer Praxis und Forschung

Von Carolin Lauer, Kristina Pfarr und Claudia Eder

**Neuer Profilschwerpunkt  
„Historisch informierte  
Aufführungspraxis“ an  
der Hochschule für Musik.**

*Concerto delle donne,  
Aufführung am 02.07.2004 im  
Landesmuseum Mainz mit  
Diana Schmid, Sonja Gornik,  
Danilo Tepša, Arthur Pirvu und  
Jan Schumacher  
(von links nach rechts).*



Foto: Henry Mundt

Als Nikolaus Harnoncourt mit dem Concentus Musicus in den 1960er Jahren Bachs Brandenburgische Konzerte mit Originalinstrumenten einspielte, bedeutete dies eine Sensation im Musikleben. Heute, fast ein halbes Jahrhundert später, ist aus der damaligen Ausnahmeerscheinung eine Selbstverständlichkeit geworden. Zu den Meilensteinen dieser Bewegung zählen die Gründung von Spezialensembles und wegweisende Einspielungen wie der legendäre Monteverdi-Zyklus, den Harnoncourt gemeinsam mit Jean-Pierre Ponnelle für das Opernhaus Zürich realisierte. Authentizität, Werktreue und das Spiel auf Originalinstrumenten gehören heute zu zentralen Kategorien der musikalischen Interpretation im Sinne der historischen Aufführungspraxis. Sie bildet eine der wichtigsten Schnittstellen zwischen künstlerischer Praxis und wissenschaftlicher Reflexion. Dies belegt nicht zuletzt die Breite der musikwissenschaftlichen

Forschung und Diskussion, die unterschiedliche Forschungsansätze und Perspektiven verfolgt.<sup>1</sup>

An die Stelle der anfänglichen gemeinsamen Euphorie ist heute der kritische Dialog zwischen Musikwissenschaft und künstlerischer Praxis getreten, der den Blick für die Möglichkeiten und Grenzen der historischen Aufführungspraxis schärft. In diesem Zusammenhang erfährt auch der konventionelle Orchesterbereich wieder mehr Beachtung; moderne Klangkörper setzen heute die aus der historischen Aufführungspraxis gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse um. Exemplarisch hierfür steht Roger Norringtons Neueinspielung der Beethoven-Sinfonien aus dem Jahr 2002, bei der er – im Gegensatz zur vielbeachteten Aufnahme von 1987 – auf moderne Orchesterinstrumente setzt.

Der Authentizitätsanspruch hat sich in den letzten Jahren für Wissenschaft und Kunst gleichermaßen als

<sup>1</sup> Vgl. z.B. Howard Mayer Brown, Stanley Sadie (Hg.): *Performance Practice*, 2 Bde., London 1989, <sup>2</sup> 1990 (The New Grove Handbooks in Music).

Onlineshop Musik Alexander  
http://www.alexander-shop.de

**Willkommen bei Musik Alexander!**  
Ihr Musikhaus im Rhein-Main-Gebiet seit 1782

QUICK LINKS: BLASINSTRUMENTE TASTENINSTRUMENTE GITARRE & BASS PA, LICHT & TON ALEXANDER ZUBEHÖR SONSTIGE INSTRUMENTE

### 365 Tage im Jahr geöffnet.

Stöbern Sie jetzt rund um die Uhr in den Neuheiten, Angeboten und Gebrauchsinstrumenten unseres Onlineshops. Wir freuen uns aber auch weiterhin auf Ihren Besuch in unserem Musikhaus in Mainz. Denn nur hier können Sie alle Instrumente auch in die Hand nehmen und anspielen. Im Internet arbeiten wir noch daran...

Musik Alexander · Ihr Musikhaus im Rhein-Main-Gebiet seit 1782  
Bahnhofstraße 9 · 55116 Mainz · Mo-Fr 9.00-18.00h · Sa 9.00-13.00h  
Tel. o 61 31/28 80 80 · Fax o 61 31/22 42 48 · www.Musik-Alexander.de

**Musik Alexander**  
Das große Musikhaus im Rhein-Main-Gebiet

GEBR. ALEXANDER MAINZ  
seit 1782

größte Herausforderung erwiesen. So ist beispielsweise das Wissen um Material, Konstruktionsweise und physikalisch-akustische Eigenschaften des historischen Instrumentariums stark angewachsen; dennoch kann der Anspruch einer „authentischen“ Verwendung niemals vollständig eingelöst, sondern nur als Ideal postuliert werden. Zahlreiche Notentexte liegen als quellenkritisch erarbeitete Editionen vor; daneben stehen aufführungspraktische Textquellen wie z.B. J.J. Quantz' „Versuch einer Anweisung, die Flöte traversière zu spielen“ (1752), C.Ph.E. Bachs „Versuch über die wahre Art, das Clavier zu spielen“ (1753), L. Mozarts „Versuch einer gründlichen Violinschule“ (1756) oder Agricolas Übersetzung von P. F. Tosis „Opinioni de' cantori antichi, e moderni“ (1723, übersetzt 1757). Erkenntnisse über Zielgruppen und Intentionen dieser Traktate sowie der historischen Repräsentativität stehen ihrer unreflektierten Übernahme entgegen. Der Begriff der Werktreue umreißt damit ein Spannungsfeld zwischen der Verpflichtung auf wissenschaftliche Erkenntnisse und ihrer künstlerischen Interpretation. Über solche Einzelaspekte hinaus geht es hier auch um grundsätzliche hermeneutische Fragen: Stehen nicht – mit Hans-Georg Gadamer gesprochen – Interpret wie Hörer mit ihren Rezeptionserfahrungen immer am Ende und zugleich am Anfang einer wirkungsgeschichtlichen Phase?<sup>2</sup>

Aus der hier angedeuteten Diskussion ergeben sich verschiedene Implikationen für eine zeitgemäße künstlerische Musikausbildung. Wissenschaftlich fundierte Kenntnisse der historischen Instrumental- und Vokalpraxis wie Artikulation, Phrasierung, Ornamentik, Rhythmik und Harmonielehre sind als Lernziele in den Curricula vorzusehen und entsprechend zu operationalisieren. Als Bezugspunkt gelten dabei nicht ausschließlich Werke der Alten Musik, sondern das gesamte Werkspektrum bis zur zeitgenössischen Musik. Ziel der Musikausbildung ist der historisch informierte und künstlerisch souveräne Umgang mit jedem musikalischen Material.



Mareen Knoth,  
Diana Schmid  
und Sonja  
Gornik.

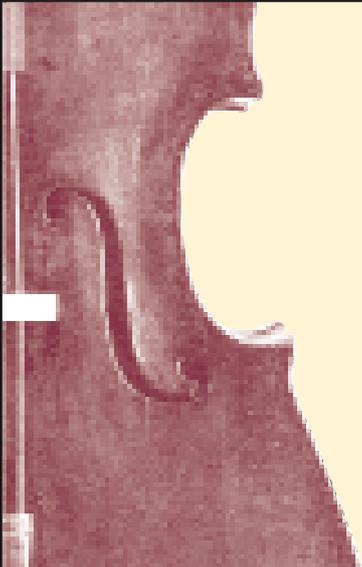
Unten:  
Diana Schmid,  
Sonja Gornik,  
Lydia Teuscher,  
Mareen Knoth,  
Arthur Pirvu,  
Danilo Tepša und  
Jan Schumacher.



Fotos: Henry Mündt

Diesen Ansatz verfolgt die Hochschule für Musik im Rahmen ihres neuen Profilschwerpunkts „Historisch informierte Aufführungspraxis“. Singing Summer, die internationale Sommerschule für Sänger und Instrumentalisten, soll sich nach ihrem erfolgreichen Start im Jahr 2004 als jährliches Weiterbildungsangebot etablieren. Sie bringt hochbegabte Sänger und Instrumentalisten mit ausgewiesenen Experten auf dem Gebiet der historisch informierten Aufführungs-

<sup>2</sup> Vgl. Ulrich Konrad, Alte Musik, musikalische Praxis und Musikwissenschaft. Gedanken zur Historizität der Historischen Aufführungspraxis, in: AfMw LVII, H. 1 (2000), S. 91-100, hier S. 92ff.



## Christoph Sticht

- Geigenbaumeister -

---

Bilhildisstraße 15  
55116 Mainz  
Tel. 0 61 31 - 22 71 95  
Fax 0 61 31 - 22 04 68  
E-mail: [info@sticht-geigenbau.de](mailto:info@sticht-geigenbau.de)  
[www.sticht-geigenbau.de](http://www.sticht-geigenbau.de)

praxis zusammen. Die Ergebnisse dieser konzentrierten, international geprägten Arbeitsphasen werden an repräsentativen Aufführungsorten im Rhein-Main-Gebiet vorgestellt. Das Kursangebot umfasst die Bereiche Oper, Kammermusik und Lied mit jeweils wechselnden thematischen Schwerpunkten. Ausgewählte Aspekte der historisch informierten Instrumental- und Vokalpraxis werden theoretisch beleuchtet und künstlerisch gestaltet. Die Hochschule für Musik nutzt mit der Etablierung dieses neuen, interdisziplinär angelegten Schwerpunkts das bundesweit einmalige Profilmerkmal der Integration in eine wissenschaftliche Universität: Im Rahmen des Schwerpunkts „Historisch informierte Aufführungspraxis“ kann die Zusammenführung von künstlerischer Praxis und wissenschaftlicher Reflexion unter besonders günstigen institutionellen Rahmenbedingungen realisiert werden.

■ **Summary**

Performance practice is considered as one of the most important interfaces between musical interpretation and scientific research. Higher musical education should both offer and reflect a critical discussion of achievements as well as limits of performance practice. Through the courses of our international summer school we aim to present a thorough grounding in the historical alongside a competent artistic approach to the practical – from early to contemporary music. As the only department of music in Germany to be integrated within a scientific university, the Hochschule für Musik has benefited from this unique situation allowing to establish a new interdisciplinary focus on performance practice.

**MMZ**  
**Mainzer Musikalien Zentrum**

MUSIK GARTEN

**Ihre Musikalienhandlung mit einer grossen Auswahl an Noten, Songbooks, Büchern und CDs, kompetenter persönlicher Beratung und weltweitem Versand**

Mainzer Musikalien Zentrum GmbH  
 Weihergarten 9 · 55116 Mainz  
 Tel.: (0 61 31) 9 12 99 90 · Fax: (0 61 31) 24 66 43  
 e-mail: info@mmz.de

auch im internet: [www.mmz.de](http://www.mmz.de)



**Carolin Lauer**

CAROLIN LAUER studierte Evangelische Theologie und Germanistik. Nach ihrem Studium war sie wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Universität Neuchâtel. Seit 2002 ist sie Geschäftsführende Dekanatsassistentin der Hochschule für Musik.



**Dr. Kristina Pfarr**

KRISTINA PFARR studierte Publizistik, Musikwissenschaft und Buchwesen. Sie ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Hochschule für Musik.



**Univ.-Prof. Claudia Eder**

CLAUDIA EDER studierte Gesang in München, Frankfurt und Mailand. Ihre internationale Laufbahn führte sie an Opern- und Konzerthäuser in Europa, den USA und Japan. Seit 1988 ist sie Professorin für Gesang an der Hochschule für Musik.

■ **Kontakt:**

**Univ.-Prof. Claudia Eder**  
 Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
 Hochschule für Musik  
 Binger Straße 26  
 55122 Mainz  
 Tel. +49 (0) 6131 39-30145  
 Fax +49 (0) 6131 39-30139  
 E-Mail: [c.eder@t-online.de](mailto:c.eder@t-online.de)  
<http://www.musik.uni-mainz.de>

# Musikwissenschaft aktuell



Hans-Eberhard Dentler

## ■ Johann Sebastian Bachs „Kunst der Fuge“

Ein pythagoreisches Werk  
und seine Verwirklichung  
220 Seiten – broschiert  
ISBN 3-7957-0490-1 (ED 9630)  
€ 39,95 / sFr 69,50

Peter Cornelius

## ■ Gesammelte Aufsätze

Gedanken über Musik und Theater, Poesie  
und Bildende Kunst  
Herausgegeben und kommentiert von Günter Wagner  
unter Mitarbeit von James A. Deaville  
(Beiträge zur mittelhheinischen Musikgeschichte;  
Band 38) 609 Seiten – gebunden  
ISBN 3-7957-1340-4 (ED 9708)  
€ 54,95 / sFr 94,-



Ludwig Finscher

## ■ Geschichte und Geschichten

Ausgewählte Aufsätze zur Musikhistorie  
Herausgegeben von Hermann Danuser  
432 Seiten – gebunden  
ISBN 3-7957-1859-7 (ED 7813)  
€ 69,- / sFr 117,-



Andreas Ballstaedt

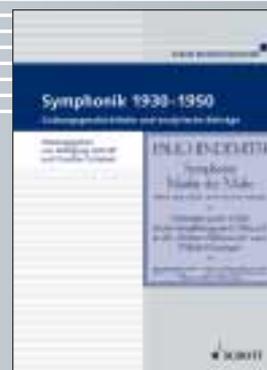
## ■ Wege zur Neuen Musik

Über einige Grundlagen der Musikgeschichtsschreibung  
des 20. Jahrhunderts  
(Neue Studien zur Musikwissenschaft, Band VIII)  
226 Seiten – gebunden  
ISBN 3-7957-1727-2 (ED 9527)  
€ 59,95 / sFr 102,-



## ■ Symphonik 1930–1950

Gattungsgeschichtliche und  
analytische Beiträge  
Herausgegeben von Wolfgang Osthoff  
und Giselher Schubert  
(Frankfurter Studien, Veröffentlichungen  
des Hindemith-Institutes Frankfurt/Main, Band IX)  
310 Seiten – gebunden  
ISBN 3-7957-0115-5 (ED 9526)  
€ 37,95 / sFr 65,30



## ■ „Schlagen Sie die Kraft der Reflexion nicht zu gering an“

Beiträge zu Richard Wagners Denken, Werk und Wirken  
Herausgegeben von Klaus Döge, Christa Jost  
und Peter Jost  
228 Seiten – gebunden  
ISBN 3-7957-0463-4 (ED 9485)  
€ 39,95 / sFr 69,50



 **SCHOTT**  
www.schott-music.com

## Mikrotechnik für den Menschen

**Die neuinstallierte Arbeitsgruppe um die Professur Mikrostrukturphysik an der Johannes Gutenberg-Universität zu Mainz, ist eng verbunden mit dem Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH (IMM). Im Zeitalter nahezu täglich wechselnder Buzz Words erscheint die Namensgebung ein wenig altbacken – in Wahrheit ist sie heute aber das interdisziplinäre Forschungsfeld schlechthin, welches die modernen Felder der Nanotechnologie, Lebenswissenschaften und höchstintegrierter elektronischer Schaltkreise in Systemen untereinander verbindet und in unsere Makrowelt umsetzt.**

Mikrotechnik ist historisch aus der Aufgabe erwachsen, Mikroelektronik mit unserer Alltagswelt zu verbinden. Wo früher winzige elektrische Anschlüsse für Computerboards und optische Datenkabel als Meilensteine der Fertigung gefeiert wurden, ist Mikrotechnik heute als eigene Branche im alltäglichen Leben präsent. Zahllose Anwendungen finden wir neben der Automobilbranche u.a. im großen Feld der Sensorik, z.B. für Ozonmessungen in der Luft, als medizinische Hilfen in der minimal invasiven Chirurgie, in der Diagnostik oder in der Nutzung umweltschonender Energieversorgungssysteme.

### Mit Basis Know-how zu Innovationen

Als Erfinder- und Denkeration haben wir zwar den Computer erfunden, die einzelnen Bauteile der modernen und mobilen Informationstechnologien, wie sie in den Supermärkten angeboten werden, kommen jedoch inzwischen längst nicht mehr aus europäischer Produktion. Heute liegen die Stärken unseres Landes in der Entwicklung und Produktion von Systemen, neuen Technologien und Materialien, zumal wir nie den Anschluss zu fundiertem Know-how verloren haben. Das IMM ist mit seinen Entwicklungsmöglichkeiten für den internationalen Wettbewerb strategisch positioniert. Im Verbund mit den Leistungsträgern des IMM gelang es der bisherigen Geschäftsführung auf ausgewählten Gebieten der Mikrotechnik, insbesondere in der chemischen Mikroverfahrenstechnik und der Mikrofluidik, eine internationale Spitzenstellung einzunehmen und das wissenschaftliche Renommee des IMM entscheidend auszubauen.

Wir entwickeln Lösungen, die für die Industrie, im Besonderen für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), neue Wege öffnen. Forschungsdienstleistungen werden dort angeboten, wo sie für kleine Unternehmen nicht organi-

sierbar wären. Wir leisten Solidität und Ausgereiftheit: Spezialwissen, System-Engineering und Testserien, mit dem Ziel die Lücke zwischen universitärer Forschung und sowohl gesellschaftlicher als auch wirtschaftlicher Bedarfe der Unternehmen zu schließen.

### Lösungen mit Gewinn für neue Märkte

Als Landesinstitut stehen wir für jeden offen – in Rheinland-Pfalz, länderübergreifend und international. Der Benefit kommt immer dem Land – direkt und indirekt – zugute. Letztlich sind es jedoch die engagierten Mitarbeiter des IMM und die spezielle Philosophie des Hauses, die diese Transferleistungen ermöglichen. Im Unterschied zu reiner Mikroelektronik dürfen die „Märkte“ für Systeme der Mikrotechnik durchaus kleiner sein – im Extremfall bis hin zu Nischen mit Speziallösungen – die dann



### Prof. Dr. Theodor Doll –

seit 1. Februar 2004 wissenschaftlicher Geschäftsführer des IMM – war zuletzt Direktor des Zentrums für Mikro- und Nanotechnologien der Technischen Universität Ilmenau und hatte dort den Lehrstuhl für Festkörperelektronik inne. Dem Physikstudium an der Universität München folgte eine zweijährige Mitarbeit im Management eines mittelständischen Industrieunternehmens. Nach der Promotion an der Universität der Bundeswehr in München erlangte er 1999 seine Habilitation im Fachgebiet Mikrosystemtechnik. Anschließend arbeitete Doll als „Visiting Associate“ im California Institute of Technology (CALTECH, USA). Die Schwerpunkte seiner Forschung liegen in den Bereichen Sensorik und der Fertigung von Nanostrukturen und mikroelektromechanischen Systemen (MEMS).

rentabel sind, wenn der erzielbare Gewinn an (Lebens-) Qualität besonders groß ist. Wir gehen dieses Ziel der Brückenbildung bzw. „Lückenschließung“ aktiv an und informieren Forschung, Industrie und Gesellschaft in den Bereichen, wo unsere Stärken ausgewiesen sind. Letztlich machen wir Mikrotechnik immer für Menschen – sei es für den Gewinn an Komfort, Information, Transparenz oder im Sinne der Gesundheit und der Ressourcenschonung für kommende Generationen.

Nachdem das IMM in den Bereichen der 3D Mikrostrukturierung besonders ausgewiesen ist, passt es gut, wenn wir an der Universität dazu die weiterführende grundlagennahe Forschung etablieren. Wir starten dort mit einem Femtosekundenlaser, den wir mit einem Nahfeldmikroskop verkoppeln wollen. Die Thematik passt einerseits gut zur laufenden Schwerpunktbildung im Lande und könnte andererseits auch die Grundlagen für spätere Anwendungen in der Nanoelektronik, biomedizinischen Diagnostik und integriert optischen Systemen liefern. Neben der Forschungsplanung ist in Mainz meine Lehrtätigkeit schon angelaufen. Ich freue mich insbesondere, daß die Kollegen in der Fakultät meinen Vorschlag, technologieorientierte Themen der Elektronik und Sensorik zu behandeln gerne angenommen haben. Damit wird das Vorlesungsangebot der Uni Mainz um ein weiteres anwendungsnahes Feld ergänzt, das Studierende und Promovenden, welche es nicht im rein akademischen Bereich hält, fit macht für z. B. Tätigkeiten in der Halbleiterbranche.

**Professor Dr.-Ing. Theodor Doll**  
**IMM Institut für Mikrotechnik**  
**Mainz GmbH**  
**Carl-Zeiss-Straße 18-20**  
**55129 Mainz**  
**doll@imm-mainz.de**  
**Tel.: 06131 990 100**  
**Fax: 06131 990 200**

# moving images & interfaces: Mit E-Learning zur Mediengestaltung

Von Harald Schleicher

Das E-Learningprojekt „moving images & interfaces“, kurz movii, strebt eine umfassende Grundlehre in den klassischen audiovisuellen Medien sowie in den Neuen Medien an. movii wurde als ein hochschulübergreifendes Kooperationsprojekt des Zukunftsinvestitionsprogramms der Bundesrepublik Deutschland im Rahmen der Maßnahme „Neue Medien in der Bildung“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert. Das Projekt begann im April 2001, der Förderzeitraum endete im Dezember 2003. Daran gearbeitet haben sechs Universitäten und Fachhochschulen: die Fachhochschulen in Mainz, Trier, Osnabrück und Brandenburg sowie die Universität Trier und die Akademie für Bildende Künste der Johannes Gutenberg-Universität Mainz. Die Aufgabenteilung orientierte sich am Profil der jeweiligen Ausbildungsstätte. So wurden technische Entwicklungen von den Fachhochschulen in Osnabrück und Brandenburg übernommen, das Design wurde federführend an der FH Trier entwickelt. Der Projektpartner Johannes Gutenberg-Universität, die Filmklasse der Akademie für Bildende Künste, konzentrierte sich auf die Produktion der filmbezogenen Module.

Kein E-Learningprojekt kann und will Medienpraxis ersetzen. Die eigene gestalterische und künstlerische Arbeit ist unverzichtbar. Aber zur Medienausbildung gehören viele Bereiche, von denen sich eine Reihe durchaus effizient auf dem Wege des E-Learnings vermitteln lassen. Und dadurch, dass Elemente der Ausbildung gewissermaßen an ein E-Learningprojekt wie movii delegiert werden, werden Freiräume geschaffen, die in der Lehre für eine intensive Projektbetreuung genutzt werden können.

Zur Zielgruppe von movii zählt in erster Linie jener Personenkreis, der praktisch orientierte Medienkompetenz erwerben will. movii richtet sich u. a. an Studierende aus den Bereichen Design, Film- und Mediengestaltung, Medienkunst, Medienwissenschaft, Kommunikationswissenschaft, Publizistik, Medieninformatik. Ein heterogener Adressatenkreis, aber die Flexibilität von movii erlaubt, das Lehrangebot für den jeweiligen Ausbildungsgang und dessen Erfordernisse zu modifizieren. Darüber hinaus versteht sich movii auch als eine multimediale Lernumgebung, als Prototyp für ein hypermediales Lern- und Designsystem, das potentiell für verschiedenste Wissensgebiete und Vermittlungsaufgaben eingesetzt werden kann.

E-Learningprojekte können nur dann erfolgreich sein, wenn sie die besonderen Qualitäten und Stärken des Internets nutzen. movii hat sich eine möglichst visuelle und interaktive Präsentation seiner Inhalte zum Ziel gesetzt. Wo immer möglich werden die Texte durch Abbildungen, Filme und interaktive

Übungen begleitet. Dank interner Vernetzung ist movii flexibel einsetzbar, eine Variabilität, die den maßgeschneiderten Einsatz in verschiedenen Lernszenarien gestattet. Schließlich ist movii auf Erweiterbarkeit hin angelegt, die Entwicklung und Integration neuer Inhalte ist möglich und erwünscht.

Didaktisch ist movii nach dem sogenannten M.A.S.K.E.-Prinzip aufgebaut (Abb. 1). Die hierarchische Ordnung von movii liest sich von oben nach unten wie folgt: Programm – Modul – Akt – Szene – Kern – Eigenschaft. Das Programm movii ist die Gesamtheit aller movii-Inhalte, strukturiert nach großen Themengebieten, den Modulen. Ein Modul ließe sich in Analogie zur Literatur als Sammelband von Artikeln eines oder mehrerer Autoren zu einem Oberthema auffassen. Als ein solcher Artikel einer Sammlung wird bei movii ein Akt verstanden. Ein Akt besteht aus mehreren Szenen, gleichsam den Kapiteln einer schriftlichen Ausarbeitung. In einer Szene werden logische Zusammenhänge durch die Kombination mehrerer Medienelemente hergestellt, die als Kerne oder Kerninhalte bezeichnet werden. Die Ebene der Kerne dient der Darstellung der konkreten Inhalte, wie sie von Autoren erstellt wurden und sich dem Nutzer präsentieren. Kerne können aus einer oder mehreren Browserseiten bestehen. Für die Kerninhalte sind alle internet-kompatiblen Medienformate zulässig. Jedem Kerninhalt wird dann, je nach Charakter oder Intention, eine von fünf Eigenschaften zugeordnet: Basis, Vertiefung, Anschauung, Übung

**Sechs Universitäten und Fachhochschulen haben ein computergestütztes Lernprogramm für die Film- und Mediengestaltung entworfen.**

Abb. 1: Das M.A.S.K.E.-Prinzip von movii

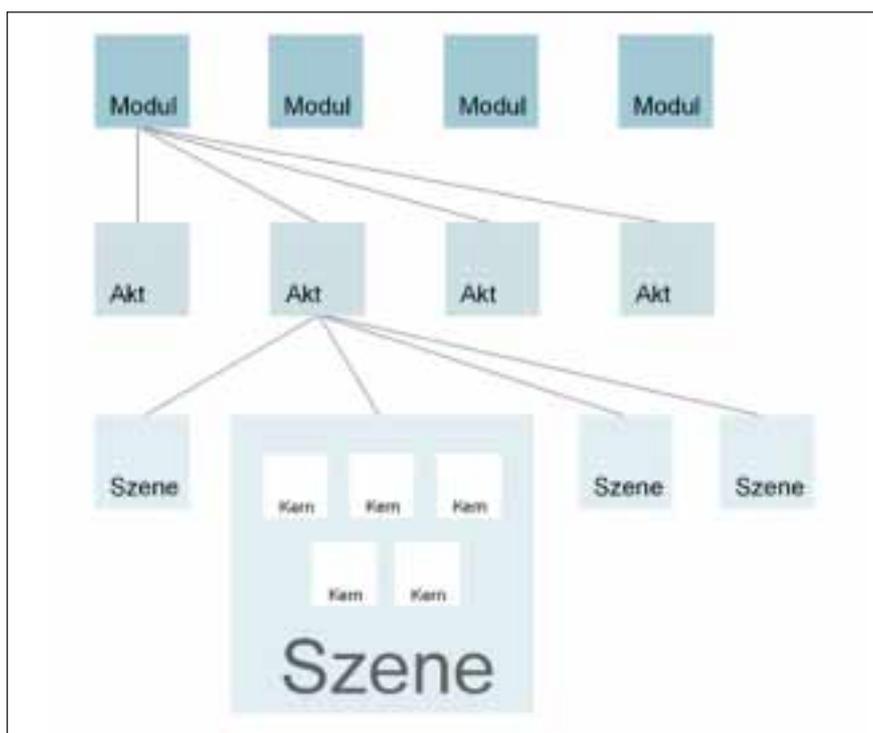
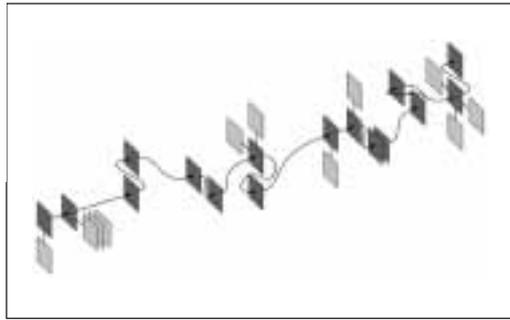


Abb. 2: Darstellung eines Lernpfades



oder Vernetzung. Kerne sind einerseits von dem Autor/den Autoren des Moduls in eine von ihnen entwickelte hierarchische Struktur eingebettet, andererseits können sie für einen neuen Kontext anders selektiert und positioniert werden.

Ein Lernobjekt besteht aus der Kombination mehrerer Kerne. Durch hintereinander geschaltete Lernobjekte können dann unterschiedliche Lernpfade

gelegt werden. Weitere Lernpfade lassen sich im Hinblick auf die jeweilige Ausbildungsnotwendigkeit definieren (Abb. 2). Eine Lernpfadvisualisierung lässt sich zu den Browserseiten einblenden. Dadurch ist der Nutzer jederzeit über die Position und den Charakter des von ihm aufgerufenen Kerns informiert. Neben dem durch Lernpfade vorstrukturierten Aneignen der movii-Inhalte werden auch andere Wege offeriert. So erlaubt beispielsweise ein Glossar den Zugang zu den gesuchten Inhalten. Suchfunktionen mit diversen Filtern erlauben das zielgerichtete „Stöbern“ in der „Bibliothek“ movii. Eine weitere grafische Systemvisualisierung bildet den gesamten „Organismus“ movii ab. Durch Navigieren innerhalb dieser „Skulptur“ kann man ebenfalls auf movii-Inhalte zugreifen (Abb. 3).

Perspektivisch hat sich movii auch zum Ziel gesetzt, als Kommunikationsplattform das Lernen in Gruppen zu fördern. Geplant sind deshalb Schreib-

Abb. 3: Systemvisualisierung

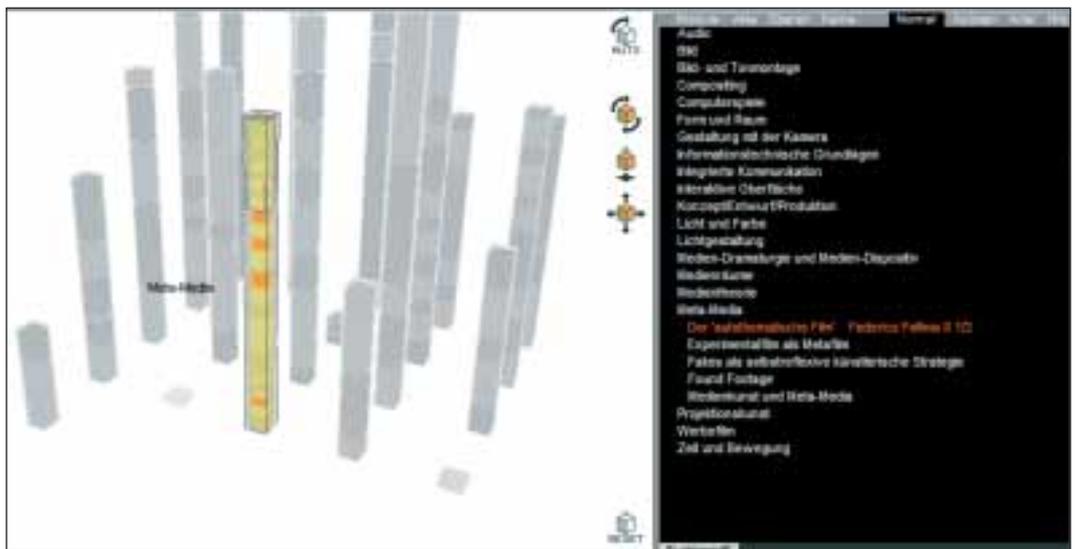
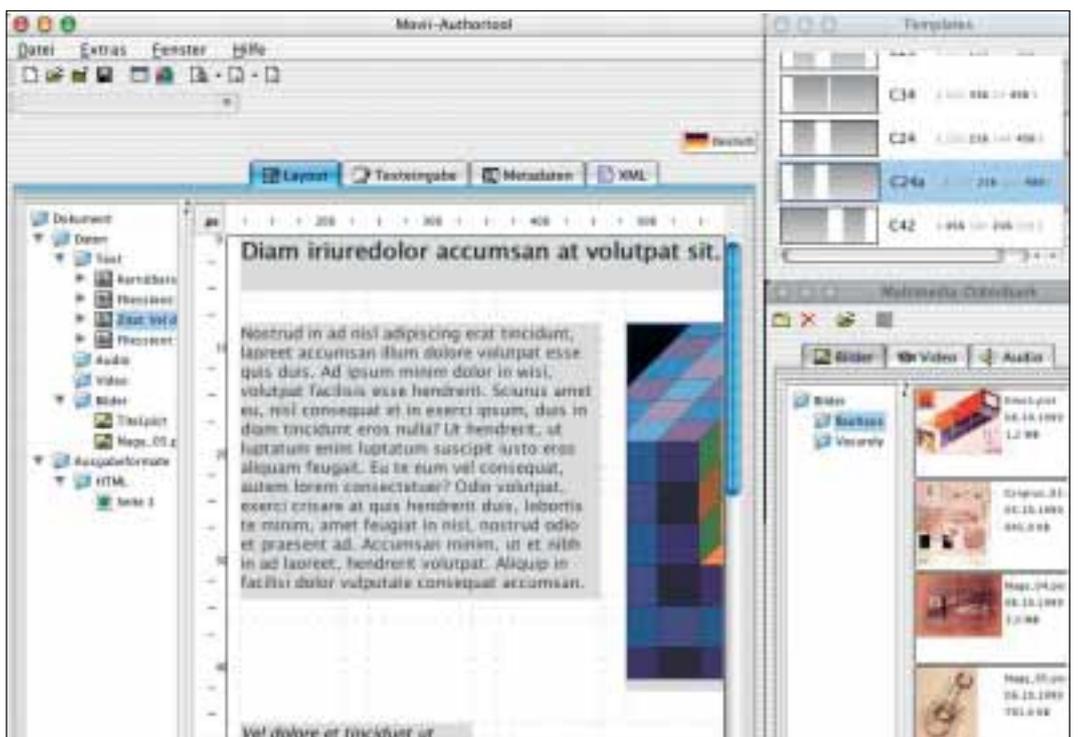


Abb. 4: Das für movii entwickelte Autorentool



tischfunktionalitäten wie personalisierter Zugang für Nutzer, Verwaltung von Lernpfaden, Teilnehmerlisten etc. Diese Schreibtischfunktionalitäten und Community-Tools sollen kooperative Formen des Lernens unterstützen, gemäß der Devise: miteinander arbeiten, voneinander lernen.

Zur Umsetzung der didaktischen Konzeption und des multimedialen Charakters von movii mussten eine Reihe von spezifischen Werkzeugen entwickelt werden. Zentrales Werkzeug ist das Autorentool, das der movii-adäquaten Produktion von Inhalten dient – sowohl hinsichtlich der technischen Erfordernisse wie der gestalterischen Vorgaben. Ein einfach zu bedienendes Autorentool ist Voraussetzung für die Erweiterbarkeit von movii (Abb. 4). Das Streamingtool automatisiert weitgehend die Aufbereitung des verwendeten Bewegtbildmaterials in unterschiedlicher Qualität und Datengröße. Das Sequencingtool erlaubt die Anordnung und Strukturierung von Lerninhalten und dient der Zusammenstellung von Lernpfaden. In der ersten Ausbaustufe besteht movii aus 19 Modulen. Ein Modul beinhaltet 300 bis 500 Internetseiten. Damit ist der Umfang eines Moduls einer einsemestrigen Veranstaltung vergleichbar.

Inhaltlich lassen sich die Module zu vier Gruppen zusammenfassen. In den Basismodulen werden elementare Inhalte weitgehend unabhängig von ihrer medialen Umsetzung behandelt. Die Gruppe der medienspezifischen Module thematisiert Inhalte, die sich auf ein bestimmtes Medium beziehen. Die



Wenngleich theoretische und historische Aspekte des Themas ihren gebührenden Raum finden, so liegt der Fokus doch auf der Praxis der Montage (Abb. 5). Ziel des Moduls „Compositing“ ist es, die Anwender zu einem sicheren Umgang mit digitalen Bilddaten und den Werkzeugen zu deren Bearbeitung zu befähigen. Weiterhin verschafft das Modul einen Einblick in die verschiedenen Aufgabengebiete des „Compositing Artist“. Gegenstand des Themenmoduls „Meta-Media“ ist die Selbstreflexion medialer Gestaltungs-

Abb. 5: Beispielseite aus dem Modul „Montage“

Modulübersicht

| Basismodule                | Licht & Farbe                   | Bild & Bildentwicklung    | Form & Raum                     | Audio                             | Zeit & Bewegung |                         |
|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------|
| Medienspezifische Module   | Gestaltung mit der Kamera       | Lichtgestaltung           | Bild- & Tonmontage              | Compositing                       | Animation       | Interaktive Oberflächen |
| Medienübergreifende Module | Medien-Dramaturgie &-Dispositiv | Integrierte Kommunikation | Konzeption, Entwurf, Produktion | Informationstechnische Grundlagen |                 |                         |
| Themenmodule               | Computerspiele                  | Projektionskunst          | Medienräume                     | Meta-Media                        |                 |                         |

medienübergreifenden Module befassen sich mit Themen von „globaler“, „ganzheitlicher“ Bedeutung. Die Themenmodule sind außerhalb dieses strengen Curriculums positioniert; in ihnen werden beispielsweise Mediengattungen oder Filmgenres behandelt.

Vier dieser Module wurden an der Akademie für Bildende Künste der Johannes Gutenberg-Universität entwickelt und produziert. Das Modul „Gestaltung mit der Kamera“ vermittelt Grundlagenwissen hinsichtlich der Gestaltungsmöglichkeiten mit der Film- und Videokamera sowie jener technischen Sachverhalte, die für die gestaltende Kameraarbeit von Belang sind. Aspekte der professionellen Kameraarbeit werden thematisiert, Kameramänner und -frauen werden porträtiert. Das Modul „Bild- & Tonmontage“ strebt eine umfassende Behandlung der Montage als eine zentrale Dimension des Filmschaffens an.

mittel und -methoden in audiovisuellen Bildmedien. Es werden Werke vorgestellt und analysiert, die beispielhaft auf einer meta-medialen Ebene ihre eigene Herstellung beziehungsweise die Struktur und das Wesen ihres Mediums thematisieren.

movii hat sich zum Ziel gesetzt, die medienspezifischen Potentiale des Internets zu nutzen. So besteht im Internet – im Unterschied zu den Printmedien – die Möglichkeit, Bewegtbildmaterialien zu integrieren. Dies stellt gerade für die Lehre im Filmbereich einen großen Vorteil dar, denn es lassen sich viele Sachverhalte allein durch Standbilder nicht optimal visualisieren. So werden besonders in den filmbezogenen Modulen – neben statischen Visualisierungen wie Screenshots, eigens produzierten Grafiken etc. eine Vielzahl von Filmausschnitten eingesetzt. Diese stammen zum Teil aus dem Fundus der Filmgeschichte, andere wurden eigens für movii produziert.



Abb. 6: Szenenfoto aus dem Kurzfilm „Im Augenblick“

Gemeinsam mit der FH Mainz hat die Akademie für Bildende Künste hierfür das Projekt „movii-movie“ konzipiert und realisiert. „movii-movie“ besteht aus einem 15-minütigen Kurzspielfilm mit dem Titel „im Augenblick“, aus sogenannten Variablen, also Alternativen, die von den Autoren eingesetzt werden können, aus Statements, in denen sich Profis zu ihrer Aufgabe und ihrem Werdegang äußern, sowie aus einem „Making of“ zu den Dreharbeiten. Hergestellt hat „movii-movie“ ein „gemischtes Team“ bestehend aus Profis und Studierenden. Die Regie übernahm Erica von Moeller, Absolventin der Filmklasse. Der Kurzfilm erhielt übrigens das Prädikat „wertvoll“ und wurde für den deut-

schen Kamerapreis und den deutschen Schnittpreis nominiert (Abb. 6).

Weitere Informationen zu „moving images & interfaces“ bietet die Homepage [www.movii.de](http://www.movii.de). Dort informiert auch eine Guided Tour über das Projekt. Die erforderlichen movii-Zugangsdaten können Universitätsangehörige über den Autor beziehen. Flyer zu „movii auf einen Blick“, zu „Didaktik und Design“ und zu „Technik: Workflow“ sind verfügbar, ein weiterer zu den Modulhalten ist in Vorbereitung.

### ■ Summary

The e-learning project “moving images & interfaces”, short movii, serves as a comprehensive basic lesson in the classical audio-visual media as well as in the new media. Since e-learning projects will prove successful only when making use of the special qualities and advantages of the internet, movii aims at presenting its contents as visual and interactive as possible. Furthermore, movii perceives itself as a multi-media based classroom, as prototype of a hyper-medial learning and design system, which can potentially be employed in the most various fields of knowledge and tasks.



**FERNWÄRME  
FÜR MAINZ**

Günstig, komfortabel und umweltfreundlich. Das ist Fernwärme. Das Heizkraftwerk Mainz liefert sie in weite Teile des Stadtgebiets – und das seit über 40 Jahren.

Heizkraftwerk GmbH Mainz  
Gaßnerallee 33  
55120 Mainz  
Telefon 06131/976-470  
[www.fernwaerme-fuer-mainz.de](http://www.fernwaerme-fuer-mainz.de)



**Univ.-Prof. Dr.  
Harald Schleicher**

HARALD SCHLEICHER hat Bildende Kunst mit dem Schwerpunkt Film und anschließend Filmwissenschaft studiert. Er ist Professor für Film/Video an der Akademie für Bildende Künste der Johannes Gutenberg-Universität. Er hat zahlreiche Kurzfilme erstellt, für die er u.a. mit dem Bundesfilmpreis, Prädikate „wertvoll“ und „besonders wertvoll“, ausgezeichnet wurde. Seine experimentellen Videoarbeiten wurden auf vielen internationalen Festivals präsentiert.

### ■ Kontakt:

**Univ.-Prof. Dr. phil. Harald Schleicher**  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
Akademie für Bildende Künste / Filmklasse  
Am Taubertsberg 6  
55099 Mainz  
Tel. +49 (0) 6131 39-33985  
Fax +49 (0) 6131 39-33176  
E-Mail: [haraldschleicher@mail.uni-mainz.de](mailto:haraldschleicher@mail.uni-mainz.de)  
<http://www.kunst.uni-mainz.de/schleicher/>