

Forschung Frankfurt



4.2002 »Metropolitan RheinMain«

- Ethisch-ökologische Geldanlagen – Kann es sauberen Kapitalismus geben?
- Signaltransduktion – Molekulare Boten auf verschlungenen Pfaden
- Rhein-Main – Metropolregion mit Zukunft
- Krass drauf – Aus der Lebenswelt von Drogenprostituierten
- Sehen ist das Tor zur Welt – Frühkindliche Sehfehler verändern das Gehirn

Liebe Leserinnen, liebe Leser,



Frankfurt als internationale Drehscheibe und welt-offene Metropole, die sich den vielfältigen kulturellen Einflüssen ihrer Bewohner und Besucher nicht verschließt – das hat Tradition in der von Handel und Messen geprägten Bürgerstadt. »In einer Stadt wie Frankfurt befindet man sich in einer wunderlichen Lage; immer sich kreuzende Fremde deuten nach allen Weltgegenden hin«, schrieb schon Frankfurts berühmtester Sohn, Johann Wolfgang Goethe, in Dichtung und Wahrheit. Frankfurt ist heute die deutsche Großstadt mit dem höchsten ausländischen Bevölkerungsanteil; ihre Internationalität prägt auch die gesamte Rhein-Main-Region mit ihren 4,7 Millionen Einwohnern.

In dieser Ausgabe des Wissenschaftsmagazins *Forschung Frankfurt* stellen wir Ihnen einige Forschungsprojekte vor, die sich mit Frankfurt und dem Rhein-Main-Gebiet beschäftigen. Unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die ihren Studierenden auch ein interdisziplinäres Studienprogramm »Europäische Stadt- und Regionalentwicklung« anbieten, geben Ihnen Antworten auf so spannende Fragestellungen wie: Welche Strategien sollten Stadt und Region verfolgen, um zukünftig international als Wirtschaftsstandort, aber auch als attraktiver Lebensraum eine Rolle zu spielen? Führt die »network society« dazu, die Bedeutung metro-

politaner Regionen im System weltweiter Beziehungen neu zu bestimmen? »Global cities« sind ohne eine markante Skyline kaum vorstellbar – doch ist der Bau weiterer Hochhäuser nach dem 11. September 2001 noch wünschenswert und rentabel? Ein Blick auf die Hochhauskultur aus soziologischer Sicht erläutert darüber hinaus, warum Frankfurt im Gegensatz zu anderen deutschen Städten den amerikanischen Weg wählte. Im Schatten der Hochglanz-Fassaden abseits der »global deals« existiert jedoch auch eine ausgeprägte Prostitutions- und Drogenszene: Ein Beitrag beschäftigt sich mit den Lebenswegen, Perspektiven und Lebensträumen von drogenabhängigen Prostituierten im Frankfurter Bahnhofsviertel.

Im harten Wettbewerb mit den »global cities« will sich die Region Rhein-Main stärker als Metropolregion profilieren. Zu den neuesten Initiativen gehört der im November 2001 gegründete Verein »Metropolitana FrankfurtRheinMain«, dem Vertreter aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft angehören. Die Universität beteiligt sich daran unter Federführung des Centers for Media, KnowledgeCulture, Imagination, and Development (CCID) mit einem Projekt: Aufbau eines komplexen Web-Auftritts der Wissensregion FrankfurtRheinMain, der Überblicke und Einblicke in regionale Wissensfelder bieten wird.

Neben der virtuellen Vernetzung macht auch die reale Verknüpfung wissenschaftli-

cher Ressourcen in der Rhein-Main-Region erfreuliche Fortschritte. Lesen Sie über Forschungsinitiativen und Bauprojekte auf dem Riedberg-Campus: das neue Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz (BMRZ) und seine Forschungsschwerpunkte, der Neubau des Max-Planck-Instituts für Biophysik, das Ende dieses Jahres von 170 Mitarbeitern bezogen wird, und die Pläne zum Frankfurter Innovationszentrum Biotechnologie (FIZ), in dem – Baubeginn Herbst diesen Jahres – Labor- und Büroräume für Existenzgründer in unmittelbarer Nähe zu unserem naturwissenschaftlichen Campus Riedberg geschaffen werden.

Als »Warenhaus kostbarer Güter«, das Wissen bewahrt und vermittelt sowie neues Wissen generiert, wird die Universität gelegentlich umschrieben; das ist sicherlich ihre vordringlichste Aufgabe, doch die Universität ist auch ein Wirtschaftsunternehmen mit erheblichen Auswirkungen auf die Region, wie Ihnen eine Studie unserer Wirtschafts- und Sozialgeographen dokumentiert.

Ihr

Prof. Dr. Rudolf Steinberg
Präsident der
Johann Wolfgang Goethe-
Universität

Nachrichten

- 4 Aventis-Forschungsvorstand im Hochschulrat
- 4 Auf der Spur von Biomarkern in fossilen Koniferen
- 6 Mit Isotopengeochemie auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens
- 7 Alfred Krupp-Förderpreis für Nachwuchswissenschaftlerin

Forschung intensiv

- Ethisch-ökologische Geldanlagen** 8 Kann es sauberen Kapitalismus geben?
- Signaltransduktion** 14 Molekulare Boten auf verschlungenen Pfaden
- Hochhäuser – Vergleich der Großstädte** 22 Wolkenkratzer oder Hochhäuser – zwei Typen der Stadtentwicklung
- Der Großraum Rhein-Main** 32 Rhein-Main – Metropolregion mit Zukunft?
- Drogenprostitution in Frankfurt** 42 Krass drauf – Aus der Lebenswelt von Drogenprostituierten

Forschung aktuell

- 48 »Wirtschaftsfaktor Universität« schafft mehr als 4400 Stellen im Rhein-Main-Gebiet
- 52 Wie Vögel ihren Weg finden: Die Orientierung der Zugvögel
- 54 Wie orten Fledermäuse ihre Beute?
- 58 Sehen ist das Tor zur Welt: Frühkindliche Sehfehler verändern das Gehirn
- 63 »Diskussion über Ziele ist wichtiger als Abgleich der Testergebnisse« – Gespräch mit Bildungsforscher Eckhard Klieme
- 70 Jugendbuchliteratur: Der moralische Zeigefinger kommt nicht gut

Ethisch-ökologische Geldanlagen – Kann es sauberen Kapitalismus geben?

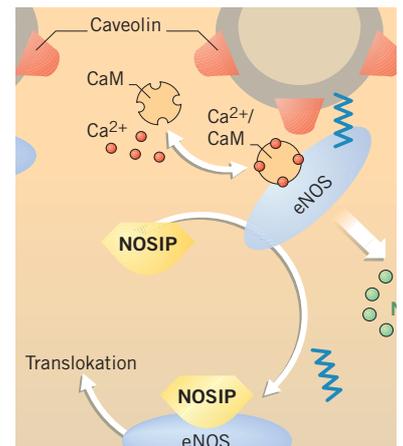


Auch für Kleinanleger gibt es inzwischen fundierte Informationssysteme, um solche Unternehmen für ihre Geldanlagen auszuwählen, die ethische und ökologische Kriterien berücksichtigen. Der Moralthologe Prof. Dr. Johannes Hoffmann und der Wirtschaftswissenschaftler Prof. Dr. Gerhard Scherhorn beschäftigen sich seit einigen Jahren damit, wie man die Natur-, Sozial- und Kulturverträglichkeit von Wirtschaftsunternehmen messen kann und Investoren helfen kann, saubere Gewinne zu erzielen.

Molekulare Boten auf verschlungenen Pfaden

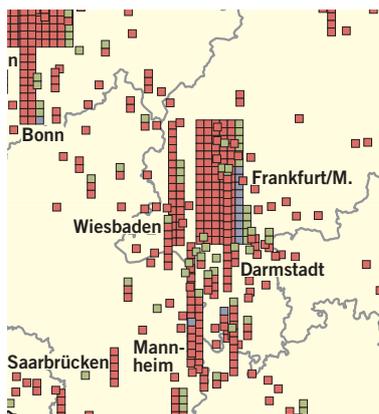
14

Zellen müssen miteinander sinnvoll kommunizieren und kooperieren, damit ein Organismus funktionieren kann. Dazu haben sich im Laufe der Evolution sehr differenzierte Wege zur Übermittlung von Signalen zwischen Zellen entwickelt. Wie fein dieser Prozess der Signaltransduktion geregelt ist, erläutern der Biochemiker Prof. Dr. Werner Müller-Esterl und sein Team am Beispiel der Blutdruckregulation im kardiovaskulären System. Hierbei spielt ein winzig kleines Molekül, das Stickstoffmonoxid, eine große Rolle.



Rhein-Main – Metropolregion mit Zukunft?

32



Die Rhein-Main-Region zählt zwar zu den wirtschaftsstärksten Deutschlands, doch mit zunehmenden internationalen Verflechtungen und Veränderungen in den Branchen wird es auch für diese Region schwerer, sich im globalen Wettbewerb zu behaupten. Wird die »Metropolitan RheinMain« im Konkurrenzkampf der »global cities« bestehen können? Prof. Dr. Klaus Wolf und Christian Langhagen-Rohrbach haben diese Globalisierungsprozesse unter die Lupe genommen.

52

Wie Vögel ihren Weg finden: Die Orientierung der Zugvögel



Viele Wirbeltiere unternehmen ausgedehnte Wanderungen, um geeignete Brutgebiete aufzusuchen oder Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen »aus dem Weg zu gehen«. Vögel bewältigen dabei mitunter riesige Strecken: Den Streckenrekord hält die Küstenseeschwalbe, die bei ihrem Flug von den Brutgebieten im Norden der Tundra bis zur

Eisgrenze der Antarktis, wo sie den Winter verbringt, rund 16 000 Kilometer einfache Strecke zurücklegt. Wie die Tiere sich dabei orientieren, erläutert der Ornithologe Prof. Dr. Wolfgang Wiltschko, der auch das Buch »Nomaden der Lüfte« für uns gelesen hat (Seite 92).

70

Jugendbuchliteratur: Der moralische Zeigefinger kommt nicht gut

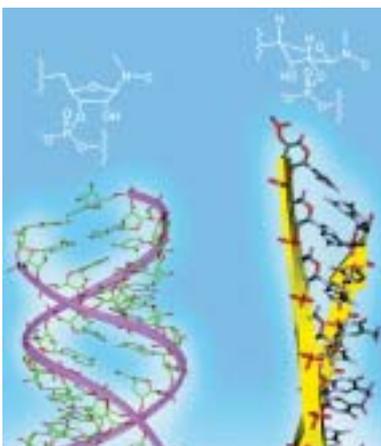
Die problemorientierten Jugendromane in der Tradition der 1970er Jahre haben offensichtlich ihre gewünschte Wirkung verfehlt: Sie drängen den heranwachsenden Lesern ihre wohlgemeinten Werturteile auf, fördern aber nicht die autonome Urteilsfindung der Jugendlichen. Wie man Adoleszenzromane ansprechender schreiben kann, zeigen beispielsweise die Autoren Kirsten Boie, Charlotte Kerner und Per Nilsson – eine Einschätzung von Hannelore Daubert vom Institut für Jugendbuchforschung.



73

Magnetische Resonanz- spektroskopie: Auf die Struktur kommt es an

Eine der großen Herausforderungen der postgenomischen Forschung ist es, spezifischen Gensequenzen schnell bestimmte Proteinstrukturen und biologische Funktionen zuordnen zu können. Dabei spielt die Struktur-



analyse von Makromolekülen eine herausragende Rolle. Die magnetische Resonanzspektroskopie ist ein ideales Werkzeug, das die Untersuchung von Stoffen in flüssigem und festem Zustand erlaubt. Prof. Dr. Heinz Rüterjans berichtet von der hochkarätigen NMR-Forschung, unter anderem an einem der weltweit leistungsfähigsten NMR-Spektrometer, die im Zentrum für Magnetische Resonanz an der Johann Wolfgang Goethe-Universität durchgeführt wird.

Perspektiven

Magnetische Resonanzspektroskopie: Auf die Struktur kommt es an	73
Start frei für Start-Ups! Über das Frankfurter Innovationszentrum	79
Aus Zwei wird Eins: Neubau des Max-Planck-Instituts für Biophysik	81
Denkräume für neues Wissen – Frankfurter Initiative zur Erforschung und Gestaltung medienbasierter Wissenskulturen	83

Universitätsgeschichte

Ein Mathematiker mit universalem Anspruch – Über Max Dehn	85
---	----

Gute Bücher

Gegenwärtigen Vergangenes: Der junge Goethe	90
Von Sokrates zum Sozialprodukt – Was haben Geist und Geld gemeinsam?	91
Nomaden der Lüfte – Atemberaubende Aufnahmen von Vögeln	92
Drei Prinzen aus Serendip – Die Rolle des Zufalls in der Wissenschaft	93
Das Wissen und sein schillernder Charakter	94

Vorschau

Vorschau/Impressum/ Bildnachweis	98
-------------------------------------	----

Dr. Frank L. Douglas als Mitglied im Hochschulrat – Aventis-Forschungsvorstand im Beratungsgremium



Neu im Hochschulrat der Universität Frankfurt: Dr. Frank L. Douglas.

Der Manager und Wissenschaftler Dr. Frank L. Douglas wurde von der Hessischen Wissenschaftsministerin Ruth Wagner für vier Jahre als neues Mitglied in den Hochschulrat der Johann Wolfgang Goethe-Universität berufen. Douglas ist Executive Vice President der Aventis Pharma und als Forschungschef Mitglied des Vorstands des Pharmaunternehmens Aventis. »Ich will im Hochschulrat dazu beitragen, Brücken zwischen Wirtschaft, Gesellschaft und Wissenschaft zu schlagen«, sagt Douglas. »Wenn sie häufig begangen werden, können solche Brücken sich zu Fäden eines Netzwerkes verknüpfen, in dem neues Wissen und bisher unbekannte Lösungen entstehen, was allen Beteiligten nutzt. Als Forscher interessiert mich dabei besonders der interdisziplinäre Dialog zwischen den so verschiedenen Fächern der Chemie und der Biologie.«

Der in Guyana geborene 59-jährige Chemiker und Arzt kam 1984 als Leiter für Klinische Biologie von Ciba Geigy zur Pharmaindustrie. Bei Ciba Geigy hatte er mehrere Positionen bis zum Senior Vice President und Director of Research, USA, inne. Im Jahre 1992 nahm er seine Tätigkeit bei Marion Merrell Dow als Executive Vice President of Global Research and Development und als Mitglied des Board of Directors von Marion Merrell Dow auf. Frank Douglas hat in Physikalischer Chemie und in Medizin promoviert.

Nach seinem Medizinstudium an der Cornell University (USA) war er als Arzt für Innere Medizin an der berühmten Johns Hopkins Medical Institution tätig und erhielt ein Forschungsstipendium für Neuroendokrinologie an den National Institutes of Health. Er war außerdem Lehrbeauftragter für Medizin und Klinische Pharmakologie sowie Direktor der Bluthochdruckklinik der Pritzker School of Medicine, Universität Chicago.

Frank Douglas ist Mitglied verschiedener wissenschaftlicher Beiräte und Vereinigungen. Er gehört auch dem Stiftungsrat der Paul Ehrlich Stiftung an.

Als Mitglied des siebenköpfigen Hochschulrats, der eine Brücke zwischen den Aktivitäten der Universität und der Gesellschaft bilden soll, wird Douglas den Sitz von Prof. Dr. Heribert Offermanns einnehmen. Offermanns, ehemaliges Vorstandsmitglied der Degussa-Hüls AG, scheidet nach eigenem Entschluss aus. Sein erklärter Wunsch war es,

einem jüngeren aktiven Industriemanager Platz zu machen. Offermanns bleibt der Universität Frankfurt als Honorarprofessor im Fachbereich Chemische und Pharmazeutische Wissenschaften und als Aufsichtsratsvorsitzender der hundertprozentigen Uni-Tochter Innoventis verbunden.

Dem Hochschulrat gehören außerdem an: als Vorsitzender Ernst Welteke, Präsident der Deutschen Bundesbank und Mitglied des Rats der Europäischen Zentralbank; Dr. Rolf-E. Breuer, Aufsichtsratsvorsitzender der Deutschen Bank; Dr. Hagen Hultsch, Aufsichtsratsvorsitzender von T-Venture und ehemaliges Vorstandsmitglied der Telekom AG; Prof. Dr. Jutta Limbach, Präsidentin des Goethe-Instituts Inter Nationes und vormals Präsidentin des Bundesverfassungsgerichts; Dr. Günther Nonnenmacher, Mitherausgeber der Frankfurter Allgemeinen Zeitung; Prof. Dr. Wolf Singer, Direktor am Max-Planck-Institut für Hirnforschung. ♦

Auf der Spur von Biomarkern in fossilen Koniferen

Können sich Biomarker über Jahrmillionen in fossilen Pflanzen erhalten? Zumindest für Nadelbäume (Koniferen) hat dies ein deutsch-amerikanisches Wissenschaftlerteam jetzt nachgewiesen. In der September-Ausgabe des renommierten amerikanischen Wissenschaftsmagazins »Science« erschien ein Beitrag zu dieser Thematik, an dem auch eine Biologin der Universität Frankfurt mitgewirkt hat: Dr. Angelika Otto vom Institut für Mineralogie (Umweltanalytik). Gemeinsam mit ihren amerikanischen Kollegen Prof. James D. White und Prof. Bernd R. T. Simoneit von der Oregon State University, USA, schrieb die Frankfurter Habilitandin



WERBUNG



In fossilen Nadelbäumen haben sich Bioterpenoide über Jahrmillionen erhalten.

einen Artikel mit dem Titel »Natural product terpenoids in Eocene and Miocene conifer fossils«. Das Projekt wurde von der Max Kade-Stiftung, New York, gefördert. Die Frankfurterin, Mitarbeiterin von Prof. Dr. Wilhelm Püttmann, forscht von 1999 bis 2000 in Oregon.

Die drei Forscher machten bei der geochemischen Analyse von fossilen Koniferen eine spektakuläre Entdeckung: Sie fanden in den kohlig erhaltenen Zapfenresten zweier Nadelbäume, *Taxodium* aus dem Eozän (zirka 38 Millionen Jah-

re) und *Glyptostrobus* aus dem Miozän (zirka 18 bis 20 Millionen Jahre), die gleichen Biomarker (Bioterpenoide), die auch in verwandten modernen Arten dieser Koniferen-Gattungen nachzuweisen sind. Damit konnten sie belegen, dass die fossilen Koniferen zur Familie der Zypressengewächse (Cupressaceae) gehören. Die Bioterpenoide blieben vermutlich deshalb so lange erhalten, weil die Moleküle durch das harzreiche Pflanzenmaterial und die umgebenden feinkörnigen Tone vor der Zersetzung durch chemische oder mikrobielle Prozesse geschützt waren. Das Wissenschaftlerteam kombiniert Methoden aus der Organischen Geochemie und der Botanik. Dieser neue Weg erlaubt ihnen den direkten Vergleich der chemischen Inhaltsstoffe von fossilen und verwandten modernen Arten und eröffnet somit eine neue Perspektive, um die Systematik und Phylogenie (Stammesgeschichte) von Koniferen zu erforschen.

Terpenoide sind sekundäre Pflanzenstoffe, die vor allem in den Harzen, Wachsen und im Holz der Nadelbäume und Blütenpflanzen gebildet werden. Zur systematischen Einordnung der Nadelbäume eignen sich die Terpenoide besonders gut als chemische Merkmale, da die verschiedenen Familien der Koniferen charakteristische Terpenoidmuster aufweisen. Die chemischen und biologischen Prozesse, die sich vor Millionen von Jahren abspielten und jetzt rekonstruierbar sind, verliefen folgendermaßen: Zunächst wurden die Pflanzenreste in Sedimente eingebettet, dann wandelten sich die von den lebenden Pflanzen gebildeten Biomoleküle zu Abbauprodukten um, die in der Organischen Geochemie als Geomoleküle oder Biomarker bezeichnet werden. Bisher wurden zahlreiche stark veränderte Geoterpenoide aus Sedimenten, Kohlen und Pflanzenfossilien beschrieben, doch ist bisher nur wenig über das Erhaltungspotenzial dieser Bioterpenoide bekannt gewesen. ♦

Juniorprofessur

Mit Isotopengeochemie auf der Suche nach dem Ursprung des Lebens auf der Spur



Der Mineraloge Dr. Stefan Weyer: Erster Juniorprofessor an der Johann Wolfgang Goethe-Universität.

Frankfurts erster Juniorprofessor arbeitet im Institut für Mineralogie an der Senckenberganlage. Der 34-jährige Mineraloge Dr. Stefan Weyer hat seine neue Stelle kurzfristig angetreten, nachdem für seine Berufung grünes Licht aus Wiesbaden gekommen war. Er studierte zunächst in Mainz Mineralogie und promovierte dann am Max-Planck-Institut für Chemie in Mainz und an der Universität in Münster. Zuletzt

arbeitete er in der Industrie im Bereich der Massenspektrometrie.

Das Massenspektrometer wird Weyer jetzt auch in der Forschung einsetzen. Schließlich verfügt die Universität Frankfurt als erste in Deutschland über ein solches Gerät mit hoher Massenauflösung, das selbst hochpräzise Isotopenanalysen mit kleinsten Probenmengen ermöglicht. Zu den Projekten, die Weyer mit isotopechemischen Un-

tersuchungen vorantreiben will, zählt der bislang unbekannt Mechanismus der Fraktionierung von Eisen in der Natur, um sein Rolle als Bioindikator besser zu verstehen. Eisen wird praktisch von allen Organismen als Nährstoff genutzt und könnte, da es robuster als der gewöhnlich als Bioindikator eingesetzte Kohlenstoff ist, Hinweise auf früheste Phasen der Entstehung von Leben auf der Erde geben.

Der neue Juniorprofessor sieht auch gute Kooperationsmöglichkeiten mit anderen Fachrichtungen an der Universität Frankfurt, wie mit der Archäologie; er bringt zudem internationale Kooperationsprojekte mit Industriepartnern und ausländischen Universitäten ein. Der neue Juniorprofessor stärkt gezielt den Fachbereich Geowissenschaften und Geographie, der in naher Zukunft als Hessisches Geozentrum zentral für die geowissenschaftliche Ausbildung in Hessen verantwortlich sein wird. ♦

Alfried Krupp-Förderpreis für Nachwuchswissenschaftlerin – Schon mit 33 Jahren Professorin

Sie genießt, obwohl erst 35 Jahre alt, in der Herz-Kreislauf-Forschung auch international einen hervorragenden Ruf: Für ihr erfolgreiches Engagement wurde Prof. Dr. Stefanie Dimmeler jetzt der Alfried Krupp-Förderpreis für junge Hochschullehrer 2002 zuerkannt. Der Förderpreis ist mit 500 000 Euro eine der höchst dotierten Auszeichnungen für Nachwuchswissenschaftler im Bereich der Natur- und Ingenieurwissenschaften. Diese Mittel sollen es den Preisträgern ermöglichen, unabhängig von öffentlichen Geldern ihre wissenschaftliche Arbeit voranzutreiben, ihre Forschungsarbeitsgruppen auszubauen und sich für ihre Forschungs- und Lehrtätigkeit ein besser ausgestattetes Umfeld zu schaffen. Das hat Dimmeler auch vor: Sie wird von dem Preisgeld unter anderem zwei hochwertige Geräte anschaffen, einen »Cell Counter« für ihr Stammzell-Projekt und ein Confokales Mikroskop für Färbungen oder Protein-Protein-Interaktionsmessungen, und den einen oder anderen lang gehegten Wunsch ihres 15-köpfigen Teams erfüllen. Zu ihren Forschungsschwerpunkten gehören die Entstehung von Arteriosklerose und die Regulation der Gefäßneubildung durch Stamm- und Vorläuferzellen (vgl. Beiträge von Dimmeler und Prof. Dr. Andreas Zeiher in

Forschung Frankfurt 3/2002 »Rettung nach dem Herzinfarkt? Stammzellen in der Kardiologie« und Forschung Frankfurt 1/2000 »Apoptose bei Herzerkrankungen«).

Stefanie Dimmeler hat ungewöhnlich schnell wissenschaftliche Karriere gemacht: Sie studierte Biologie an der Universität Konstanz; schon mit 22 Jahren bekam sie für ihre Diplomarbeit den Preis des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft. Sie forschte nach ihrer Promotion an der Universität zu Köln und wechselte schließlich zur Universität Frankfurt, wo sie sich 1998 im Fach »Experimentelle Medizin« habilitierte. Im August 1999 wurde sie auf eine Professur an der Universität Regensburg berufen; seit November 2000 hat Stefanie Dimmeler eine Professur für Molekulare Kardiologie der Johann Wolfgang Goethe-Universität inne. Zwei weitere bedeutende Preise erhielt Dimmeler bereits in den vergangenen Jahren: 1994 den Fritz-Külz-Preis der Deutschen Gesellschaft für Pharmakologie und Toxikologie und 1998 den Forschungspreis der Deutschen Stiftung für Herzforschung.

Das Kuratorium der Alfried Krupp von Bohlen und Halbach-Stiftung hatte bei der Auswahl für den Alfried Krupp-Förderpreis keine leichte Entscheidung zu treffen:



Schnelle wissenschaftliche Karriere:
Prof. Dr. Stefanie Dimmeler.

Nicht weniger als 48 hervorragende Kandidatinnen und Kandidaten aus 45 Fachgebieten der Natur- und Ingenieurwissenschaften waren der Stiftung vorgeschlagen worden. Die Wahl fiel schließlich auf drei Nachwuchswissenschaftler: neben Dimmeler wurden der Mineraloge Professor Dr. Gregor Markl von der Universität Tübingen und Dr. Joachim P. Spatz, Professor für Biophysikalische Chemie an der Universität Heidelberg, mit dem hoch dotierten Preis ausgezeichnet. ◆

Anzeige

Anzeige

Kann es sauberen Kapitalismus geben?

Zukunftsfähige Marktwirtschaft auf der Basis ethisch-ökologischer Kriterien – Mehr als eine Vision

von Johannes Hoffmann und Gerhard Scherhorn



Kann es einen Kapitalismus mit menschlichem Antlitz wirklich geben? Was können Geldanleger dazu beitragen, das Wirtschaftssystem so zu verändern, dass es natur-, sozial- und kulturverträglich wird und dass die Kosten nicht länger »systematisch auf Natur und Gesellschaft« abgewälzt werden? Für Investoren existieren inzwischen fundierte Informationssysteme, um beurteilen zu können, wie Unternehmen unter ethischen und ökologischen Kriterien einzuschätzen sind. Der Effekt von vielen kleinen Entscheidungen, die Finanzströme nach solchen Richtwerten zu beeinflussen, ist dabei nicht zu unterschätzen; er könnte sich zur »mitreißenden Kraft des Wettbewerbs« entwickeln.

Das Modell der sozialen Marktwirtschaft, das in der Bundesrepublik Deutschland nach dem Zweiten Weltkrieg vom Nationalökonom Alfred Müller-Armack kreiert und zusammen mit Wirtschaftsminister Ludwig Erhard eingeführt wurde, galt weltweit als Versuch, dem Kapitalismus ein menschliches Gesicht zu geben. Mit diesem Programm wurden Rahmenbedingungen geschaffen, die ein ausgewogenes Maß an Beschäftigung, Geldwertstabilität und Wirtschaftswachstum gewährleisten sollten. Heute ist von dem verheißungsvollen Programm nicht mehr viel übrig geblieben. Die Arbeitslosigkeit und mit ihr die Diskrepanz zwischen arm und reich sind ständig gestiegen, und was ebenso gravierend ist: Es ist nie gelungen, das Modell der sozialen Marktwirtschaft in ein Konzept sozialer und ökologischer Marktwirtschaft zu transformieren.

Es zeigt sich immer mehr, dass Geld und Kapital vor den übrigen Produktionsmitteln »Natur« und »Arbeit« Priorität eingeräumt wird. Außer der Vermehrung seiner selbst obliegen dem Kapital keine ethischen Verpflichtungen. Ein Zustand, der von immer mehr Menschen weltweit als Skandal empfunden wird. Dabei wird vielen bewusst, dass die neoliberale Marktwirtschaft und die Privilegierung des Geldkapitals nicht vom Himmel gefallen sind. Sie werden als Ergebnis sozialer und kultureller Prozesse wahrgenommen, die in der Geschichte der abendländischen Kultur ihre Wurzeln haben. In einem kontinuierlichen Prozess hat sich unser Kapitalismus in seiner jetzigen Form herausgebildet.

Aber er bleibt auch jetzt entwicklungs offen und kann in seinen Strukturen geändert werden, wenn die Gesellschaft dies für das Überleben als unumgänglich erachtet und den erforderlichen kulturellen Druck erzeugt.

Sauberen Kapitalismus kann es daher geben, wenn auf den Finanzmärkten ethischer Wettbewerb herrscht, Gütermärkte nach dem Prinzip der »Nachhaltigen Produktion« organisiert sind, Arbeit gerecht verteilt wird und eine Politik der Nachhaltigkeit dafür Sorge trägt, dass die Konsumenten die Wahl haben, sich für »Nachhaltigen Konsum« zu entscheiden. Dass dies in Zukunft so sein könnte, ist unsere Hoffnung und unsere Vision.

Die Zeit muss erweisen, wie realistisch und damit politisch durchsetzbar diese Vision ist. Uns geht es um den Nachweis, dass sie realisierbar wäre – dass sie mit den grundlegenden Funktionsgesetzen des Kapitalismus vereinbar ist.

gegangen ist und auch heute noch einhergeht; die Überfischung der Meere, die Vergiftung von Gewässern, die Verschmutzung der Luft, die Erwärmung des Klimas, das Sterben der Arten sprechen eine deutliche Sprache. Und es ist ebenso wenig zu bestreiten, dass die Expansion des Wirtschaftskapitals zum Teil auf Kosten des Sozialkapitals geht: Einkommensunterschiede nehmen weltweit zu, die Anzahl der nicht gebrauchten, marginalisierten Arbeitskräfte steigt in den meisten Ländern, die nationale Selbstversorgungskraft wird vielfach ohne Kompensation durch Exportfähigkeit zerstört, die Armutswanderungen werden immer bedrohlicher, die Vielfalt der kleinen Unternehmen nimmt ab, die Einkaufsstrassen veröden zu monotonen Auslagen für wenige Massenprodukte, und Produktivitätssteigerungen werden oft durch Senkung der Qualität erkauft, gerade auch bei Dienstleistungen wie im Gesundheitswesen und Journalismus.



Der reale Kapitalismus ist unsauber, ...

Kapitalismus ist eine Wirtschaftsordnung, in der die Bewertungen und Handlungen der Wirtschaftssubjekte von den Gesetzen der Kapitalverwertung bestimmt werden. Mit dem Begriff »Kapital« ist dabei das Wirtschaftskapital gemeint, also die vom Menschen mit Hilfe naturgegebener Güter hervorgebrachten und weiterentwickelten Produktionsmittel. Im Rahmen der wirtschaftlichen Betrachtungsweise wird die Gesamtheit der naturgegebenen Produktionsgüter auch als Naturkapital bezeichnet, die Gesamtheit der von der jeweiligen Gesellschaft und Kultur beigetragenen Produktionsvoraussetzungen als Sozialkapital.

Zum Naturkapital gehören Rohstoffe, aber auch der Boden, das Wasser, die Luft, das Klima, die Biodiversität, die biologischen, chemischen und physikalischen Gesetze des Lebens. Mit anderen Worten: Die naturgegebenen Produktivkräfte bestehen im Wesentlichen aus Gemeinschaftsgütern. Zum Sozialkapital gehören das Wissen und die Fähigkeiten der Einzelnen (auch »Humankapital« genannt), vor allem aber die Intaktheit der Bedingungen, die den gesellschaftlichen Zusammenhalt, die zwischenmenschliche Solidarität, die kulturelle Integrationskraft sichern. Mit anderen Worten: Auch die gesellschaftlichen Produktivkräfte bestehen im Wesentlichen aus Gemeinschaftsgütern.

Nun ist es zwar eine historische Tatsache, dass die Verwertung und Expansion des Wirtschaftskapitals immer wieder mit einer Aufzehrung des Naturkapitals einher-

... doch er brauchte es nicht zu sein

Diese Erscheinungen sind es denn auch, die die Rede vom »unsauberen« Kapitalismus hervorgerufen haben. In der Realität haben wir es mit einer Tendenz des Wirtschaftskapitals zu tun, sich auf Kosten des Natur- und Sozialkapitals auszubreiten, also letztlich beide, Natur und Gesellschaft, auszusaugen – und das nicht erst seit gestern. Der Kapitalismus ist seit seinen historischen Anfängen unsauber, denn er ist aus dem Feudalismus entstanden und hat dessen Privilegien, obwohl deren Berechtigung erloschen war, übernommen und auf sich zugeschnitten. Doch keine dieser feudalistischen Relikte gehört notwendig zum Wesen des Kapitalismus.

- Aus dem Herrschaftsanspruch des Feudalherrn über das Land und die Bauern entstand die Privilegierung des Kapitaleigentums vor Natur und Arbeit. Seitdem ist das Kapital von sozialer und ökologischer Verantwortung freigestellt, und deshalb ist es jahrhundertlang selbstverständlich gewesen, dass Unternehmen einen Teil der Kosten, die sie für eine schonende Behandlung der Mitwelt aufbringen müssten, auf diese und auf die Gesellschaft abwälzen. Heute wissen wir, dass sie auch dann gewinnbringend operieren können, wenn sie schädliche Emissionen vermeiden und Sozialleistungen finanzieren.
- Aus dem feudalistischen Recht auf Beute wurde die Ausbeutung der natürlichen Mitwelt, auch die Instrumentalisierung der Arbeitenden, die Unterwerfung der Kunden unter die Marke und nicht zuletzt

die Ausnutzung der Gemeinschaft. Heute wissen wir, dass Unternehmen auch mit selbstbestimmter Mitar-



beit, informiert kritischen Konsumenten und angemessenen Beiträgen zur Kultur des Standorts florieren können.

- Die oligarchische Schichtung von Herrschaft, Ansehen und Wohlstand im Feudalismus hat sich in den Ansprüchen der oberen und den Träumen der unte-

ren Schichten erhalten, vor allem aber in der Tabuisierung der Verteilungsfrage, die in Wissenschaft und Politik bisher nicht systematisch gestellt und beantwortet wird. Sicher wird es immer Einkommensunterschiede geben, doch niemand hat bisher behauptet, dass Kapitalismus nur bei immer größeren Discrepanzen zwischen reich und arm möglich wäre.

- Das feudalistische Prinzip, nach dem die Lehnspflichten dem Lehnsherrn zu Naturaldiensten verpflichtet waren, zum Kriegsdienst oder zum Dienst am Bau von Burgen und Kirchen, verwandelte sich in die Mitverpflichtung der Angehörigen der Arbeitskräfte, vor allem ihrer Frauen. So konnte es selbstverständlich werden, dass diese unentgeltlich die Versorgungsarbeit zu leisten haben, dafür aber nicht geachtet werden, weil allein der Erwerb wirtschaft-

Konzepte für das ethische Investment – Über das Forschungsprojekt Ethisch-ökologisches Rating

Die an der Universität Frankfurt angesiedelte Projektgruppe Ethisch-Ökologisches Rating wurde 1993 ins Leben gerufen. Sie trat zunächst mit dem Ziel an, einen theorie- und methodengestützten Kriterienkatalog für die Bewertung von Unternehmen nach ethisch-ökologischen Kriterien (ethisch-ökologische Ratings) zu entwickeln. 1997 schließlich konnte eine solche Kriterienlogik mit dem Frankfurt-Hohenheimer Leitfaden (FHL) der Öffentlichkeit vorgestellt werden. Ausgehend von einem erweiterten Nachhaltigkeitsbegriff basiert dieser Leitfaden auf den drei Bewertungsdimensionen Kultur-, Natur- und Sozialverträglichkeit, die durch eine Vielzahl von Unterkriterien konkretisiert und operationalisiert werden.

Aus dieser Kriterienlogik hat die oekom research AG (München) zusammen mit der Projektgruppe das Corporate Responsibility Ratingkonzept entwickelt, das seit dem Frühjahr 2000 durch oekom am Markt angewendet wird. Dieses Rating bewertet die Verantwortung des Unternehmens gegenüber der natürlichen Umwelt (Environmental Rating), ferner die Verantwortung gegenüber der Gesellschaft und den Kulturen sowie gegenüber den von den Unternehmensaktivitäten betroffenen Menschen (Social/Cultural Rating). In einem solchen Rating werden die Unternehmen sowohl einzeln bewertet, als auch ihr Rangplatz innerhalb der Branche,

zu der sie gehören, festgestellt. Schließlich werden die Ergebnisse in einem ausführlichen Abschlussbericht (Industry Report) veröffentlicht.

So erhalten zum einen private und institutionelle Anleger umfassende und differenzierte Informationen, inwieweit bestimmte Unternehmen den Kriterien von Kultur-, Natur- und Sozialverträglichkeit entsprechen, welchen Rangplatz sie unter ethischen Gesichtspunkten innerhalb der Branche einnehmen. Zum anderen werden den bewerteten Unternehmen ihre ethisch-ökologische Performance detailliert vor Augen geführt und Verbesserungspotenziale aufgezeigt. Zugleich ist durch die Vergleichbarkeit der Unternehmen im so genannten Branchenranking zu beobachten, dass sich ein ethischer Wettbewerb innerhalb der Branchen entwickelt. Auf diese Weise – durch ethisches Investment einerseits und die Schaffung ethischer Konkurrenzsituationen innerhalb der Unternehmen andererseits – können (zur Zeit noch kleinschrittig) nachhaltige Innovationen in Wirtschaft und Industrie vorangetrieben und gefördert werden.

Des Weiteren wurde 2001 ein Corporate Responsibility Länderrating entwickelt und mit dessen Hilfe zunächst die 30 OECD-Staaten und Russland bewertet. Damit ist der Anfang gemacht, auch für ethisch orientierte Anleger von Staatsanleihen und anderen, von Staaten emittierten festverzinslichen Wertpapieren transparente Informationen zur Verfügung zu stellen.

Da ein Rating immer nur eine Momentaufnahme sein kann, ist es notwendig, dass in regelmäßigen Abständen oder aber bei besonderen Anlässen ein Update erstellt wird. Daran und an der weiteren Ausdehnung der bewerteten Unternehmen sowie Staaten arbeiten die Analysten der oekom kontinuierlich. Die wissenschaftliche Begleitforschung wird von der Projektgruppe Ethisch-ökologisches Rating permanent betrieben. Um angesichts der wachsenden Zahl von ethisch-ökologischen Ratingagenturen den Investoren und Finanzdienstleistern Transparenz zu ermöglichen, hat die Projektgruppe Grundsätze zur Bewertung des Qualitätsmanagements von Ratingagenturen entwickelt. Zudem hat die Projektgruppe im September 2000 einen Verein für ethisch orientierte Investoren gegründet, das Corporate Responsibility Interface Center CRIC e.V., dessen Ziel es ist, ethisches Investment auf der Basis des Corporate Responsibility Ratingkonzepts zu fördern.

Weitere Informationen:
www.rz.uni-frankfurt.de/fb07/rating
www.cric-ev.de
www.oekom-research.com

Claudia Döpfner M.A., Bankkauffrau, studierte Kunstwissenschaften und Theologie und arbeitet seit 1997 in dem Forschungsprojekt Ethisch-Ökologisches Rating mit.



lich zählt und gesellschaftlich geachtet ist. Auch dies aber gehört nicht zu den Wesensmerkmalen des Kapitalismus; bei Gleichrang der Geschlechter kann er genauso gut oder besser funktionieren.

Das erwachende Gewissen der Geldanleger

Dennoch haben sich die überkommenen Privilegien jahrhundertlang zäh gehalten, eben weil sie sich stillschweigend mit dem Kapitalismus verbunden hatten. Auch die Arbeiterbewegung hat sie nicht beseitigt, weil sie sich zu sehr auf Lohnerhöhungen konzentrierte. Erst heute scheint die Zeit dafür reif zu sein, sie prinzipiell in Frage zu stellen.

Leicht ist das nicht. Am ehesten wird im Bereich der ökologischen Wirtschaftstheorie und Wirtschaftspolitik wahrgenommen, dass Unternehmen auch ohne Zerstörung des »kritischen Naturkapitals« (der nicht ersetzbaren Gemeinschaftsgüter) mit Gewinn wirtschaften. Die übrigen Privilegien werden noch hartnäckig verteidigt: Das Gegenteil von Instrumentalisierung ist Selbstbestimmung, davon sind wir in den meisten Unternehmen noch weit entfernt. Den Unterwerfungstechniken des Marketing haben noch zu wenige Menschen Immunisierungsstrategien entgegensetzen. Staaten und Ge-



meinden beugen sich der Standortkonkurrenz. Die Verteilungsfrage ist weiterhin tabu. Die von der Gewerkschaftsbewegung erkämpften Fortschritte werden durch Marginalisierung nicht gebrauchter Arbeitskräfte ausgehöhlt. Und die geschlechtlichen Herrschaftsverhältnisse sind selbst durch Frauenquoten und Frauenerwerbstätigkeit noch keineswegs erschüttert.

Und doch gibt es in allen Bereichen Anzeichen dafür, dass die feudalistischen Privilegien nicht mehr selbstverständlich hingenommen werden. Sehr deutlich zeigt sich das auch bei denen, die auf den Finanzmärkten die Kapitalverwendung beeinflussen, den Geldanlegern. Immer mehr Investoren wird bewusst, dass sie bei der Anlage ihres Gelds nicht nur monetäre, sondern auch ethische Gesichtspunkte berücksichtigen sollten. Sie nehmen die Verantwortung für die natürliche und soziale Mitwelt auch wahr. Andererseits sehen sie in der ethisch-ökologischen Geldanlage eine Chance, an der Vision einer zukunftsfähigen globalen Marktwirtschaft mitzuwirken und diese Vision der Realität näher zu bringen.

In den USA, in Kanada, Großbritannien, Irland und Deutschland gibt es bereits Zusammenschlüsse ethisch

orientierter Investoren. Sie verstehen sich als zivilgesellschaftliche Organisationen, die sich des Know-hows – etwa ethisch-ökologischer Ratingagenturen als kompetenten zivilgesellschaftlichen Institutionen – bedienen und sowohl über die Berücksichtigung der Positiv- und Negativkriterien als auch des »Best of Class-Rating« einen ethischen Wettbewerb zwischen den Unternehmen einer Branche generieren. In Deutschland wurde das Corporate Responsibility Interface Center (CRIC), ein Verein ethisch orientierter Investoren, gegründet, der sich vor allem dafür einsetzt, dass möglichst alle Kapitalanlageprodukte nach den Kriterien des Frankfurt-Hohenheimer Leitfadens (FHL) bewertet werden. Der Verein bedient sich dabei der Bewertungen, die die oekom research AG nach dem Muster dieses Leitfadens



bei inzwischen über 25 Branchen vorgenommen hat. Dabei wurden einerseits über 800 Unternehmen (über 600 »big caps« und 200 mittlere, ökologisch besonders innovative Unternehmen) geratet und andererseits in einem Länderrating die 30 OECD-Staaten und Russland erfasst. Allein mit dem Rating der »big caps« werden 80 Prozent der Marktkapitalisierung des Dow Jones Stoxx 600 erreicht.

Die Autoren



Prof. Dr. Johannes Hoffmann, 65, lehrt seit 1976 Moraltheologie

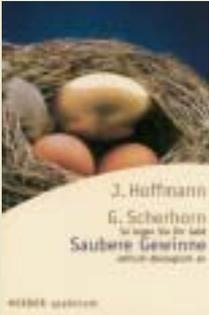
und Sozialethik am Fachbereich Katholische Theologie der Universität Frankfurt. Zu seinen Forschungsschwerpunkten gehören Themen der Technikbewertung und die Entwicklung ethischer Kriterien für die Bewertung von Unternehmen und Geldanlagen. Seit über zehn Jahren leitet er das Projekt »Ethisch-Ökologisches Rating« und bekleidet in diesem Zusammenhang verschiedene Ämter; er ist erster Vorsitzender des Corporate Responsibility Interface Center (CRIC), ein Verein für ethisch orientierte Investoren. Hoffmann studierte Theologie, Volkswirtschaftslehre und Psychologie in Münster, München, Bonn und Saarbrücken und war vor seiner Berufung nach Frankfurt Professor an der Pädagogischen Hochschule in Münster für den Bereich Theologische Anthropologie und Moralpädagogik.



Prof. Dr. Gerhard Scherhorn, 72, ist seit 1996 Direktor der Arbeitsgruppe »Neue Wohl-

standsmodelle« des Wuppertal Instituts für Klima, Umwelt, Energie. Zuvor lehrte und forschte er von 1976 bis 1998 als Professor für Konsumtheorie und Verbraucherpolitik an der Universität Hohenheim, Stuttgart. Von 1974 bis 1979 war Scherhorn Mitglied im Sachverständigenrat der Bundesregierung zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, von 1975 bis 1984 im Verwaltungsrat der Stiftung Warentest und von 1977 bis 1995 Mitherausgeber des Journal of Consumer Policy. Zu den Arbeitsgebieten des Wissenschaftlers, der Volkswirtschaftslehre studiert hat, aber auch mit soziologischen und psychologischen Ansätzen arbeitet, gehören: Konsum, Lebensqualität, Zeitwohlstand, formelle und informelle Arbeit, ethisch-ökologische Bewertung von Unternehmen und Nachhaltigkeit.

Saubere Gewinne bei gutem Gewissen – Ein Plädoyer für eine andere Wirtschaft



Johannes Hoffmann/
Gerhard Scherhorn
**Saubere Gewinne –
So legen Sie Ihr Geld
ethisch-ökologisch an**
Herder Spektrum
Verlag, Freiburg
2002, ISBN
3-451-05202-4,
192 Seiten,
9,90 Euro.

Man kann (und sollte vielleicht) dieses Buch gleichsam von hinten lesen, genauer: mit dem dritten und letzten Kapitel, das der Volkswirtschaftler Gerhard Scherhorn geschrieben hat. Scherhorn war Ordinarius für Konsumtheorie und Verbraucherpolitik an der Universität Hohenheim, Stuttgart, und leitet die Arbeitsgruppe »Neue Wohlstandmodelle« im Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie. Das Kapitel ist insofern sehr aufschlussreich, weil es gleichsam die philosophischen Grundlagen der Diskussion um ein nachhaltiges, zukunftsorientiertes Wirtschaften liefert. Scherhorns Ausführungen machen den mit dem Thema nicht so vertrauten Leser gelegentlich geradezu betroffen. So etwa, wenn er wie in einem Spiegel erkennen

muss, wie er systematisch auf falsche Fährten gelockt wird: Statt etwa dem Kraftfahrzeugnutzer zu erklären, dass er für die Allgemeinheit weit mehr Kosten verursacht, als er mit seinen Steuern bezahlt, heißt es (beispielsweise seitens des ADAC), der Umweltschutz sei zu teuer. »Die Rede von den Kosten des Umweltschutzes ist ein Zeichen der Abwehr«, diagnostiziert Scherhorn. Ähnliches gelte für den Geldanleger, meint der Autor. Wer sein Geld nach ethisch-ökologischen Grundsätzen

anlegen wolle, erlebe häufig, wie Berater in Abwehrstellung gingen, weil damit das »Privileg des Kapitals« infrage gestellt werde. Scherhorns Rat: sich gegen die Verdrängung und Vertuschung zur Wehr setzen.

Der Frankfurter Moraltheologe und Ko-Autor des Buchs, Johannes Hoffmann, gibt im ersten Kapitel einen informativen, historischen Überblick über die Entwicklung der Idee der ethisch-ökologischen Geldanlage. Entstanden ist sie in den USA als Folge des Einsatzes von Napalm im Vietnamkrieg. Dow Chemical war der Hauptproduzent dieses Teufelszeugs. Christlich orientierte Anleger verkauften darauf die Aktien dieses Chemiegiants. Jenseits des Teichs fand die Idee eine große Anhängerschaft. »Sinstocks« (sündige Aktien) wie die von Dow gehören dort seither nicht mehr ins Portfolio eines ethisch-ökologisch orientierten Geldanlegers, ähnlich wie Aktien von Firmen, die ihr Geld mit Tabak, Alkohol, Glücksspiel, Rüstung, Pornographie, Atomkraft, Kinderarbeit verdienen. Erst mit längerer Verzögerung hat die Idee auch in Europa Fuß gefasst.

Hoffmann argumentiert natürlich moraltheologisch, untersucht das Verhältnis von Moral und Geld und kommt, ähnlich wie Scherhorn, zu dem Ergebnis, dass der Kapitalismus Kosten »systematisch auf Natur und Gesellschaft« abzuwälzen ver-

sucht. Er plädiert sehr nachdrücklich dafür, dass sich die gleichgesinnten Anleger zusammenschließen. Denn nur auf dem Hintergrund geballten Sachverstands scheint es möglich, die nötigen objektiven Informationen zu sammeln und die Spreu vom Weizen zu trennen. Nach dem Vorbild der USA entstanden auch in Europa ethisch-orientierte Ratingagenturen, die ihren Rat solchen Gruppen zur Verfügung stellen.

Die beiden Autoren haben 1993 die Projektgruppe Ethisch-Ökologisches Rating gegründet, aus deren Untersuchungen 1997 der Frankfurt-Hohenheimer Leitfaden hervorging. Damit wird eine systematische Kriterienlogik zur Diskussion gestellt, die zu den üblichen und bekannten Merkmalen wie Umwelt- und Sozialverträglichkeit noch ein drittes Merkmal hinzufügt: Kulturverträglichkeit.

Das Buch bietet einen guten Überblick über die Grundlagen und die Entwicklung der Idee der ethisch-ökologischen Geldanlage. Es enthält viele nützliche Informationen bis hin zu weiterführender Literatur und Anschriften. Die Entscheidung, welche Aktien man sich ins Portfolio legt, nehmen die Autoren auch dem ethisch orientierten Anleger freilich nicht ab.

Hans Peter Gohla arbeitet als freier Journalist in Aachen.

Die ethisch-ökologische Bewertung von Unternehmen

Ethische oder auch ökologische Bewertungen von Unternehmen gibt es schon seit den 1920er Jahren. In den Anfängen kam dabei oft nur ein einziges Positiv- oder Negativkriterium zur Anwendung. Das machte Sinn, da man damit beachtliche politische Wirkung erzielte. Heute gibt es dazu im »Best-of-Class-Rating« eine erprobte Alternative. Im Gegensatz zur Prüfung von möglichst vielen Einzelunternehmen nach einer mehr oder minder großen Zahl von Ausschlusskriterien werden hier alle Unternehmen einer Branche eingestuft. Das bedeutet, jeder/jede Investor/Investorin kann sich ein Bild darüber verschaffen, wie die Unternehmen so-

wohl je für sich bewertet wurden, als auch welchen Rangplatz sie innerhalb ihrer Branche erreicht haben. Das Verfahren eröffnet die Möglichkeit, die Unternehmen anhand einer differenzierten ethischen Kriterienlogik in Relation zueinander zu vergleichen.

Das Prinzip des ethischen Wettbewerbs

So wird ein ethischer Wettbewerb in die Branchen hineingetragen, durch den zunehmend eine ethische Durchdringung der gesamten Wirtschaft in Gang kommt. Ethisch orientierten Investoren kommt das sehr entgegen, da sie damit nicht nur ihren individuellen Interessen Rechnung tragen können, sondern gleichzeitig in der Wirtschaft Entwicklungen anstoßen, die auf breiter Basis ethisch-ökologische Innovationen auslösen und eine kleinschrittige Veränderung des Kapitalmarkts hin zu mehr ethischer Performance bewirken.

Der »Best-of-Class-Ansatz« trägt der ethischen Grunderfahrung Rechnung, dass jede menschliche Handlung eine Doppelwirkung hat, also beabsichtigte gute, aber auch unbeabsichtigte oder in Kauf genommene schlech-



te Folgen zeitigt. Mit Hilfe des Corporate Responsibility Ratings nach dem Frankfurt-Hohenheimer Leitfaden wird kein Unternehmen ausgeschlossen, sondern es wird transparent gemacht, welchen Grad an ethisch-ökologischer Verantwortung ein Unternehmen im Vergleich mit seinen Konkurrenten aufweist. Darüber hinaus wird den Unternehmen in der Form einer Chancen- und Risikoabschätzung oder auch in einer Stark- und Schwachstellenanalyse vorgestellt, in welcher Weise sie sich in ethischer Hinsicht verbessern können.

Trotz alledem ist die ethische Geldanlage keine selbstlaufende Bewegung. Man muss sich für sie einsetzen, denn sie stößt auf viele Vorurteile, die aus dem alten Denken erwachsen. Das erste Vorurteil lautet: »Wer sein Geld nach diesen Kriterien anlegt, muss auf Rendite verzichten.« Das ist falsch. Sicher gibt es eine Reihe förderungswürdiger Unternehmen, die nur geringe Dividenden oder Zinsen zahlen können. Sie finden ihre Aktionäre und Kreditgeber, weil es glücklicherweise Anleger gibt, die es wichtig finden, solche Projekte zu unterstützen. Aber die Masse der Unternehmen, die im ethisch-ökologischen Rating gut abschneiden, verdient auch gut, zahlt gute Dividenden, und ihre Kurse entwickeln sich zufriedenstellend.

Es geht bei der ethisch-ökologischen Geldanlage eben nicht darum, Unternehmen zu bevorzugen, die auf Gewinn verzichten, sondern solche, die ökologische und soziale Ziele ebenso wichtig nehmen wie den Gewinn. Das ist die Haltung, die nachhaltig wirtschaftende Unternehmen auszeichnet. Im allgemeinen kann man



sicher sein, dass Unternehmen, die ihre Ziele so definieren, zukunftsfähig sind; sie werden moderner geführt als die anderen, und sie entwickeln ertragreiche Innovationen. Solche Unternehmen zu bevorzugen heißt, ihnen das Signal zu geben, dass sie auf dem richtigen Wege sind, und an ihren Erfolgen teilzuhaben.

Das zweite Vorurteil: »Es sind doch gar nicht genug Anlageprodukte auf dem Markt, die ethisch-ökologische Kriterien erfüllen.« Man sehe sich nur den NAX an: Die

paar Unternehmen, die heute schon das Prädikat »sehr naturverträglich« beanspruchen können, sind an vier Händen abzuzählen. Wenn auch nur zwei Prozent der deutschen Anleger in diese Unternehmen investieren wollten, wüchsen deren Aktienkurse ins Ungemessene und wären schnell nicht mehr bezahlbar.

Das wäre auch keine Lösung. Natürlich muss die Geldanlage über alle Bereiche gestreut sein, auch die Unternehmen mit nicht so guter ethisch-ökologischer Performance brauchen Geld, um sich in die richtige Richtung entwickeln zu können. Und dazu trägt man



am wirksamsten bei, wenn man stets Unternehmen bevorzugt, die in ihrer Branche relativ besser abschneiden, das heißt, im ethisch-ökologischen Rating eine bessere Note bekommen als der Durchschnitt. Denn dadurch wird der Wettbewerb in die erwünschte Richtung gelenkt: Wenn Unternehmen zu spüren bekommen, dass die entschiedenere Natur- und Sozialverträglichkeit zu besserer Finanzierung verhilft, dann wird nachhaltiges Wirtschaften für sie wichtiger, und eben das soll erreicht werden.

Aber dann folgt der dritte Einwand: »Was kann man als kleiner Anleger schon erreichen. Die Gesetze des Kapitalismus sind stärker, die verändern wir nicht.« Wir verändern sie, wenn wir sie benutzen! Zu diesen Gesetzen gehört auch die mitreißende Kraft des Wettbewerbs, und der bedienen wir uns. Die vielen kleinen Entscheidungen, hat Adam Smith gelehrt, wirken wie eine unsichtbare Hand. Sie bringen die Unternehmen dazu, den Willen der Konsumenten zu erfüllen, indem sie diejenigen belohnen, die bessere und preiswertere Produkte anbieten, und dadurch deren Konkurrenten zwingen, ihnen nachzueifern, um nicht aus dem Markt geworfen zu werden. Die Entscheidungen der Geldanleger für die sozial und ökologisch besseren Unternehmen haben eine ähnliche Wirkung: Sie belohnen die fortschrittlichen Unternehmen und bringen die rückständigen Schritt für Schritt dazu, sich natur-, sozial- und kulturverträglicher zu verhalten. ◆

Anzeige

Anzeige

Molekulare Boten auf verschlungenen Pfaden

Signaltransduktion am Endothel



von Werner Müller-Esterl, Stefanie Oess,
Albert Smolenski, Steffen Gross und Stefan Kieß

In vielzelligen Organismen gilt das Prinzip der Arbeitsteilung: Spezialisierte Einzelzellen schließen sich zu Organen zusammen, die im Gesamtsystem spezifische Aufgaben übernehmen. Die Zellen müssen hierzu sinnvoll miteinander kooperieren und kommunizieren. Im kardiovaskulären System lassen sich am Beispiel der Blutdruckregulation differenzierte Wege zur Übermittlung von Signalen zwischen den Zellen aufzeigen. Dieser Prozess der Signaltransduktion läuft an den Zellen der inneren Gefäßwand («Endothel») und der äußeren Gefäßummantelung («glatte Muskulatur») ab. Eine ganz besondere Rolle spielt dabei ein winzig kleines Molekül aus nur zwei Atomen, Stickstoffmonoxid oder kurz NO genannt.

Stickstoffmonoxid ist ein anorganisches Molekül, das viele Rollen spielen kann. Chemisch gesehen ist NO mit einem Stickstoff- und einem Sauerstoffatom ein Zwerg, der ein »freies«, das heißt, ungepaartes Elektron besitzt und dadurch ebenso reaktiv wie kurzlebig ist. Aus ökologischer Sicht ist NO eher ein Unhold: Unkontrolliert bei Verbrennungsprozessen freigesetzt, macht es der Umwelt schwer zu schaffen, weil es blitzschnell mit Molekülen der Atmosphäre reagiert und dabei gefährliche nitrose Gase und Säuren erzeugt. Die belebte Welt hat NO früh domestiziert und nutzt diesen Hans-Dampf-in-alle-Gassen in vielfältiger Weise. So wehren zum Beispiel Pilze und Pflanzen Krankheitserreger durch eine Überdosis NO ab. Tier und Mensch machen sich dessen zytotoxische Eigenschaften ebenfalls zunutze und verwenden NO als Speerspitze bei der unspezifischen Immunabwehr durch Makrophagen. NO spielt aber auch auf ganz anderen Klaviaturen: Im peripheren und zentralen Nervensystem wirkt es als Neuromodulator und

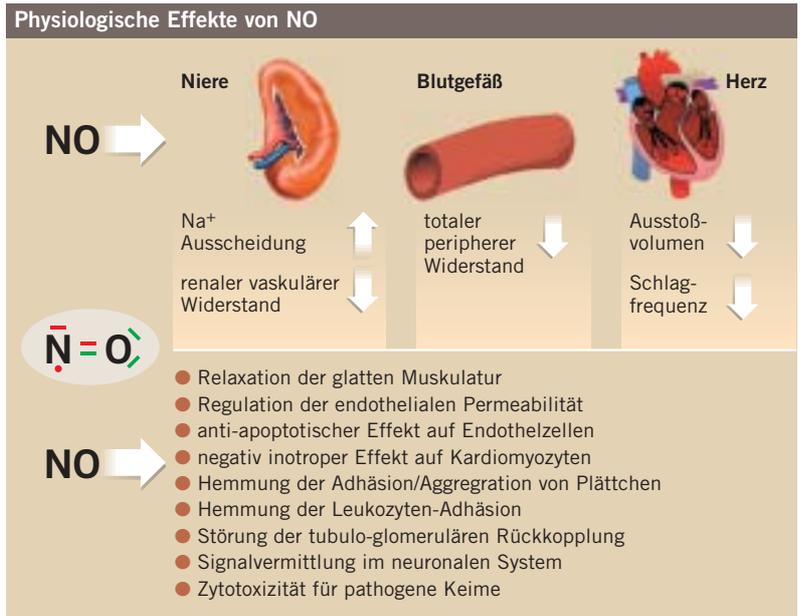
Neurotransmitter. Schließlich übernimmt es eine Schlüsselrolle im kardiovaskulären System, wo NO vasodilatatorisch wirkt, also die Gefäße weitet und damit den Blutdruck senkt **1**.

NO-erzeugende Substanzen wurden schon vor über hundert Jahren Patienten verordnet, die an Brustenge («Angina pectoris») auf Grund mangelhafter Blutversorgung des Herzmuskels litten – allerdings ohne jede Kenntnis ihres Wirkprinzips. Der britische Arzt William Murrel berichtete erstmals 1879 im medizinischen Fachblatt »The Lancet« über seine therapeutischen Erfolge mit dem NO-Donor Nitroglycerin. Die Ironie der Geschichte wollte es, dass Alfred Nobel, der die Sprengkraft von Nitroglycerin für die Entwicklung von Dynamit nutzte, in seinen späten Tagen eben jenes Molekül unter dem weit weniger gefährlich klingenden Pseudonym Trinitrin gegen seine Angina pectoris-Anfälle verschrieben bekam. Die molekularen Details der Wirkungsweise von Nitroglycerin wurden allerdings erst ein Jahrhundert später aufgeklärt. Damit rückte auch das Molekül Stickstoffmonoxid schlagartig in das Rampenlicht der Wissenschaft: 1992 wurde es zum »Molekül des Jahres« gekürt und erhielt schließlich den Ritterschlag mit der Verleihung des Nobelpreises an drei NO-Forscher **2**.

Die körpereigene NO-Synthese geht von der Aminosäure Arginin aus; diese wird von dem Enzym NO-Synthase in Citrullin umgewandelt, wobei das schnelllebige NO freigesetzt wird **3**. Vereinfacht lässt sich dieser Prozess als »Kurzschluss« im Harnstoffzyklus darstellen. Bei Säugetieren sind drei Formen der NO-Synthese bekannt: Die *neuronale* NO-Synthase sorgt für die NO-Produktion im Nervensystem; Makrophagen produziertes mit der *induzierbaren* NO-Synthase massenhaft NO für die unspezifische Abwehr; schließlich liefert die *endotheliale* NO-Synthase (eNOS) genügend NO, um den Druck im kardiovaskulären System zu regulieren.

Die NO-Kaskade: Signaltransduktion im endothelialen System

Blutgefäße werden in ihrem Lumen vom Endothel ausgekleidet, einer einschichtigen »Zell-Tapete« mit einer Gesamtfläche von etwa 1000 Quadratmetern beim Menschen. Primär nimmt das Endothel die Funktion einer Scheidewand zwischen Intra- und Extravasalraum wahr; diese Barrierenfunktion wird durch Signalmoleküle reguliert. Endotheliale Zellen grenzen an die umgebende Gefäßwand, ein Gewebe aus unterschiedlich dicken Schichten glatter Muskelzellen **4**. Der Blutdruck und seine dynamische Anpassung an situative Er-



1 Physiologische Effekte von NO. Oben: Die Wirkungen von NO auf Nieren, Gefäße und Herz führen insgesamt zu einer Blutdrucksenkung. Unten: Auswahl weiterer physiologischer Funktionen von NO.

Kurze Historie von Stickstoffmonoxid in Medizin und Wissenschaft

H₂C—O—NO₂
HC—O—NO₂
H₂C—O—NO₂
Glyceroltrinitrat
 (»Nitroglycerin«)

1867 berichtet der schottische Arzt Thomas Lauder Brunton über den Einsatz von Amylnitrit gegen Angina pectoris.

1879 beschreibt der britische Arzt William Murrel Nitroglycerin als Heilmittel gegen Angina pectoris.

»Ist es nicht die Ironie des Schicksals, dass man mir Nitroglycerin zum Einnehmen verschrieben hat! Sie nennen es Trinitrin, um nicht die Apotheker und die Öffentlichkeit zu beunruhigen.«

Alfred Nobel im Jahr 1896, kurz vor seinem Tod

1977 weist Ferid Murad die Freisetzung von NO bei vasodilatatorischen Präparaten wie Nitroglycerin nach.

1980 postuliert Robert F. Furchgott mit EDRF (endothelial-derived relaxing factor) eine noch unbekannt Substanz, die vom Endothel zur Gefäßerweiterung abgegeben wird.

1986 postuliert Louis J. Ignarro auf Grund von Spektralanalysen, dass EDRF und NO identisch sind.

1987 zeigt Salvador Moncada, dass Endothelzellen NO zur Vasodilatation freisetzen.

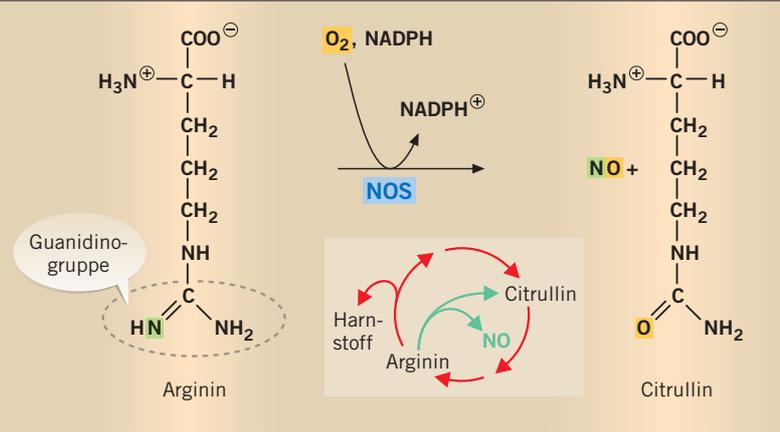
ab 1989 wird die Biosynthese von NO aufgeklärt.

1992 kürt das Wissenschaftsmagazin »Science« NO zum »Molekül des Jahres«.

1998 erhalten Robert F. Furchgott, Louis J. Ignarro und Ferid Murad den Nobelpreis für Medizin für ihre bahnbrechenden Arbeiten zu NO.

2 Kurze Historie von Stickstoffmonoxid in Medizin und Wissenschaft.

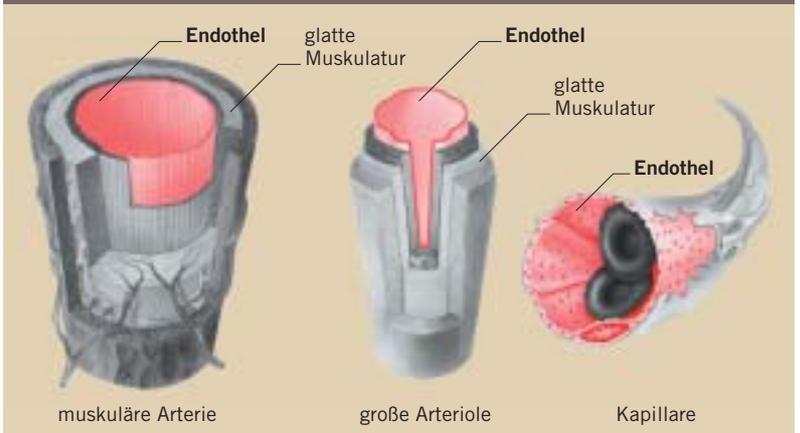
Biosynthese von NO



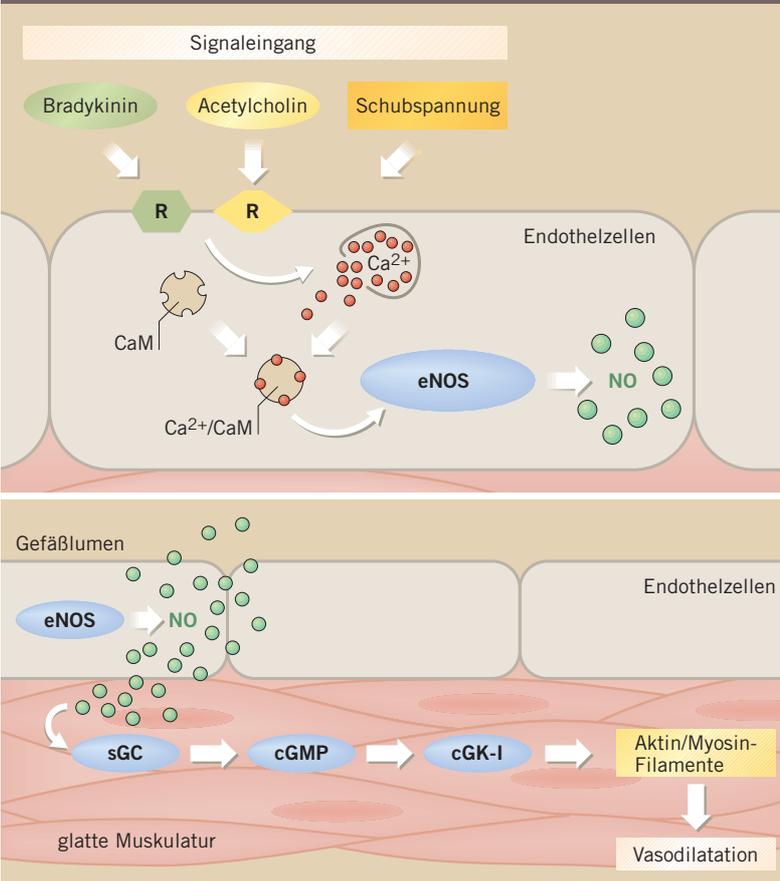
3 Biosynthese von NO. Das Enzym NO-Synthase (NOS) katalysiert die Umwandlung von Arginin zu Citrullin; dabei wird ein Stickstoffatom (N) der Guanidino-gruppe mit einem Sauerstoffatom (O) aus O₂ als NO freigesetzt. Das Radikal NO- reagiert rasch mit reaktiven Sauerstoffspezies unter Nitrosylierung und Oxidation von Proteinen und Lipiden.

4 Aufbau von Blutgefäßen verschiedenen Typs. Die endotheliale Schicht ist rot dargestellt; außen liegen die glatten Muskelschichten, die den Gefäßtonus feinsteuern.

Aufbau von Blutgefäßen verschiedenen Typs



Signaltransduktion am Endothel



fordernisse wird über den Spannungszustand der Gefäßmuskulatur – den Tonus – reguliert. Ein Wechselspiel von vasoaktiven Substanzen läuft dabei ab: Angiotensin und Endothelin verengen die Gefäße (»Vasokonstriktion«), während Bradykinin, Acetylcholin oder Histamin sie erweitern (»Vasodilatation«) und damit den Blutdruck senken. Viele Reaktionswege, die zur Gefäßerweiterung führen, werden durch NO vermittelt.

Welche Signalstafetten laufen an den Gefäßen ab? Zu den stärksten Stimulatoren der NO-Synthese gehört das Hormon Bradykinin; wird dieser Botenstoff im Kreislauf freigesetzt, so aktiviert er »seinen« Rezeptor auf der Plasmamembran der Endothelzelle. Die Endothelzelle antwortet auf die Rezeptorreizung mit einer schlagartigen Erhöhung ihrer intrazellulären Kalzium-Konzentration; dadurch kann nun das Effektorprotein

Calmodulin, das im Zellinnern (»Cytosol«) der Endothelzelle vorkommt, Kalzium-Ionen binden. Der entstehende Kalzium/Calmodulin-Komplex wiederum dockt an die NO-Synthase an, die im Ruhezustand an Einstülpungen – so genannten Caveolae – der endothelialen Plasmamembran fixiert und damit inaktiviert ist. Die Bindung von Kalzium/Calmodulin »enthemmt« das Enzym, das nun mit voller Leistung NO synthetisiert **5** (oben). Andere wirkungsvolle Stimuli der endothelialen NO-Synthase sind zum Beispiel der Neurotransmitter Acetylcholin des parasympathischen Nervensystems, der »primäre« Botenstoff Histamin aus Mastzellen oder auch physikalische Kräfte wie die »Schubspannung«, die durch vermehrten Blutfluss zustande kommt.

Warum kommt es nun zur Vasodilatation? NO ist ein klassischer »parakriner« Wirkstoff, der auf Grund seiner kurzen, nur wenige Sekunden währenden biologischen Lebensspanne bestenfalls umliegende Zellen, aber keinesfalls weiter entfernt liegende Zielzellen des Körpers erreichen kann. Wegen seiner guten Membrangängigkeit verlässt NO die Endothelzelle blitzschnell und dif-

5 Signaltransduktion am Endothel. Oben: Nach reizinduzierter Erhöhung der Kalzium-Konzentration wird die endotheliale NO-Synthase (eNOS) durch den Kalzium/Calmodulin-Komplex (Ca²⁺/CaM) aktiviert und produziert vermehrt NO. Unten: NO diffundiert über Zellmembranen hinweg bis zur cytosolischen Guanylylzyklase (sGC) der glattmuskulären Zellen. Die Signalstafette läuft weiter über cGMP und über cGMP-abhängige Proteinkinasen vom Typ I (cGK-I), die über nachgeordnete Zielproteine (»Effektoren«) Muskelzellen relaxiert und damit das Gefäß erweitert.

fundiert in die umliegenden Zellen der Gefäßmuskulatur. Dort bindet es an einen intrazellulären Rezeptor, die lösliche Guanylylzyklase. Die Bindung von NO stimuliert das Enzym zur Bildung von zyklischem Guanosinmonophosphat (cGMP), das das Signal an die nächste Station der Signalkette weitergibt, die cGMP-abhängige Proteinkinase cGK-I. Diese Kinase hemmt die von Aktin und Myosin vermittelte Kontraktion der glatten Gefäßmuskulatur, worauf die Muskelzellen entspannen und dadurch das Gefäßlumen weiten: Es kommt zur lokalen Blutdrucksenkung **5** (unten).

Wie jedoch kann der entspannte Zustand der Muskelzellen wieder aufgehoben werden? Dazu besitzt die

proteine wie den Kalzium/Calmodulin-Komplex oder das Membranprotein Caveolin, durch chemische Modifikationen der eNOS und durch gezielte Verteilung in verschiedene Zellkompartimente. Zum Beispiel geht die Aktivierung der endothelialen NO-Synthase mit ihrer Ablösung aus den Caveolae der Plasmamembran einher; für diese Freisetzung ist auch eine Abspaltung von Acylresten notwendig. Die Proteine, die diese dynamische Umverteilung steuern, sind jedoch erst zum Teil bekannt.

Wir haben uns daher auf die Suche nach solchen Steuerungsfaktoren gemacht und dabei ein neues Protein entdeckt, das wir eNOS-interagierendes-Protein, kurz NOSIP, nennen **6**. Mit NOSIP

haben wir einen neuen Typ von »Translokator« gefunden, der bei der Umverteilung von eNOS von der Plasmamembran hin zu intrazellulären Kompartimenten assistiert. NOSIP scheint dabei eNOS von den

6 NOSIP induziert die Translokation von eNOS. Beide Immunfluoreszenzmikroskopie-Aufnahmen zeigen jeweils vier Zellen; zwei wurden zur vermehrten Produktion von humanem NOSIP veranlasst (Zellen 1 und 2), während die beiden anderen Zellen (3 und 4) kein humanes NOSIP produzieren. Dies hat gravierende Auswirkungen auf die intrazelluläre Verteilung von eNOS in denselben Zellen (links): Während eNOS in den NOSIP-expressierenden Zellen (1 und 2) praktisch nur am Golgi-Apparat und nicht an der Plasmamembran (Pfeilköpfe) zu finden ist, zeigen NOSIP-freie Zellen (3 und 4) das Enzym auch an der Plasmamembran (Pfeile). Die Expression von NOSIP führt offenbar zu einer Umverteilung der eNOS von der Plasmamembran hin zu inneren Zellkompartimenten; dabei geht diese Translokation von eNOS mit einer verminderten NO-Produktion einher.

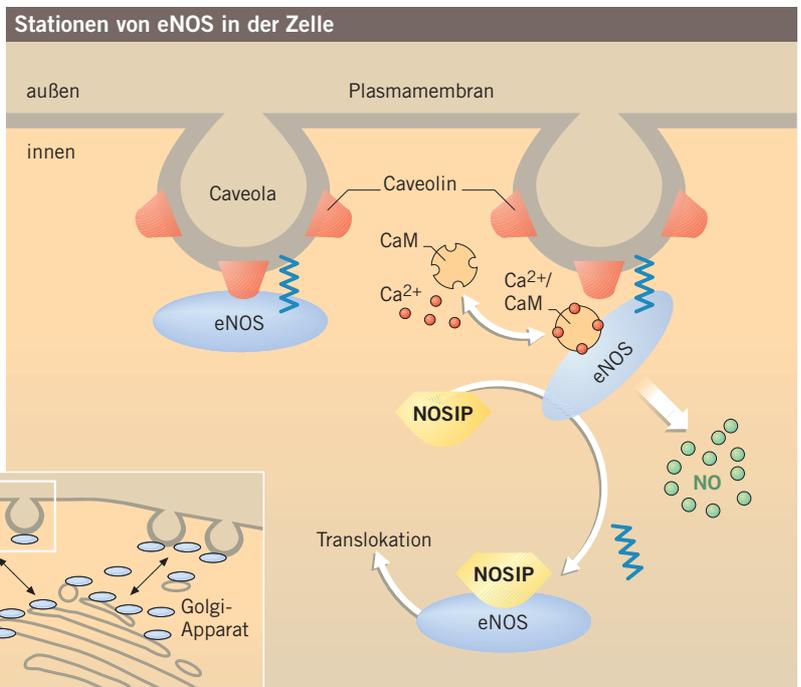


Zelle Enzyme vom Typ der Phosphodiesterasen, die das zyklische cGMP in GMP – seine lineare und damit wirkungslose Form – umwandeln. Dieses Prinzip macht man sich auch bei der Behandlung der erektilen Dysfunktion zunutze: Viagra hemmt das Enzym Phosphodiesterase vom Typ 5 und drosselt den Abbau von cGMP. Dadurch wird die NO-Wirkung verlängert, die die glatten Muskelzellen der Schwelkörper (»corpora cavernosa«) entspannt und damit eine anhaltende Blutfüllung der Kavernen sicherstellt.

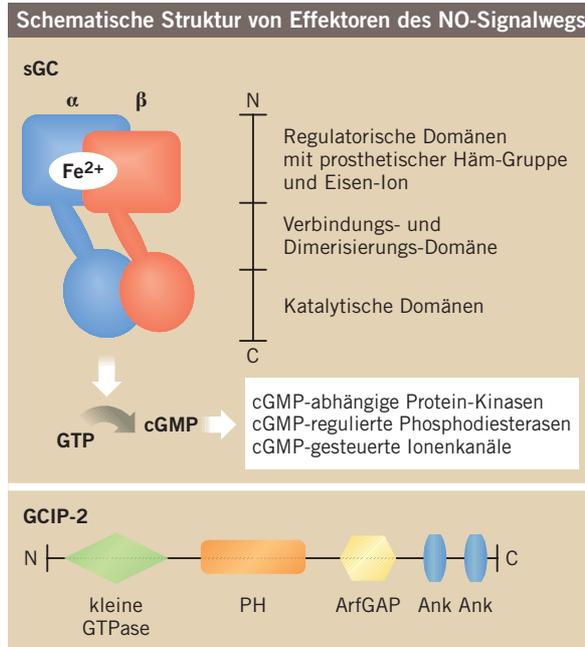
Es versteht sich von selbst, dass ein Botenstoff wie NO, der so vielfältige Funktionen im Körper steuert, in Synthese, Aktionsradius und Abbau strikt kontrolliert sein muss. Die bislang skizzierten Mechanismen geben dabei nur ein relativ grobes Bild ab: Die tatsächlichen Vorgänge, die in den Zellen ablaufen, sind weit aus filigraner strukturiert. Hier setzt unsere Forschung an: Wir wollen die zellulären Vorgänge, an denen ganze Ensembles von Proteinen beteiligt sind, im molekularen Detail aufklären. Solche Protein-Kompanien werden auch als »Mikroproteom« bezeichnet, um sie von der Gesamtheit der Proteine eines Organismus, dem Proteom, abzugrenzen. Im Folgenden stellen wir einige Ansätze vor, mit denen wir den Mikroproteomen vaskulärer Zellen zu Leibe rücken.

Neuen Regulatoren auf der Spur

Die Aktivität der endothelialen NO-Synthase (eNOS) wird auf verschiedene Weise reguliert: durch Effektor-



7 Stationen von eNOS in der Zelle. Linke Caveola: inaktive eNOS, durch Caveolin und Acylreste (gezackte blaue Linie) an Caveola gebunden. Rechte Caveola: eNOS wird durch Bindung von Kalzium/Calmodulin (Ca²⁺/CaM) aktiviert und produziert verstärkt NO. Das Regulatorprotein NOSIP assistiert bei der Translokation der eNOS von den Caveolae der Plasmamembran zu intrazellulären Kompartimenten wie dem Golgi-Apparat. Dabei wird die NO-Synthese gehemmt. Einsatz: Transportrouten von eNOS von der Plasmamembran zum Golgi-Apparat und vermutlich wieder zurück.



8 Schematische Struktur von Effektoren des NO-Signalwegs. Oben: Strukturell ist sGC ein Heterodimer aus je einer α -Untereinheit von 80 kDa und einer β -Untereinheit von 70 kDa. Nach NO-Bindung an die Häm-Gruppe des Moleküls bilden die beiden Untereinheiten gemeinsam ein aktives Zentrum, das die Umwandlung von GTP zu cGMP katalysiert. Unten: Domänenstruktur des sGC-interagierenden Proteins GCIP-2. GTPase = GTP-spaltende Domäne; PH = Pleckstrin-homologe Domäne; vermittelt unter anderem die Membranbindung; ArfGAP = Arf-ähnliches GTPase-aktivierendes Protein; Ank = Ankyrin-ähnliche Domäne, die ans Zytoskelett bindet.

Caveolae der Plasmamembran abzulösen und ins Zellinnere zu manövrieren; dabei wird die NO-Produktion gedrosselt **7**. Doch NOSIP arbeitet nicht allein: Wir haben ein weiteres eNOS-bindendes Protein entdeckt, das zusätzlich noch an Caveolin andockt und vermutlich wie eine molekulare »Klammer« zwischen eNOS und Caveolin wirkt. Die Translokation von eNOS ist also ein komplexeres Phänomen als ursprünglich angenommen,

und mit unseren laufenden Arbeiten versuchen wir, neue Teile in diesem molekularen Puzzle zu entdecken.

Modulatorproteine steuern die zelluläre Antwort auf NO

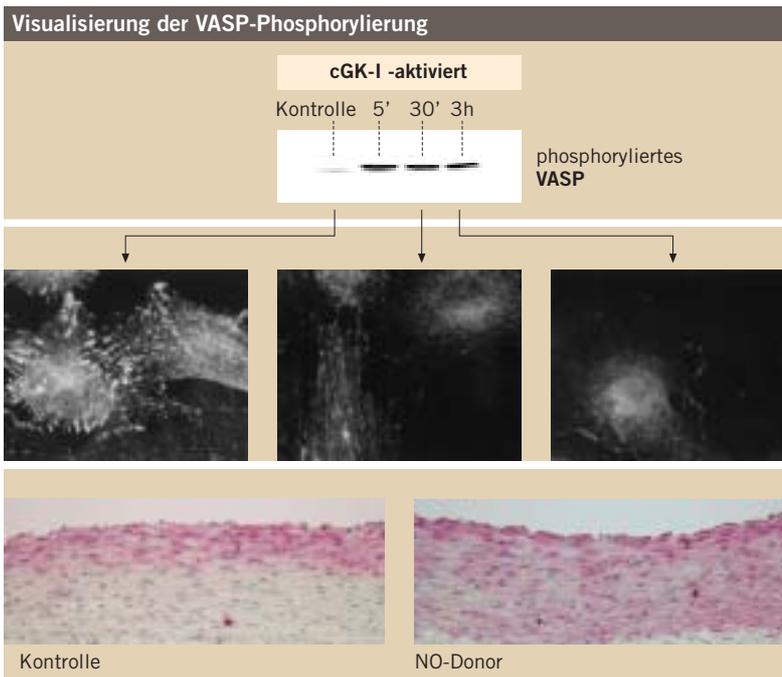
Einmal hergestellt verlässt NO das Endothel rasch und diffundiert in die umliegenden Zellen der glatten Gefäßmuskulatur. Dort trifft es auf seinen intrazellulären Rezeptor, die lösliche Guanylylzyklase (sGC: soluble guanylyl cyclase). Die NO-Bindung führt zu einer Konformationsänderung der sGC, die ihre katalytische Effizienz bei der Bildung von cGMP erheblich steigert. Die Folge: Die cGMP-Konzentration in der Zelle steigt stark an und zahlreiche cGMP-abhängige Zielproteine werden schlagartig aktiviert. Die Guanylylzyklase ist also ein zentrales Glied in der Signalkette zwischen der endothelialen NO-Synthase und weiter »stromabwärts« gelegenen cGMP-abhängigen Effektorproteinen **8** (oben).

In jüngster Zeit sind synthetische Liganden entdeckt worden, die die enzymatische Aktivität der Guanylylzyklase unabhängig von NO verändern können und dabei möglicherweise physiologische Regulatoren imitieren. Wir haben daher die Hypothese aufgestellt, dass in der Zelle akzessorische Proteine vorhanden sind, die die enzymatische Aktivität beziehungsweise die subzelluläre Lokalisation der Guanylylzyklase regulieren. Wir konnten mehrere Kandidatenproteine identifizieren, die wir vorläufig als sGC-interagierende Proteine, kurz GCIPs, bezeichnen. Es handelt sich dabei um eine ganze Familie strukturell verwandter Proteine mit charakteristischen Domänen **8** (Mitte). Solche Domänen sind meist für die Verankerung von Proteinen am Zytoskelett beziehungsweise an der Membran oder für den intrazellulären Transport von Bedeutung. Wie wir festgestellt haben, finden sich diese Modulatorproteine auch in den Kontaktregionen von Zellen mit der umgebenden extrazellulären Matrix. Vermutlich regulieren GCIPs den Transport der Guanylylzyklase in der Zelle zu den Orten, an denen je nach örtlichen oder zeitlichen Anforderungen höhere cGMP-Konzentrationen benötigt werden.

Terminale Effektoren des NO-Signalwegs

Mit der Aktivierung der Guanylylzyklase ist das Ziel der NO-Signalfette in der Gefäßwand aber noch nicht erreicht. Das Reaktionsprodukt von sGC, das cGMP, steuert als intrazellulärer Botenstoff verschiedene Effektoren an. So gibt es zum Beispiel in den Photorezeptoren der Netzhaut cGMP-abhängige Ionenkanäle und in den glatten Muskelzellen der Gefäße cGMP-abhängige Proteinkinasen, die definierte Zielproteine chemisch

9 Visualisierung der Phosphorylierung von VASP (Vasodilatator-stimuliertes-Phosphoprotein) durch einen spezifischen Antikörper, der nur phosphoryliertes, aber kein unphosphoryliertes VASP erkennt. Die cGMP-abhängige Aktivierung von cGK-I führt zu einer verstärkten VASP-Phosphorylierung, die im Western Blot als stärkere Bande sichtbar ist (oben) und mit einem Umbau des Zytoskeletts verbunden ist (Mitte). Phosphoryliertes VASP in der Kaninchen-Aorta vor (links) und nach (rechts) Zugabe des NO-Donors Natriumnitroprussid; die Farbintensität ist ein Maß für die VASP-Phosphorylierung (unten).



Die Autoren



Prof. Dr. Werner Müller-Esterl, 54, studierte Chemie an der Universität Bonn und promovierte 1974 am Institut für Ökologische Chemie der TU München. Ab 1972 studierte er Medizin an der Ludwigs-Maximilians-Universität München und erhielt 1979 die Ärztliche Approbation. Sechs Jahre später habilitierte er sich an der Chirurgischen Klinik der LMU München, wo er von 1987 bis 1989 als Professor tätig war. Im Jahre 1989 nahm er den Ruf auf eine Professur für Pathobiochemie am Institut für Physiologische Chemie der Medizinischen Fakultät der Universität Mainz an. Längere Forschungsaufenthalte führten ihn an die University of Washington in Seattle, die University of Michigan in Ann Arbor und die University of Lund in Schweden. Seit 1999 ist er Professor für Biochemie am Fachbereich Medizin der Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt und leitet dort das Institut für Biochemie II. Für seine Forschungen erhielt er nationale und internationale Auszeichnungen. Er ist Mitgründer der Frankfurter BioTech-Firma »Phenion« und Initiator der neuen Vortragsreihe »Perspectives in Molecular Medicine«, die Gastredner aus dem In- und Ausland an die Universität Frankfurt bringt.

Dr. Stefanie Oess (links), 32, studierte Pharmazie in Heidelberg und London, erhielt die deutsche und britische Approbation als Apothekerin und arbeitete als wissenschaftliche Mitarbeiterin an der School of Pharmacy in London. Von 1996 an forschte sie an den Universitäten Ulm und München, promovierte 1999 und war danach als Post-Doktorand am Max-Planck-Institut für Biochemie in München

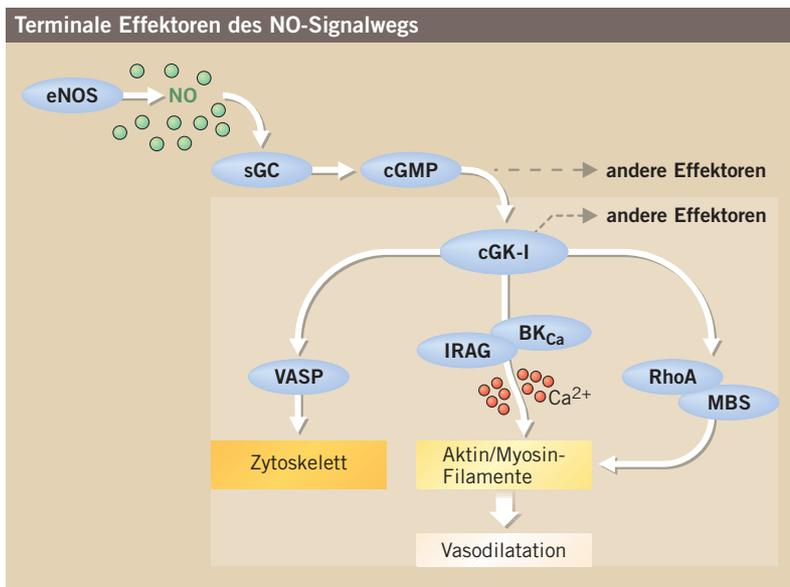
tätig. Seit 2000 ist sie am Frankfurter Institut für Biochemie II Arbeitsgruppenleiterin.

Dr. Albert Smolenski (rechts), 36, studierte Humanmedizin in Münster und promovierte dort am Institut für Physiologische Chemie. Danach arbeitete er zunächst klinisch im Bereich Kardiologie an der Uniklinik Göttingen und nach seiner Approbation 1995 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Klinische Biochemie und Pathobiochemie der Universität Würzburg. Im Jahr 2002 wechselte er als Leiter einer Nachwuchsgruppe an das Institut für Biochemie II nach Frankfurt.

Dr. Steffen Gross (2. von links), 32, studierte Biologie an der Universität Jena. Von 1995 bis 1998 arbeitete er in der Max-Planck-Arbeitsgruppe »Molekulare Zellbiologie« in Jena an seiner Promotion. Nach längeren Forschungsaufenthalten an der Universität von Nijmegen in den Niederlanden und den US-amerikanischen National Institutes of Health in Bethesda, Maryland, ist er seit 2000 am Institut für Biochemie II beschäftigt.

Stefan Kieß (2. von rechts), 38, studierte Biologie an den Universitäten Mainz, Heidelberg und Frankfurt. Für seine Diplomarbeit forschte er am Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung am visuellen System des Menschen. Parallel dazu studierte er Wissenschaftsjournalismus und veröffentlichte Beiträge in Presse und Hörfunk. Seit 2001 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Biochemie II der Frankfurter Universitätsklinik.

Anzeige



10 Terminale Effektoren des NO-Signalwegs. Die aktivierte Protein-Kinase cGK-I vermittelt über IRAG (IP₃ Rezeptor-assoziiertes G-Kinase-Substrat), BK_{Ca} (Kalzium-aktivierter Kalium-Kanal), MBS (Myosin-bindende Unter-einheit der Myosinphosphatase) und RhoA (kleines G-Protein) die Entspannung der glatten Muskulatur; über VASP bewirkt sie den Umbau des Zytoskeletts.

modifizieren. Für den vaskulären Signalweg sind cGMP-abhängige Proteinkinasen vom Typ I (cGK-I) besonders wichtig; Sie vermitteln die NO-induzierte Vasodilatation.

Zu den von cGK-I modifizierten Zielproteinen zählt das Vasodilatator-stimulierte Phosphoprotein (VASP) **9**. Es bindet an bestimmte Bestandteile der Muskelfaser, die Aktinfilamente, sowie an Kontaktpunkte der Zelle. Weitere Zielproteine sind beispielsweise das Protein IRAG oder der kalziumaktivierte Kaliumkanal, die beide an der Regulation der intrazellulären Kalziumkonzentration und damit der Kontraktilität von Muskelfasern beteiligt sind. cGK-I kann aber auch über Effektoren wie das kleine G-Protein RhoA und die Myosinphosphatase die Kontraktion der Aktin-Myosin-Filamente direkt hemmen und damit glatte Muskelzellen der Gefäße entspannen. Damit haben wir das Ende der langen Signalstafette erreicht, die uns von Bradykinin über NO und cGMP bis hin zu Aktin und Myosin geführt hat **10**.

Auf dem Weg zur funktionellen Proteomik

Die Signalkaskaden am Endothel und an der glatten Muskulatur der Gefäße zeigen beispielhaft, wie sich intra- und interzelluläre Kommunikation auf molekularer Ebene abspielen. Der NO-Signalweg liegt dabei im

Brennpunkt unserer Interessen; aber auch die vorge-schalteten Prozesse der Freisetzung und des Abbaus von Bradykinin am Endothel sowie der Aktivierung und Desensibilisierung von Kinin-Rezeptoren sind Gegenstand laufender Forschungsarbeiten, die wir gemeinsam mit Instituten und Kliniken der Universitäten Frankfurt und Mainz im Sonderforschungsbereich »Stickstoffmonoxid (NO): Generator- und Effektorsysteme« (SFB 533) bearbeiten. Dabei leitet uns die Vorstellung, dass über die »sichtbare« Zellkompartimentierung durch Organellen – Zellkern, Mitochondrien, Lysosomen – hinaus ein weiteres subzelluläres Organisationsprinzip existiert, das Signalkomponenten in Komplexen bündelt und bei Bedarf einzelne Komponenten oder ganze Komplexe von einer Signalstation in der Zelle zur nächsten verfrachtet. Die Erzeugung, Verarbeitung und Weiterleitung von biologischen Signalen läuft an solchen kompakten Signalstationen rascher, effektiver und besser koordiniert ab als an »freien« Komponenten. Mit der Möglichkeit der Translokation (»trafficking«) kommt eine dynamische Dimension hinzu, die flexible und zugleich differenzierte zelluläre Antworten auf äußere Reize gewährleistet.

Die Aufklärung des humanen Genoms im letzten Jahr hat uns neue Werkzeuge an die Hand gegeben, um immer größere Proteome von zunehmend komplexen Objekten anzugehen: Endothelzellen und glatte Muskelzellen sind ein Beginn, Gefäße und Organe Durchgangsstationen, und integrierte physiologische Systeme wie das Herz-Kreislauf-System das Ziel. Das post-genomische Zeitalter hat gerade erst begonnen. ♦

Links zum Thema

- Institut für Biochemie II
www.biochem2.de
- Perspective Lectures
www.biochem2.de/pages/perspectivelectures.htm
- Institut für Physiologie I
www.physiologie.uni-frankfurt.de/
- Medizinische Klinik IV - Kardiologie
www.kgu.de/zim/medklinik4
- Institut für Pharmakologie
www.kgu.de/zpharm/allg
- Institut für Klinische Pharmakologie
www.kgu.de/zpharm/klin
- SFB 533
<http://institut.pharmacol.unimainz.de/SFB553/SFB553.html>

Literatur

<p>Ausgewählte Arbeiten rund um das Thema NO und Kinine:</p> <p>Busse R. & Mülsch A. (1996): Die wundersame Karriere von Stickstoffmonoxid. <i>Forschung Frankfurt</i> 4/96: 5–19.</p>	<p>Dedio J., König P., Wohlfart P., Schroeder C., Kummer W. & Müller-Esterl W. (2001): NOSIP, a novel modulator of endothelial nitric oxide synthase activity. <i>The FASEB Journal</i> 15: 79–89.</p> <p>Dimmeler S., Fleming I., Fisslthaler B., Hermann C., Busse R. & Zeiher A. M. (1999):</p>	<p>Activation of nitric oxide synthase in endothelial cells by Akt-dependent phosphorylation. <i>Nature</i> 399: 601–605.</p> <p>Kahn R., Herwald H., Müller-Esterl W., Schmitt R., Sjögren A. C., Truedson L. & Karpman D. (2002): Contact system activation in children with</p>	<p>vasculitis. <i>The Lancet</i>, 360: 535–541.</p> <p>König P., Dedio J., Müller-Esterl W. & Kummer P. (2002): Distribution of the novel eNOS-interacting protein NOSIP in the liver, pancreas and gastrointestinal tract of the rat. <i>Gastroenterology</i> 123: 314–324.</p>	<p>Scharfstein J., Schmitz V., Morandi V., Capella M. M. A., Lima APCA, Morrot A., Juliano L. & Müller-Esterl W. (2000): Host cell invasion by Trypanosoma cruzi is potentiated by activation of bradykinin B2 receptors. <i>Journal of Experimental Medicine</i> 192: 1289–1299.</p>	<p>Smolenski A., Polter W., Walter U. & Lohmann S. M. (2000): Regulation of human endothelial cell focal adhesion sites and migration by cGMP-dependent protein kinase I. <i>Journal of Biological Chemistry</i> 33: 25723–25732.</p>	<p>Zabel U., Kleinschnitz C., Oh P., Nedvetsky P., Smolenski A., Müller H., Kronich P., Kugler P., Walter U., Schnitzer J. E. & Schmidt H. H. H. W. (2002): Calcium-dependent membrane association sensitizes soluble guanylyl cyclase to nitric oxide. <i>Nature Cell Biology</i> 4: 307–311.</p>
--	--	--	--	---	---	--

Freunde suchen Gleichgesinnte



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

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

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

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



Wolkenkratzer oder Hochhäuser – zwei Typen der Stadtentwicklung

Warum wurde nur Frankfurt »amerikanisch«?

von Marianne Rodenstein



Warum ist die Entwicklung des Hochhausbaus in Deutschland anders verlaufen als in den USA? Warum hat Frankfurt im Gegensatz zu den übrigen deutschen Großstädten eine Skyline ausgebildet? In den USA waren Hochhäuser schon in den 1920er Jahren Symbole für den prosperierenden Kapitalismus. In Deutschland versuchte man einen anderen Weg: Hochhäuser ja, aber keine Zusammenballung in den Innenstädten. Was Städten wie München und Hamburg gelang, Hochhäuser nur ausnahmsweise zu genehmigen, führte in Frankfurt zu einer gegenläufigen Entwicklung – durch eine Politik, die unter dem Druck wirtschaftsstarker Unternehmen und Spekulanten immer wieder die Ausnahme von der Ausnahme genehmigte.



Städte im Kontrast: Frankfurt, Stadt der »Dominanten« – Hochhäuser auf Abstand. New York City, Manhattan – Wolkenkratzer dicht an dicht. München – die Stadtsilhouette mit ihren historischen Bauten.

Hochhäuser lassen sich nicht nur unter städtebaulichen und architektonischen Perspektiven betrachten. Aufschlussreiche Einblicke in die dynamische Entwicklung der Hochhauskultur gibt die soziologische Sichtweise. Danach ist das Hochhaus Ergebnis einer gesellschaftlichen Konstruktion, an der nicht nur Investoren, Stadtplaner, Architekten, Ingenieure und Bauarbeiter, sondern auch Nachbarn, betroffene Bürger, Stadtpolitiker und Medien teilnehmen, die den Diskurs über das, was die Bevölkerung über Hochhäuser denken soll, mitbestimmen. Insofern geht der baulichen Produktion eines Hochhauses seine gesellschaftliche Konstruktion voraus. Das Hochhaus ist aus dieser Perspektive eine besondere Ware, bei der sich zwei typische Konstellationen von Gebrauchs-, Tausch- und Symbolwerten herausgebildet haben: der amerikanische Wolkenkratzer und das deutsche Hochhaus.

Das »ökonomische Gesetz« des Hochhausbaus in den USA

Die typische amerikanische Konstruktion entwickelte sich ab den 1880er Jahren zunächst in Chicago und New York. Chicago, damals neben New York die bedeutendste amerikanische Industrie- und Handelsstadt, setzte in dieser Phase des Hochkapitalismus mit dem Hochhausbau ein Zeichen dafür, wie der teure innerstädtische Grund und Boden ökonomischer ausgenutzt werden konnte: Das höhere Haus auf einem gut ausgenutzten Grundstück verspricht einen höheren Tauschwert, weil es bei gleicher bebauter Grundfläche mehr Nutzfläche bietet, der Gebrauchswert also größer ist als auf einem weniger hoch bebauten Grundstück. Das fanden die Investoren in Amerika schnell heraus.

War aber dieser Vorteil einmal erkannt, rief dies Konkurrenten und Bodenspekulanten auf den Plan. Je höher der Bodenwert der teuren innerstädtischen Grundstücke durch Spekulation und Nachfrage getrieben wurde, desto mehr Stockwerke und desto mehr Gebrauchswert musste man erreichen, um als Investor noch Profit zu machen. Der hohe und teure Bau mit seiner Stapelung von Büros rentierte sich nur für Nut-



zungen, mit denen überdurchschnittlich viel verdient werden konnte, weil sonst Miete oder Kaufpreis des Bodens in keinem angemessenen Verhältnis zum erwirtschaftbaren Ertrag standen. Deshalb konnten auch nur die jeweils profitabelsten Branchen Hochhäuser bauen und nutzen. Dieses ökonomische »Gesetz« des Hochhausbaus war typisch für die USA, wo sich die Marktkräfte des Kapitalismus weitgehend ungehindert von den politischen Vorgaben und Einschränkungen entfalten konnten.

Dieses »Gesetz« konstituierte auch den gesellschaftlichen Symbolwert des Wolkenkratzers: Er wurde zum Symbol für den (vorläufigen) Sieg im Konkurrenzkampf

New Yorker Skyline in den 1920er Jahren: Die Wolkenkratzer waren damals Ausdruck einer Architektursprache und damit Träger einer Architektursymbolik, die ihre ökonomische Rationalität mit Prunk und Ornamentik verschleierte. Schon in dieser Zeit versuchten New York und Chicago, sich bei der Höhe der neuen Wolkenkratzer zu überbieten, was den Kampf der beiden Metropolen um die wirtschaftlich bedeutendste US-amerikanische Stadt deutlich markierte.

um den teuren innerstädtischen Boden und damit für Wirtschaftsmacht im Kapitalismus. Wer einen Wolkenkratzer besitzt oder in ihm ein Büro hat, sucht genau diese gesellschaftliche Symbolik. In den USA hatte dieses Zusammenspiel von Gebrauchs-, Tausch- und daraus entwickeltem gesellschaftlichen Symbolwert eine typische räumliche Ordnung hervorgebracht: die im Cluster oder im Pulk nahe beieinanderstehenden, sich in der Höhe überbietenden und sich gegenseitig Licht und Luft nehmenden Wolkenkratzer, die den teuren Kern der Stadt markierten. Das Cluster erzeugt ein neues Stadtbild, die Skyline, die bald zum städtebaulichen Symbol für die Wirtschaftskraft einer Stadt wurde.



Die ersten Hochhäuser in Chicago – mehr Platz für Geschäfte und Büros: Die feuerfeste Ummantelung des Eisenskeletts sowie die Erfindung des Fahrstuhls trugen dazu bei, den Gebrauchswert des teuren innerstädtischen Bodens weiter zu steigern.



Auf der Suche nach einem deutschen Weg – Ablehnung der geballten »turmartigen Ungetüme«

Die amerikanischen Wolkenkratzer waren Träger einer gesellschaftlichen, einer städtebaulichen und einer architektonischen Symbolik, die in Deutschland nach dem Ersten Weltkrieg von der Mehrheit der Fachleute vehement als »Amerikanismus« abgelehnt wurde. Die Äußerung Siegfried Kracauers, damals Journalist für die Frankfurter Zeitung, gab eine 1921 gängige Meinung wieder: »Die Hässlichkeit der New Yorker City ist jedermann bekannt. Turmartige Ungetüme, die ihr Dasein dem ungezügeltten Machtwillen raubtierhaften Unternehmertums verdanken, stehen dort wild und regellos nebeneinander, außen und innen häufig mit einer prunkvollen Scheinarchitektur verkleidet, die ihren höchst profanen Zwecken in keiner Weise ent-

spricht.^{11/} Das negative Urteil, das viele in Deutschland nach dem Ersten Weltkrieg über die amerikanischen Wolkenkratzer hatten, beruhte darauf, dass man die von diesen verkörperten Tausch-, Gebrauchs- und Symbolwerte ablehnte, und nach dem verlorenen Krieg weder die wirtschaftlichen Ressourcen für derartige Investitionen besaß, noch die Wolkenkratzer für den Typus der europäischen Stadt als geeignet empfand. Dennoch sollten in deutschen Städten Hochhäuser gebaut werden. Aber man sprach mit Absicht von Turm- oder Hochhäusern und nicht von Wolkenkratzern.

Das Hochhaus in Deutschland sollte in der architektonischen Gestaltung und in der städtebaulichen Einordnung neue Wege beschreiten, um negative Auswirkungen wie Bodenpreissteigerungen und die »Verschandlung« des historischen Stadtbildes zu verhindern. Man sprach von einer »Kultivierung«, aber auch »Germanisierung« des Hochhauses^{12/}. Erstens sollte sich die Architektursymbolik des Hochhauses ändern: Der die Konstruktion durch repräsentative Elemente verschleiernde Beaux-Arts-Stil der amerikanischen Hochhäuser



Das Kölner Hochhaus wurde als eines der ersten seiner Art in Deutschland berühmt: Erst Bauwerke ab neun oder zehn Geschossen und einer Höhe von zirka 35 Meter wurden in den 1920er Jahren als Hochhäuser angesehen; diese blieben jedoch die Ausnahmen. Dieses Gebäude mit 65 Metern und der Turm des Stuttgarter Tageblatts mit 61 Metern waren damals die höchsten Bürogebäude. Die beiden Frankfurter Hochhäuser, das IG-Farben-Hochhaus und das Haus des Deutschen Gewerkschaftsbunds, mit ihren Höhen unter 35 Meter bezeichnet man daher als Protohochhäuser.

Hochhäuser – keine Bauwerke für die Ewigkeit: Vor wenigen Jahren wurde das 1951 fertiggestellte AEG-Hochhaus am Frankfurter Mainufer gesprengt.



sollte von einer modernen Architektursprache abgelöst werden. Im Hochhausbau setzte sich in Deutschland dann der Stil der Moderne, des Bauhauses, allmählich auch bei den konservativeren Architekten durch, die das Gros der Hochhäuser in der Weimarer Zeit errichteten^{13/}.

Zweitens wollte man dem Hochhaus als gesellschaftlichem Symbol auch einen neuen symbolischen Gehalt geben, da die amerikanischen Wolkenkratzer als Zeichen eines hemmungslosen Kapitalismus interpretiert wurden. Sie eigneten sich weder zur Repräsentation der alten wilhelminischen Führungsschicht noch als Symbol industrieller Macht, die eher die schwelenden Konflikte zwischen Kapital und Arbeit beschwichtigen wollte. Wozu dann aber ein Hochhaus? Es bot sich das von dem Architekten Bruno Taut entworfene Bild von der Stadtkrone mit ihren Gemeinschaftseinrichtungen für die neue Gesellschaft der Weimarer Zeit an, an deren

Entwicklung viele Architekten mitarbeiteten. So sahen zahlreiche Hochhausentwürfe der Weimarer Zeit auch Kinos und Säle für die Unterhaltung und Bildung der Bevölkerung vor.

Drittens lehnte man den »Amerikanismus« auch städtebaulich ab, weil sich die Hochhäuser im Pulk gegenseitig Licht und Luft wegnahmen. Fortschrittliche Städtebauer in Deutschland, und insbesondere in Frankfurt, setzten sich gerade dafür ein, in den Städten Häuser und Wohnungen zu bauen, die Licht, Luft und Sonne hereinließen. Deshalb wurde das Hochhaus als eine Dominante konzipiert, die frei stand und ihre ästhetische Wirkung in der Stadt entfalten sollte, indem sie bestimmte städtebauliche Situationen wie Straßenecken, Plätze oder Brücken hervorhob. Von einer solchen Dominante sollten keine bodenwertsteigernden Effekte ausgehen, da es sich nur um ein einzelnes Grundstück handelte, auf dem höher gebaut werden



Die 33 zwischen 1962 und 1977 fertiggestellten Frankfurter Hochhäuser waren zu Symbolen für die negative, auch die demokratisch gewählten Gremien beherrschende Macht des Kapitals geworden. Die Aktionsgemeinschaft Westend demonstrierte 1970 gegen die Zerstörung ihres Viertels, im Hintergrund das »Zürich-Hochhaus« am Opernplatz, das Anfang der sechziger Jahre noch wie ein avantgardistischer Fremdkörper wirkte; es wurde vor wenigen Monaten abgerissen, um ein doppelt so hohen Bau zu weichen.

durfte. Es ging also um eine neue gesellschaftliche Konstruktion des Hochhauses, die bald auch rechtlich abgesichert wurde.

Seit 1921 konnte man in Preußen mit einem Dispens von der Bauordnung auch Hochhäuser bauen. Im ministeriellen Erlass wurde die Einzelfallprüfung damit begründet, dass die Nachbarn zu wenig Licht bekommen könnten und der Verkehr beeinträchtigt werden könnte. Vorrang hatte der Erhalt künstlerisch befriedigender Städtebilder ^{14/}. Indem man eine allgemeine Regelung verweigerte, sollte verhindert werden, dass sowohl Stockwerke als auch Bodenpreise in den Innenstädten in die Höhe schnellten. Den Kommunen, die für die Altstadtsanierung nach Investoren suchten, gelang es in der Regel jedoch, die Dispense zu erhalten. Wo allerdings Pläne bekannt wurden, die den Hochhausbau als Sanierungsmaßnahme ermöglichten, kam es zur Bodenspekulation, die die angestrebte Begrenzung der Hochhausentwicklung ad absurdum führte. Da aus wirtschaftlichen Gründen nur wenige Hochhausprojekte in der Weimarer Zeit realisiert wurden, trat diese innere Widersprüchlichkeit des deutschen Hochhauses noch nicht so deutlich hervor wie nach dem Zweiten Weltkrieg in Frankfurt.

Unter den Nationalsozialisten waren Hochhäuser als Symbole der amerikanisch-jüdischen, liberalistischen

Das »Junior-Gebäude« am Frankfurter Kaiserplatz zählt zu den frühen Hochhäusern und fällt heute zwischen den Türmen der Banken kaum noch auf.

Weltanschauung zunächst verpönt. 1934 erschien ein ministerieller Erlass, der zur größten Zurückhaltung bei der Erteilung von Dispensen aufforderte und zwar nicht nur aus städtebaulichen Gründen, sondern auch aus Gründen des Luftschutzes. Seit 1937 aber wollte Hitler selbst es mit den amerikanischen Hochhäusern aufnehmen. Er plante ein Gauhochhaus in Hamburg am Elbufer, daraus wurde allerdings nichts. Dieses Gebäude, so Hitler, müsse in Form eines Wolkenkratzers gebaut werden, und zwar solle dieser Wolkenkratzer der einzige sein, den er in Deutschland gestatten würde. Das Gebäude sollte etwa 250 Meter hoch werden, und in 40 Geschossen sollten 10000 Menschen arbeiten. Hitler ging es ausschließlich um die Höhe als Ausdruck politischer Macht, wenn er den Vergleich mit den USA suchte: »Wir können genau das gleiche. Deshalb lasse ich dort Wolkenkratzer hinstellen von der gleichen Gewalt der größten amerikanischen.« ^{15/}

Nur Frankfurt wird »amerikanisch« – Beginn der »Hochhausseuche«

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde in Deutschland erneut über Hochhäuser diskutiert und in vielen Städten mit Ausnahme Münchens in bescheidenem Maße städtebauliche Dominanten geplant und gebaut – auch in Frankfurt. Am 27. Mai 1947 berichtete der Baudirektor Werner Hebebrand dem Magistrat über Stadtplanung und Hochhausfrage und meinte, »dass an einigen Punkten des Geschäftszentrums Hochhäuser errichtet werden müssten.(...) Man werde sie jedoch nicht so massieren wie in Amerika, sondern dafür sorgen, dass Licht und Luft nicht versperrt würden«. Im November 1949 benannte der damalige Stadtbaurat Moritz Wolf ange-



sichts eines als »amerikanisch« abgelehnten Hochhausentwurfs bereits das Grundproblem: »Je mehr man im wirtschaftlichen Interesse entgegengekommen sei, umso mehr werde von der Architektenschaft versucht, eine Ausnahmegenehmigung zu bekommen. Es würden immer wieder Projekte von 8, 10 oder 12 Stockwerken eingereicht. Man könne geradezu von einer Hochhausseuche sprechen.«^{16/} Wolf formulierte hier den Zwiespalt, in den sich die Frankfurter Stadtbaupolitik begeben hatte und aus dem sie bis heute nicht mehr herausgekommen ist: Wenn man im Einzelfall den Wirtschaftsinteressen so weit als möglich nachgeben möchte, dann ist man gezwungen, die selbst gesetzten Grundsätze für den Hochhausbau von Fall zu Fall aufzuweichen, so dass der Maßstab bei politischen Entscheidungen über Hochhausbauten diffus wird. Diese Unklarheit ist das Einfallstor für die Spekulation. Das politische Gegenmodell wäre eine Stadtbaupolitik, die ihre eigenen Richtlinien für Ausnahmegenehmigungen für die Hochhausbebauung klar definiert hat und die selbst gesetzten Regeln über einen längeren Zeitraum auch einhält, sich also nicht von wirtschaftsstarke Unternehmen zu Ausnahmen von der Ausnahme verleiten lässt. Nach diesem Politikmuster konnte sich in Frankfurt eine Dominante nach und neben der anderen entwickeln.

Die Nachfrage nach der höheren Ausnutzung des Bodens war so groß, dass man bereits 1953 einen Hochhausplan veröffentlicht, den man als einen ersten Ordnungsversuch ansehen kann: Hochhäuser standen nun als Dominanten dort, wo die alte Stadtmauer die Stadt von 1333 bis 1806 umgeben hatte. Man sprach von einem acht- bis vierzehngeschossigen Hochhausgürtel, der die Stadt umschließen sollte.

Die Autorin



Prof. Dr. Marianne Rodenstein hat in München und Berlin Soziologie studiert. Als Stipendiatin war sie von 1972 bis 1977 am Max-Planck-Institut zur Erforschung der Lebensbedingungen der wissenschaftlich-technischen Welt in Starnberg. Nach

Abschluss der Dissertation über »Bürgerinitiativen im politischen System« war sie dort in dem Forschungsprojekt »Sozialpolitik und soziale Kontrolle« tätig. Es folgte eine Zeit freiberuflicher Tätigkeit, bis sie 1979 an der Technischen Universität Berlin am Institut für Stadt- und Regionalplanung im Bereich Planungstheorie wissenschaftliche Mitarbeiterin wurde und sich mit der Schrift »Gesundheitskonzepte im Städtebau seit 1750« habilitierte. Nach Vertretungsprofessuren in Frankfurt und Aachen lehrt sie seit 1988 an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Soziologie und Sozialpolitik mit dem Schwerpunkt Stadt-, Regional- und Gemeinde-Forschung. In diesem Rahmen forscht sie auf den Gebieten der (historischen) Frauen- und Geschlechterforschung, der Stadtplanung und -politik. Aktuelle Forschungen im Rahmen des Studienprogramms Europäische Stadt- und Regionalentwicklung betreffen die Lebensverhältnisse von Berufspendlerinnen sowie die räumliche Planung durch Diskurse, ein Projekt im Bundesprogramm »Stadt 2030«.

Straßenschlucht zwischen Hochhäusern nach »amerikanischem« Muster – die Neue Mainzer Straße in Frankfurt: Dort, wo sich im Bankenviertel die Hochhäuser auf engstem Raum zusammenballen, bilden sich enge zugige Straßenschluchten ohne urbanes Flair – am Tage belebt und abends verödet.



Kein Einhalt mehr für Bodenspekulation: Hochhausbau im Westend

Bald gab es schon wieder Ausnahmen von diesem Plan. So begann Frankfurts Sonderweg in der Hochhausentwicklung. Dann entschloss sich die Stadt, das vornehme Westend-Wohnviertel, das unmittelbar an die Innenstadt anschließt, für die Geschäftsnutzung als City-Erweiterungsgebiet umzuwidmen.

Wichtige Durchgangsstraßen sollten durch Dominanten markiert werden können. Die Planer hatten geglaubt, man könne Hochhäuser als Ausnahmen genehmigen, wenn sehr große Grundstücke vorlägen, auf denen die Hochhäuser in großen Grünflächen standen,

so dass man ebenso gut hätte flach wie hoch bauen können. Von diesen Grundstücken gab es nicht viele. Die Planer hatten nicht damit gerechnet, dass die Spekulanten gleich mehrere Grundstücke aufkauften und die Westend-Villen abrisstauglich herunterwohnen ließen. Dann erhielten sie die Genehmigung für einen Hochhausbau. Die traditionelle gesellschaftliche Konstruktion des Hochhauses in Deutschland als einer Ausnahme von der Bauordnung, nach der Dominanten ohne bodenwertsteigernden Effekt in der Umgebung entstehen sollten, war damit in Frankfurt gescheitert. 1977 wird die SPD für ihr Vorgehen gegen die Westend-Bevölkerung mit einer Niederlage bei den Kommunalwahlen bestraft. Frankfurt war im Volksmund zu Krankfurt geworden.

Sind Hochhäuser überhaupt sinnvoll? Ein kritischer Blick hinter die verspiegelten Fassaden des deutschen Städtebaus



Marianne Rodenstein (Hrsg.)
Hochhäuser in Deutschland. Zukunft oder Ruin der Städte?
 Verlag W. Kohlhammer, Stuttgart, Köln, Berlin 2000,
 ISBN 3-17-016274-8,
 281 Seiten, 35 Euro.

Die Frankfurter Skyline ist in Deutschland einzigartig. Sie repräsentiert wirtschaftliches Potenzial, ist eine Metapher für den Fortschritt und konzentriert auf engstem Raum die wichtigsten Entscheidungsträger. Genial – könnte man meinen, aber warum ist beispielsweise München nicht den gleichen Weg gegangen? Warum hat Berlin noch keine geschlossene Skyline à la New York? Oder sind die Pläne für neue Wolkenkratzer schon in den Schubladen, und es droht das Aus der traditionellen europäischen Stadt?

Brisante Fragen, denen sich die Frankfurter Soziologieprofessorin, Marianne Rodenstein, zusammen mit zwölf Autorinnen und Autoren in dem Buch »Hochhäuser in Deutschland. Zukunft oder Ruin der Städte?« auf eindrucksvolle Weise stellt. Eine Besonderheit stellt das interdisziplinäre Autorenteam dar, zu dem neben Architekten und Stadtplanern auch Soziologen gehören. Der Sammelband schildert die Ergebnisse eines Symposiums, das 1999 im Deutschen Architektur Museum in Frankfurt stattfand. Dabei überzeugt die fundierte Darstellung der Hochhausgeschichte, deren kritischer Blick hinter die Hochglanz-Fassaden weist: angefangen mit dem elfgeschossigen Chilehaus in Hamburg (1922–24) und dem 33 Meter hohen Bürohaus der IG-Farben (1928–31) (heute Campus Westend der Universität

Frankfurt); über die Entstehung der »Hochhausseuche« durch radikale und rücksichtslose Modernisierung in 1960er und 1970er Jahren bis hin zur heutigen bewunderten Skyline. Auf 281 Seiten werden die unterschiedlichen Entwicklungen in Deutschlands Hochhausstädten – Frankfurt, Leipzig, Düsseldorf, Berlin und Köln – beleuchtet, aber auch analysiert, warum sich Stuttgart, München und Hamburg gegen die Wolkenkratzer gewehrt haben. Die Autoren stimmen dabei überein: Es hängt vor allem von den Investoren ab, ob sich die »Hochhaus-träume oder -alpträume von Politikern, Architekten, Stadtplanern und Bürgern realisieren«.

Eine »Soziologie der Hochhäuser« – so der Anspruch der Herausgeberin an den Band – entwerfen vor allem die Beiträge über die Bodenverwertung (Stefan Böhm-Ott) und über ökologische Aspekte von Hochhäusern (Uwe Wahl). Sie schaffen es, den verspiegelten Riesen ihren Nimbus zu entreißen. Besonders Uwe Wahl warnt vor einer Konzentration von Wolkenkratzern und den damit verbundenen Eingriffen in den Naturhaushalt. So führen die Wärme speichernden Fassaden zur einer Erhöhung der Lufttemperatur um vier Grad Celsius, da sie nachts nur langsam an Wärme verlieren. Auch die im Umfeld von Hochhäusern entstehenden starken Windfelder und Verschattungen bedeuten eine Veränderung des Stadtklimas. Damit nicht genug, die fast 50 Meter in die Erde getriebenen Pfeiler des Frankfurter Commerzbank-Hochhauses könnte Ein-

griffe in den Grund- und Mineralwasserhaushalt verursacht haben. Auch das schlechte Verhältnis von Nutz- und Verkehrsflächen wird bemängelt: Im 1999 erbauten Maintower befinden sich 2,5 Kilometer Aufzugschächte. Nur beim Energieverbrauch können die Wolkenkratzer mit den Niedrigbauweisen gleichziehen, da gibt es kaum einen Unterschied.

Mit seinem »Versuch einer Typologie des Hochhauses« liefert der Architekt Ulf Jonak eine pointierte und leichtfüßige Interpretation der Gebäude: Indem er Bezüge zu antiken Obelisken (Messe-turm), dem Babylonischen Turm (Commerzbank) und dem Zwilling (Deutsche Bank) herleitet, hinterfragt er die Symbole wirtschaftlicher Macht.

Sind Hochhäuser sinnvoll? Wenn demnächst jedes Jahr in Frankfurt ein neues Hochhaus entstehen soll, ist die Frage von den Investoren schon beantwortet. Man wünscht sich aber, dass sie dieses Buch bei der Überprüfung der Pläne zu Rate ziehen. Zwar findet sich unter den Beiträgen keine Checkliste, aber dafür eine große Anzahl von Ansatz- und Orientierungspunkten, die keinesfalls den verträumten Blick auf die nächtliche Frankfurter Skyline vernebeln.

Dr. Claudia Becker arbeitet als freie Journalistin und Historikerin.

Das Frankfurter Hochtief-Haus an der Bockenheimer Landstraße – ein Klassiker, der nach den Plänen von Egon Eiermann, einem Schüler Hans Poelzigs, in zwei Etappen gebaut wurde: 1967 die ersten elf Stockwerke, 1974 wurde die Anzahl verdoppelt.

Ende der »Dominanten«: die Skyline ersteht

Eine neue Phase des Hochhausbaus begann in Frankfurt, als Anfang der 1980er in Frankfurt die Nachfrage nach Büroraum erneut anstieg. In dieser Phase wurde bereits auf die Attraktivität einer Skyline hingewiesen, die man aus der bisherigen Ansammlung von Dominanten entwickeln könne. Es war jedoch der Rot-Grünen-Koalition seit 1989 vorbehalten, von dem räumlichen Muster der Dominanten abzugehen. Sie setzte erstmals auf das »amerikanische« Muster: die Hochhäuser sollten sich auf engstem Raum im Bankenviertel zusammenballen, um so die Wohngebiete zu schützen. Allerdings hatte diese Konzentration Folgen, die man aus amerikanischen Städten bereits kennt: Die engen zugigen Straßenschluchten der Hochhausviertel waren nur am Tage belebt und verödeten abends. Wie in den USA gab es auch in Frankfurt den Versuch, gegenzusteuern und Appartements in Hochhäuser zu integrieren. Von 1989 bis heute waren es vor allem das Bank- und Versicherungsgeschäft sowie Pensions- und Immobilienfonds, die mit ihrer ökonomischen Kraft den Hochhausbau forcierten. Dies bestätigt die ökonomische Gesetzmäßigkeit, nach der man an den höchsten Hochhäusern ablesen könne, welches die derzeit profitträchtigsten Branchen seien.

Dass es nur in Frankfurt zu diesem Muster der Hochhausentwicklung kam, liegt an drei Besonderheiten, die in ihrer Gesamtheit in anderen deutschen Städten nicht zu finden sind. Die Stadt betrieb in den 1950er Jahren eine unternehmensfreundliche Politik, zu der anders als beispielsweise in München die Ausnahmegenehmigungen für den Hochhausbau in der Innenstadt gehörten. Die Ausweisung des Westends als City-Erweiterungsgebiet rief eine Spekulation auf den Plan, die es in anderen Städten in diesem Ausmaß nicht gab⁷⁷. Dass diese Spekulation nicht ins Leere lief und tatsächlich Hochhäuser realisiert wurden, dafür waren die sich seit Mitte der 1970er Jahre globalisierenden deutschen Großbanken verantwortlich, die es in dieser Konzentration an anderen deutschen Standorten nicht gab.

Der Münchner Sonderweg und das Frankfurter Dilemma

Eine Reihe von Städten wie Berlin, Leipzig, Düsseldorf oder Köln hätte heute auch gern mehr Hochhäuser, da sie sich als Symbol für die Wirtschaftskraft der Stadt im globalen Wettbewerb durchgesetzt haben, aber hier fehlen die Branchen, die aus Gründen der Profitabilität in Hochhäuser investierten. Anders liegt der Fall in München, in dem seit Ende des Zweiten Weltkriegs repräsentative historische Bauten in der Innenstadt aufgebaut wurden. Hier hätte es auch Investoren für Hochhäuser aus dem Kreis der stark vertretenen Versicherungen gegeben. Doch bildete sich hier ein gesellschaftlicher Konsens, die von historischen Bauten und insbesondere von Kirchen geprägte Stadtsilhouette nicht durch Hochhäuser zu beeinträchtigen. Damit er-



Gotteshaus eingequetscht zwischen Wolkenkratzern: Die Frankfurter Matthäus-Kirche an der Friedrich-Ebert-Anlage fällt nach dem Willen des Evangelischen Regionalverbands einem Hochhausbau zum Opfer, wenn sich ein Investor findet.



Die Skyline für den Betrachter aus der Ferne – nicht unpassend für eine Stadt, die mit ihrem Flughafen wirbt und deren Arbeitsplätze zu mehr als der Hälfte inzwischen von Pendlern aus dem Umland eingenommen werden.

hält sich München eine Art Gegenwelt zur modernen Arbeitswelt, die sich zusammen mit anderen Standortfaktoren positiv auf ihre Attraktivität auswirkt.

In Frankfurt fehlte dieser Konsens. In der Politik jedoch ist immer noch die Gesinnung verbreitet, die Goethe 1796 den Frankfurtern zuschrieb: »Der Frankfurter, bei dem alles Ware ist, sollte sein Haus niemals anders als Ware betrachten.« Diese Haltung beherrscht noch heute den Umgang der Frankfurter mit ihrem Baubestand. Tauschwerte bestimmen die Lebensdauer von Gebäuden, nicht die damit verbundenen Gebrauchswerte wie Traditionen oder gar Gemütswerte. Die Skyline als Repräsentation des modernen Wirtschaftslebens macht die Arbeitswelt überall präsent. Dieses Stadtbild entlastet nicht von der Arbeitswelt, sondern verstärkt sie.

Wie wird es weitergehen? Geschäftsrückgänge bei den einst prosperierenden Banken führen zu Ein-

sparungen bei Personal und Büroraum. In Frankfurt, wo die Nachfrage nach Büroraum von 370 000 Quadratmetern im ersten Halbjahr 2001 auf 150 000 Quadratmeter im ersten Halbjahr 2002 um 60 Prozent fiel (FAZ vom 28. Juni 2002), wird man in nächster Zeit wieder günstigen Büroraum in Hochhäusern mieten können. Von dem geplanten Millenniumtower (zirka 400 Meter) ist ebenso wenig länger die Rede wie von einigen anderen im Hochhausrahmenplan 2000 vorgesehenen Hochhäusern. Die Wirtschaftsflaute ist dafür eine Ursache. Eine andere Ursache ist eine künftige Höhenbegrenzung als Folge des 11. September 2001. Angesichts der möglichen Totalzerstörung von Hochhäusern haben Versicherungen ihre Prämien für Hochhäuser so erhöht, dass jedenfalls in New York nur mehr 50 bis 60 Stockwerke (200 bis 250 Meter) rentabel erscheinen und die Höhenkonkurrenz dort erst einmal beendet ist. ◆

Literatur

^{11/} Siegfried Kra-cauer: Frankfurter Turmhäuser. Ausgewählte Feuilletons 1906–30, herausgegeben von Andreas Volk, Zürich, 1997, S. 17.

^{12/} Rainer Stommer, Dieter Mayer-Gürr: Hochhaus. Der Beginn in Deutschland, Marburg, 1990, S. 12.

^{13/} ebd. S. 30.

^{14/} ebd. s. 25.

^{15/} Dirk Schubert: Hochhäuser in Hamburg – (noch) kein Thema? Geschichte, Gegenwart und Zukunft eines ambivalenten Verhältnisses. In: Marianne Roden-

stein (Hrsg.): Hochhäuser in Deutschland. Stuttgart, Köln, Berlin, 2000, S. 234.

^{16/} Marianne Rodenstein: Von der »Hochhausseuche« zur Skyline als »Markenzeichen« – die steile Karriere der Hochhäuser in Frankfurt am Main, In: Marianne Rodenstein (Hrsg.) aaO., S. 23.

^{17/} vgl. Stefan Böhm-Ott: Aspekte der Bodenverwertung am Finanzplatz Frankfurt am Main. In: Marianne Rodenstein (Hrsg.) aaO.

Anzeige

Rhein-Main – eine Metropolregion mit Zukunft?



1 Die Skyline von Frankfurt am Main – weithin sichtbares Zeichen des Finanzplatzes.

Über Chancen und Risiken für die Entwicklung dieser Region

von Klaus Wolf und Christian Langhagen-Rohrbach

Die »Metropolitana«, der »Planungsverband Frankfurt RheinMain«, die Olympiabewerbung, die »Wirtschaftsinitiative Frankfurt Rhein-Main« und der »Regionalpark Rhein-Main« sind Initiativen, die versuchen, das Rhein-Main-Gebiet für künftige Herausforderungen zu stärken. Zwar zählt diese Region zu den wirtschaftsstärksten Deutschlands, aber mit zunehmenden wirtschaftlichen Verflechtungen wird es für Städte und Regionen schwerer, sich im internationalen Wettbewerb um Unternehmensstandorte zu behaupten. Wird Frankfurt künftig im Konzert der »global cities« mitspielen können?

Frankfurt ist zwar als internationale Finanzmetropole ¹ bekannt, aber trotz der markanten Skyline verhältnismäßig klein: Die Region Rhein-Main mit 4,7 Millionen Einwohnern ist nur etwa halb so groß wie die »Greater London Area« (7,4 Millionen Einwohner). Verglichen mit einer »Megastadt« wie Tokio (zirka 22 Millionen Einwohner) erscheint Frankfurt mit 650 000 Einwohnern fast wie ein Vorort. Wie lässt sich die Rolle Frankfurts und der Region Rhein-Main im Vergleich der internationalen Metropolen in ihrer Entstehung und heutigen Position analysieren? Welche Strategien sollten Stadt und Region verfolgen, um zukünftig in Europa sowohl als Wirtschaftsstandort als auch als attraktiver Lebensraum eine wichtige Rolle zu spielen?

Globalisierung und ihre Vorläufer: Auf dem Weg zu »gobal cities«

Der zur Zeit fast inflationär Politik und Wirtschaft beherrschende Begriff »Globalisierung« ist kein neues Phänomen. Globalisierung – als ein weitreichendes Netz aus sozialen Beziehungen und Handelsverflechtungen verstanden – gab es schon vor Hunderten von Jahren: Handelsrouten wie die Seidenstraße waren für die damalige Zeit das, was heute die »Datenautobahnen« sind. Auch der Einzugsbereich der mittelalterlichen Frankfurter Messen zeigt, dass es bereits im Mittelalter räumlich weitreichende wirtschaftliche Verflechtungen gab. Neu sind die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen und die Intensität der Verflechtung, die mit den modernen Informations- und Kommunikationstechnologien deutlich zugenommen hat.

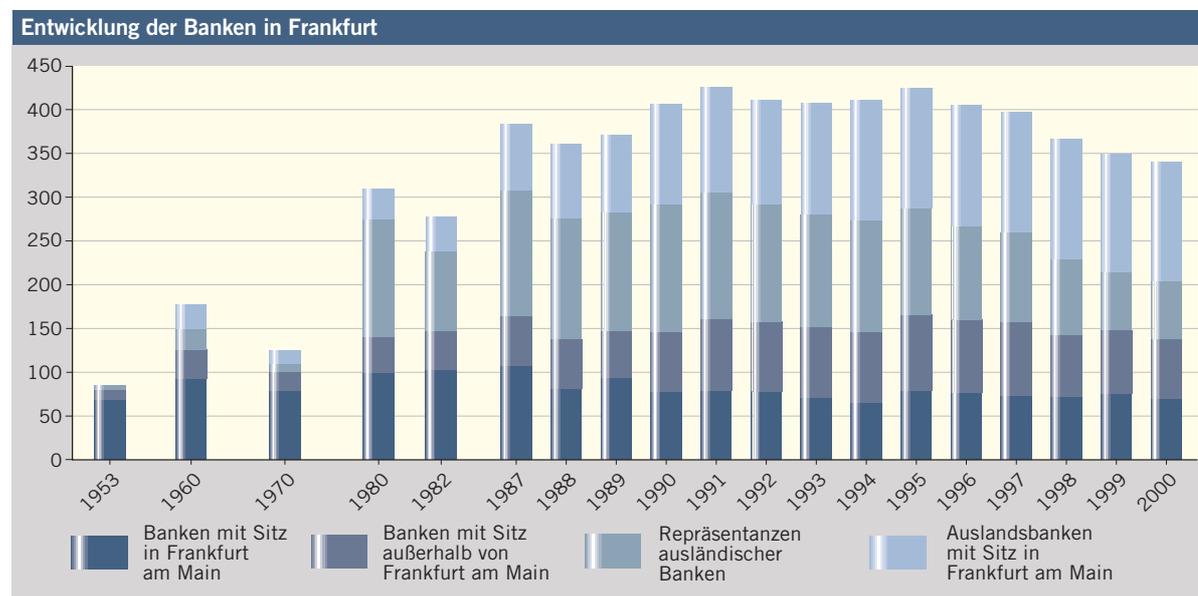
Die »moderne« Globalisierung hat sich seit der Industrialisierung im 19. Jahrhundert in mehreren Abschnitten entwickelt. Seit der Autohersteller Ford mit der 1912 begonnenen Fließbandproduktion des »T-Modells« zu einem der Vorreiter der modernen Massenproduktion wurde, bezeichnet man diese Periode als Fordismus. Anfang der 1970er Jahre änderte sich das Wirtschaftsgefüge in den Industrienationen deutlich: Diese Umbruchphase wird als der Wechsel vom Fordismus zum Postfordismus bezeichnet und ist durch eine Flexibilisierung der Produktion gekennzeichnet. Zu den Ursachen zäh-

len das Ende des Währungssystems von Bretton-Woods aus dem Jahr 1947 ebenso wie die Ölkrisen. Die Fordismuskrisis äußerte sich in steigender Arbeitslosigkeit, weil zahlreiche Unternehmen schlossen oder ihre Produktion ins Ausland verlagerten, sowie in einer steigenden Staatsverschuldung. Es begann außerdem ein bis heute andauernder Konzentrationsprozess der Unternehmen, wobei sich Dienstleistungsbetriebe als Schwerpunkte wirtschaftlichen Wachstums herausbildeten. Der tiefgreifende Wandlungsprozess zum Postfordismus wurde vom Aufkommen der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien unterstützt. Die moderne Telekommunikationsinfrastruktur ermöglichte die globale Vernetzung zwischen einzelnen Unternehmen ebenso wie zwischen Unternehmensteilen. Der weltweite Handel wurde gleichzeitig durch entscheidende Einschnitte in den rechtlichen Systemen der Nationalstaaten und durch Deregulierung der größeren (Finanz-)Märkte erleichtert.

Innerhalb dieses neuen Welthandelssystems haben sich bestimmte konkurrierende Metropolregionen als Steuerungszentralen herausgebildet: Hier sind die internationalen Konzerne und Organisationen zu Hause, die großen Börsen lokalisiert, und in diesen Städten laufen die »Fäden« der globalen Mediennetzwerke zusammen. Diese Steuerungszentralen werden üblicherweise als »global cities« bezeichnet. Frankfurt wird, wie Zürich, hinter den Weltstädten New York, Tokio oder London als »global city« der zweiten Ordnung eingestuft. Mit der Globalisierung werden die Regionen, die als Gebiets-einheiten zwischen lokaler Ebene und dem Nationalstaat verstanden werden, zu idealen räumlichen Gebiets-einheiten, um die anstehenden Probleme zu lösen. Auch die Bevölkerung kann sich mit diesem Lebensraum besser identifizieren.

Strukturen im Wandel: Dienstleistungszentren nicht nur in der City

Da der Aufschwung des Fordismus in Deutschland erst nach dem Zweiten Weltkrieg begann, konnte sich die Region Rhein-Main als bedeutender Industriestandort ausbilden und gleichzeitig – auf die lange Tradition Frankfurts als Handels- und Messestandort aufbauend –



² Die Entwicklung der Zahl der Banken zeigt deren starke Zunahme in Frankfurt seit den 1970er Jahren. Besonders wichtig ist vor allem, dass Frankfurt mehr Auslandsbanken (337) hat als New York (237), aber weniger als London (429)(Quelle: BÖRDLEIN, 1993, eigene Recherche).

ihre tertiärwirtschaftliche Stärke entwickeln. Ein positiver Standortfaktor war und ist die hervorragende Erreichbarkeit der Region mit unterschiedlichen Verkehrsmitteln. Mit dem Flughafen besitzt die Region das wichtigste deutsche Drehkreuz für den weltweiten Luftverkehr, auch wenn der Airport in der hochverdichteten Region Rhein-Main erhebliche Belastungen mit sich bringt.

Frankfurt entwickelte sich zum internationalen Finanzzentrum, während andere Kernstädte bis in die 1980er Jahre hinein eher von produzierenden Unternehmen geprägt wurden: Die einst selbstständigen Ortsteile Frankfurts Höchst und Fechenheim (Höchst beziehungsweise Cassella) wurden, ebenso wie Darmstadt (Merck), von der chemischen/pharmazeutischen Industrie geprägt. In Rüsselsheim (Opel) oder Offenbach (MAN) waren Fahrzeughersteller ansässig, in Hanau sicherten auf Atomkraftwerke spezialisierte Unternehmen zahlreiche Arbeitsplätze.

Das Wachstum des Finanzplatzes Frankfurt wurde in den 1970er Jahren durch die Attraktivität des deutschen Finanzmarktes vor allem für ausländische Banken beschleunigt. Sowohl von den ausländischen als auch von den deutschen Banken vor Ort profitierte die Frankfurter Börse. Das Wachstum im Dienstleistungssektor wurde vor allem von den Banken und den dazu gehörenden komplementären Dienstleistungen getragen. So beschäftigten die Banken und Versicherungen im Jahr 1998 allein knapp 72 000 Personen, im tertiären Sektor insgesamt sind es 460 000. Betrachtet man die Zahl der in der Stadt beschäftigten Personen, so fällt auf, dass sie ebenso hoch ist wie die Einwohnerzahl. Es er-

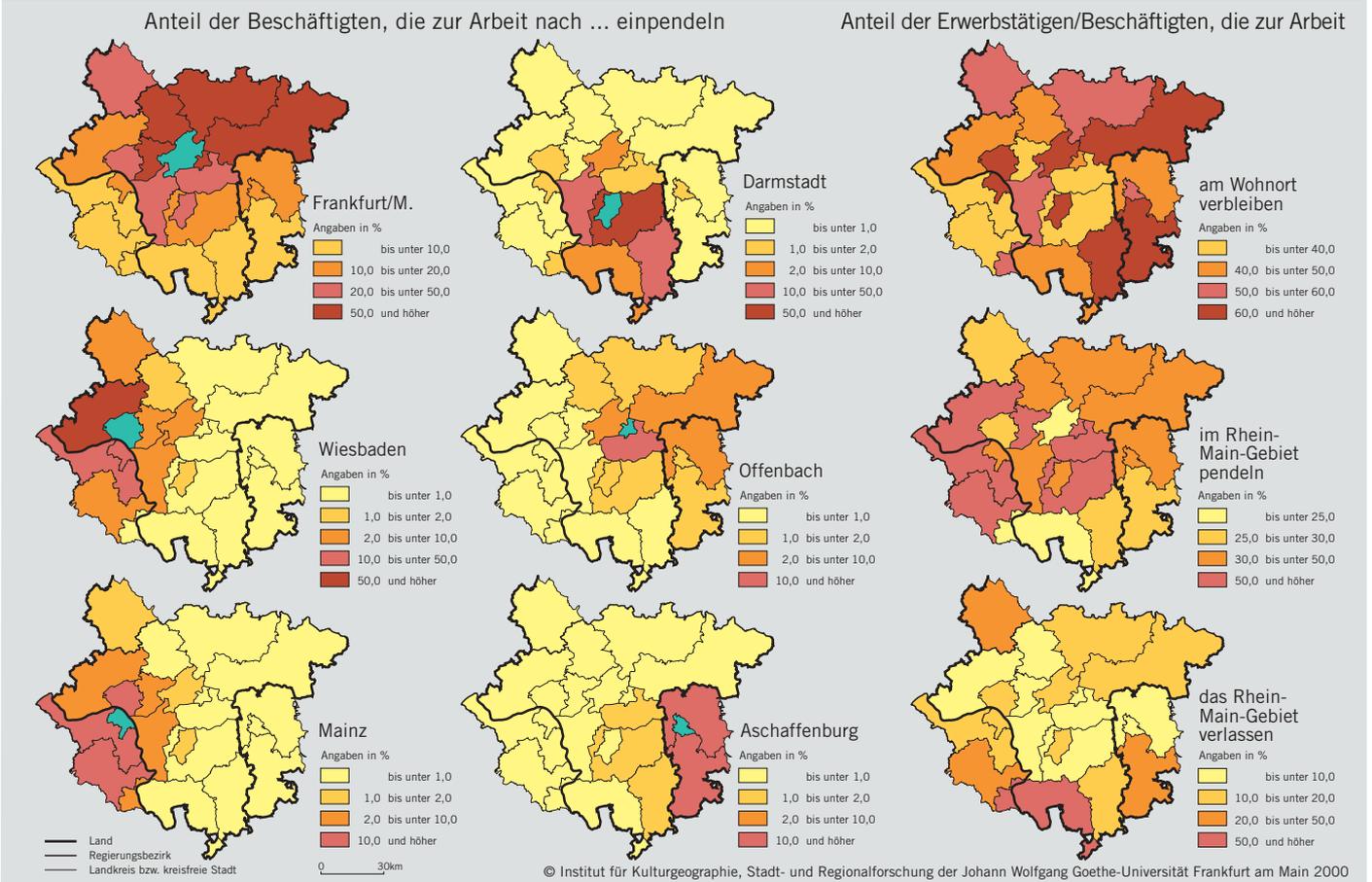
gibt sich für Frankfurt somit eine Tagbevölkerung von rund 882 000 Personen bei einer Einwohner-Arbeitsplatz-Dichte von 4527 Personen pro Quadratkilometer (andere Städte zum Vergleich: Hamburg 3222, Köln 3454, Berlin 5104, München 5893). Ebenso stark wie Frankfurt sind auch die übrigen Kernstädte der Region Rhein-Main auf das Umland angewiesen: Die meisten Arbeitsplätze konzentrieren sich in den Kernstädten. Dagegen liegen die Wohnorte der Beschäftigten im Umland. Pendlerverflechtungen auch über große Distanzen sind die Folge.

Während der Dienstleistungssektor in der gesamten Region Rhein-Main an Bedeutung gewonnen hat, verhielt es sich mit dem produzierenden Sektor umgekehrt: Viele Produktionsstätten der Region sind mittlerweile aufgegeben oder verlagert worden. Hierzu einige Beispiele:

- Die Gebäude der Firma Messer-Griesheim (technische Gase) an der Hanauer Landstraße in Frankfurt wurden abgerissen und durch einen Gewerbepark ersetzt, die Produktion wurde verlagert. In dem Gewerbepark ist nun unter anderem der deutsche Internet-Knoten DE-CIX untergebracht.
- Das einst wohl für Frankfurt bedeutendste Unternehmen der chemischen Industrie, die Firma Höchst, zu der neben dem Gelände in Höchst weitere Produktionsstätten in Frankfurt-Fechenheim und in Offenbach gehörten, fusionierte mit dem französischen Unternehmen Rhône-Poulenc zum Aventis-Konzern. Die Firmenzentrale wurde nach Straßburg verlegt, die Produktion in zahlreiche Tochterunternehmen aufgespalten.

Die Pendlerverflechtungen innerhalb der Region verdeutlichen, dass die Region Rhein-Main tatsächlich eine Funktionalregion bildet. Lediglich der Landkreis Bergstraße im Süden zeigt ebenso starke Verbindungen zur Nachbarregion Rhein-Neckar (Quelle: KSR, 2000, 73).

Pendlerströme in der Rhein-Main-Region



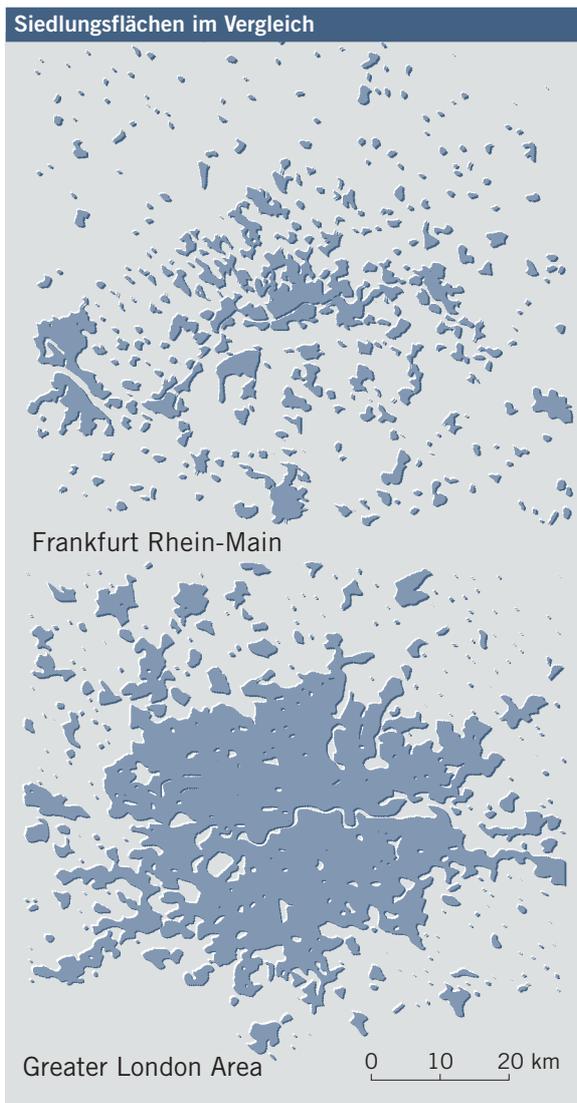
- Nach der Übernahme der Henniger-Brauerei durch die Binding AG wird das Henninger-Gelände in Frankfurt-Sachsenhausen zu einer Konversionsfläche. Außerdem wird der Konzern künftig nicht mehr Binding, sondern Radeberger AG heißen.
- Die Adler-Werke (Schreibmaschinen) wurden nach der Verlagerung der Produktion aus dem Frankfurter Gallusviertel nach Griesheim eines der ehrgeizigsten Konversionsprojekte. Auf dem Areal entstand als »Galluspark« ein moderner Wohn- und Dienstleistungskomplex.
- Zu den größten Standortverlagerungen innerhalb der Region gehören sicher die Aussiedlungen von VDO (Frankfurt – Karben) und von Hartmann & Braun (Mess- und Regeltechnik; Frankfurt-Bockenheim – Frankfurt-Praunheim). Ein Teil der Gelände im Frankfurter Stadtteil Bockenheim wird derzeit noch in einen Dienstleistungs- und Wohnpark umgestaltet, während in anderen Teilen bereits Dienstleistungsunternehmen residieren.

Die Dienstleistungsstandorte der Region erlebten einen gewaltigen Aufschwung. Das betrifft nicht nur die Frankfurter Innenstadt oder die in der Stadt gelegenen Gewerbegebiete wie die Bürostadt Niederrad oder die City-West nördlich des Messe-Geländes, sondern besonders das Umland: Südlich Frankfurts wuchsen in Neu-Isenburg oder Dreieich von Dienstleistungsunternehmen geprägte Gewerbegebiete. Ebenso wie Eschborn konnten auch zahlreiche andere Taunusrandgemeinden Unternehmen attraktive Standorte anbieten. Aus Kostengründen werden oft nur noch die klassischen »Headquarter«-Funktionen in den teuren Citystandorten belassen, während die so genannten »Backoffice«-Bereiche ausgelagert werden. Umlandgemeinden sind damit im Grunde doppelt »gesegnet«: Durch die angesiedelten Unternehmen können hohe Einnahmen aus der Gewerbesteuer verbucht werden, und es werden hohe Steuereinnahmen durch die Einkommen der Einwohner erzielt: Seit Beginn der Suburbanisierung zählen die Gemeinden entlang des Taunuskamms – angefangen von Hofheim über Kronberg und Königstein bis Bad Homburg – zu den Gemeinden, die vor allem Personen höherer Einkommensklassen anziehen konnten.

Initiativen für mehr Lebensqualität in Natur und Kultur

Wenn Regionen in der globalisierten Welt in Zukunft eine stärkere Bedeutung als Lebensräume haben sollen, dann gilt es für die Region Rhein-Main zuerst, die vorhandenen Freiräume zu sichern. Dies wird seit 1995 mit dem Konzept des »Regionalparks Rhein-Main« versucht. Der Regionalpark soll die Lücke zwischen dem »Grüngürtel Frankfurt« und dem Naturpark Hochtaunus schließen, neue Erlebnisräume schaffen und durch eine Vielzahl von Einzelmaßnahmen wie Kunstobjekte, Aussichtspunkte und Wegenetze realisiert werden. Die Regionalparkrouten, die die Region durchziehen und die Objekte des Regionalparks (unter anderem Streuobstwiesen, Alleen, Naturschutzgebiete) miteinander verbinden, sollen die Identifikation der Bürger mit der Region fördern **4**.

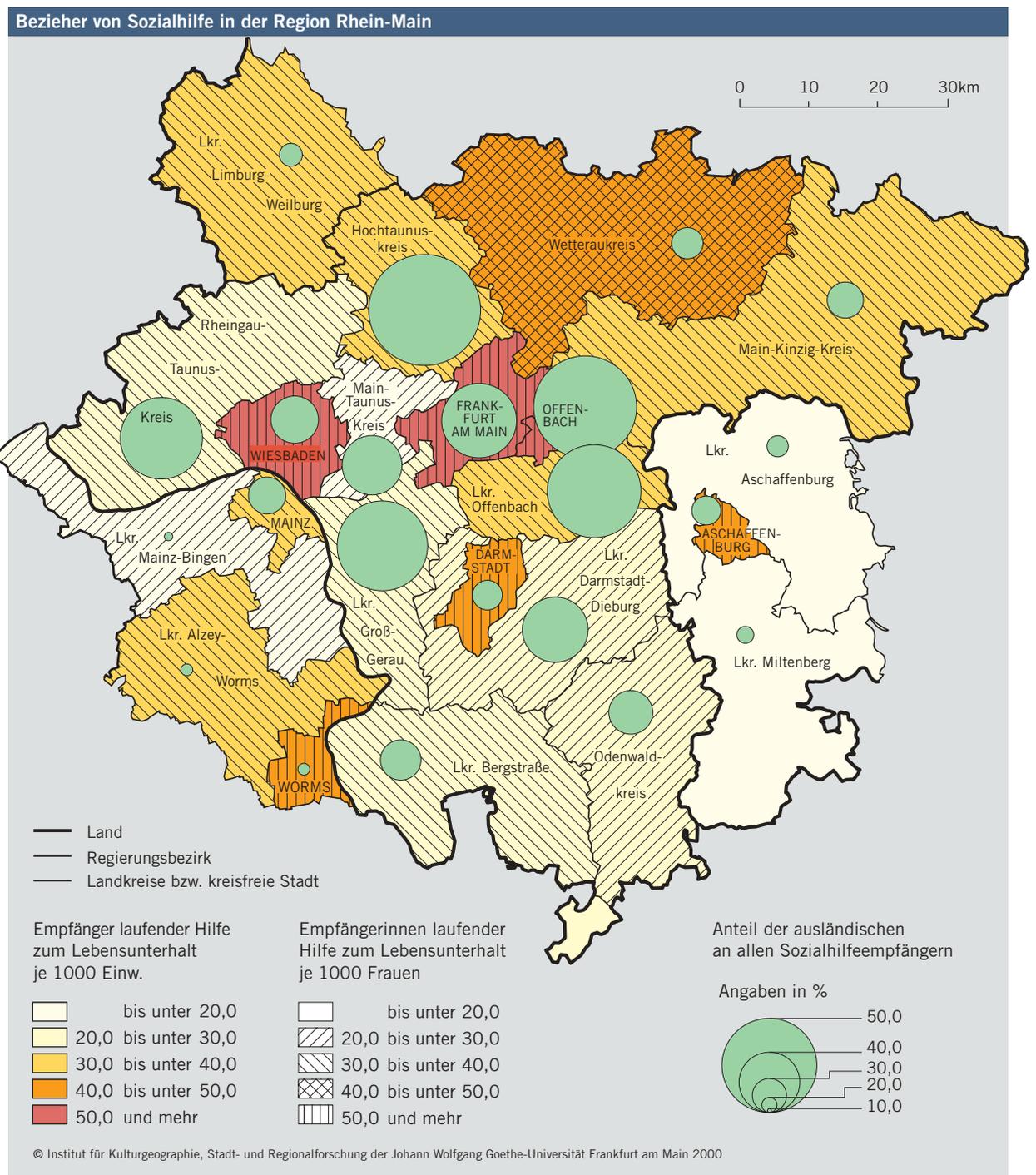
Den weichen Standortfaktoren kommt in Bezug auf die Probleme der Region eine große Bedeutung zu. Das



4 Der Vergleich der Siedlungsflächen der »Greater London Area« und der Region Rhein-Main belegt, dass das Rhein-Main-Gebiet von einem Netz an Grünzügen durchzogen ist. Diese bestehen aus Wald und landwirtschaftlichen Flächen, trennen die Siedlungsflächen voneinander und stellen für die Region einen wichtigen weichen Standortfaktor dar (Quelle: Planungsverband Frankfurt Region RheinMain).

kulturelle Angebot in der Kernstadt der Region könne sich mit anderen »global cities« nicht ohne weiteres messen, so dass manche Unternehmen »Buschzulagen« zahlen müssten, um qualifizierte Mitarbeiter in die Region zu locken, so die Einschätzung Frankfurter Top-Manager. Zwar hat Frankfurt bereits vor über 20 Jahren begonnen, das Angebot auszuweiten (zum Beispiel durch das Museumsufer oder die Alte Oper als Konzert- und Kongresshaus). Aber die Angebote scheinen nicht so attraktiv oder reichen noch nicht aus. Dies zeigt ein Metropolenvergleich der Handelskammer Hamburg zu den Theaterbesuchen je 1000 Einwohner: In Stuttgart sind dies 3094, in Hamburg 2330, in München 1532 und in Frankfurt nur 831. Die Spitzenposition von Stuttgart und Hamburg resultiert nicht zuletzt aus den privaten Musical- oder Staatstheatern in diesen Städten, einer Attraktion, die in Frankfurt nicht existiert, sondern nur diskutiert wird (Urban Entertainment Center im Europa-Viertel). Zu den hohen Ausgaben der Kernstädte für kulturelle Angebote kommen weitere Zahlungen hinzu, die an die eigenen Bürger geleistet werden müssen, wie Sozialhilfe oder Wohngeld **5**. Die Kernstädte haben somit trotz hoher Steuereinnahmen eine Reihe an Lasten zu tragen, die im Grunde regional entstehen, von den Gemeinden des Umlands aber nicht durch Ausgleichszahlungen mitgetragen werden. Der kommunale Finanzausgleich des Landes Hessen **6** ver-

5 Betrachtet man die räumliche Struktur der Bezieher von Sozialhilfe, so sticht die große Zahl der Kernstadtbewohner, denen »Hilfe zum Lebensunterhalt« gezahlt wird, förmlich ins Auge. Im Jahr 2000 entfielen mit etwa 0,8 Milliarden Euro mehr als ein Drittel des Frankfurter Vermögenshaushalts auf den Posten »soziale Sicherung« und im Haushaltsjahr 2002 werden zur Deckung der Sozialausgaben 50 Prozent der Steuereinnahmen Frankfurts benötigt (Quelle: KSR 2000, 52).



Anzeige

Anzeige

sucht zwar, die ungleiche Verteilung der Lasten zwischen den Gemeinden zu nivellieren, dies gelingt jedoch nicht vollkommen.

Auswirkungen der »Fusionitis« der Banken

Während das Ruhrgebiet als montanindustriell geprägte Region schon vor Jahrzehnten vor die Aufgabe der Umstrukturierung gestellt war, wird das Rhein-

Main-Gebiet wahrscheinlich einen starken Stellenabbau bei den Dienstleistungsunternehmen, insbesondere den Banken und Versicherungen, erleben. Da von jeder Bank oder Versicherung weitere Unternehmen abhängen, die ergänzende Dienstleistungen anbieten (angefangen bei Gebäudereinigung bis hin zur Rechts- und Unternehmensberatung), ist davon auszugehen, dass sich der Stellenabbau im Finanzgewerbe wie ein Dominoeffekt auch auf andere Branchen auswirken wird. Derartige Anzeichen sind bereits erkennbar: So hat die

Die Region in der »network society« Zur Bedeutung räumlicher Nähe und internationaler Netzwerke als Standortfaktoren

»Metropolitane Region in der Vernetzung« überschreiben die Herausgeber Josef Esser und Eike W. Schamp ausgewählte Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs »Vernetzung als Wettbewerbsfaktor am Beispiel der Region Rhein-Main«, den die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) von 1997 bis 2000 an der Universität Frankfurt förderte. Die Autorinnen und Autoren der einzelnen Beiträge beleuchten regionale Vernetzung aus verschiedenen Blickwinkeln: aus Sicht von Region, Wirtschaft und Politik. Neben der Analyse, welche konkreten Ausprägungen von Vernetzung jeweils zu finden sind, geht es um einen Beitrag zur Neubewertung der Region und ihrer Rolle, die sie – im Zuge struktureller Veränderungen durch Globalisierung – im weltweiten Interaktionssystem spielt.

Metropolitane Regionen verstehen die Herausgeber als »neue Form urbaner Agglomerationsräume, die sowohl in Prozesse der Globalisierung als auch der europäischen Integration eingebunden sind«. Besondere Bedeutung messen sie der Distanzerweiterung durch Informations- und Kommunikationstechnologien bei: Führt die »network society« dazu, die Rolle von Metropolregionen als Knotenpunkte oder »logistische hubs« in Systemen weltweiter Beziehungen neu zu bestimmen? Welche Konsequenzen ergeben sich für die interne Organisation der Region, aus Sicht des Arbeitsmarkts, verschiedener Wirtschaftssektoren und der politischen Regulation beziehungsweise der »regional governance«, wie interagieren also die Akteure im regionalen Netzwerk miteinander? Und – in Bezug auf die bislang weitgehend auf Ebene der Stadtforschung geführten Diskussion – welche räumlich-regionale

Maßstabebene korrespondiert mit diesen Vernetzungen?

Gegenstand der Betrachtung sind metropolitane Regionen, die neben der Einbindung in Globalisierungsprozesse vor allem als »Knoten mit erheblicher Entscheidungs- und Kontrollmacht im europäischen Kontext« definiert werden, ohne damit eine konkrete territoriale Abgrenzung zu verbinden. Netzwerke werden als »neue soziale Beziehungsmuster jenseits der traditionellen Dichotomien von Markt und Staat sowie Markt und Hierarchie« verstanden, »governance« als die informell erzeugten Regeln und Mechanismen, nach denen die sozialen Akteure ihre Handlungen koordinieren und systematisch Handlungsmuster erzeugen.

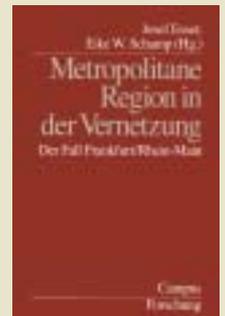
In der Gesamtschau besticht der Sammelband dadurch, dass er verschiedene Formen von Vernetzung und die damit verbundenen unterschiedlichen Anforderungen und Ausprägungen zusammen führt: Neben der wirtschaftlich-globalen Vernetzung der Region und der Arbeitsmärkte geht es um einzelne Branchen mit ihren sowohl regionalen als auch internationalen Ausprägungen; darüber hinaus liefert die politische Vernetzung den Bezug zu der gegenwärtig aktuellen Diskussion, wie eine »good governance«, also die kollektive Selbstorganisation und das Management von Interdependenzen, auf metropolitane Ebene sowie in der Verflechtung der unterschiedlichen Steuerungsebenen miteinander aussehen kann.

Die Befunde gewähren einen differenzierten Einblick in die regionale Vernetzungsrealität einer Metropolregion und belegen, dass ökonomische und politische Vernetzungsprozesse tatsächlich verstärkt statt-

finden. Sie weisen aber auch darauf hin, dass diese Prozesse ebenso gut scheitern können. Damit stellt der Band quasi eine Momentaufnahme dar, die Interesse an weiterführender Analyse weckt (beispielsweise auf die Ergebnisse des sich anschließenden DFG-Projekts »Netzwerkförmige politische Steuerung in der metropolitanen Region Rhein-Main«). Dies betrifft insbesondere die politische Vernetzung, die in der präsentierten Form noch etwas unverbunden neben den ökonomischen und branchenbezogenen Analysen steht: Leiten sich aus der regional-ökonomischen und der branchenbezogenen Vernetzung spezifische Anforderungen an politische Steuerung ab? Sind weiterführende regionale Steuerungsformen nötig, um zu einer adäquaten »regional governance« für eine vernetzte Metropolregion Rhein-Main zu gelangen?

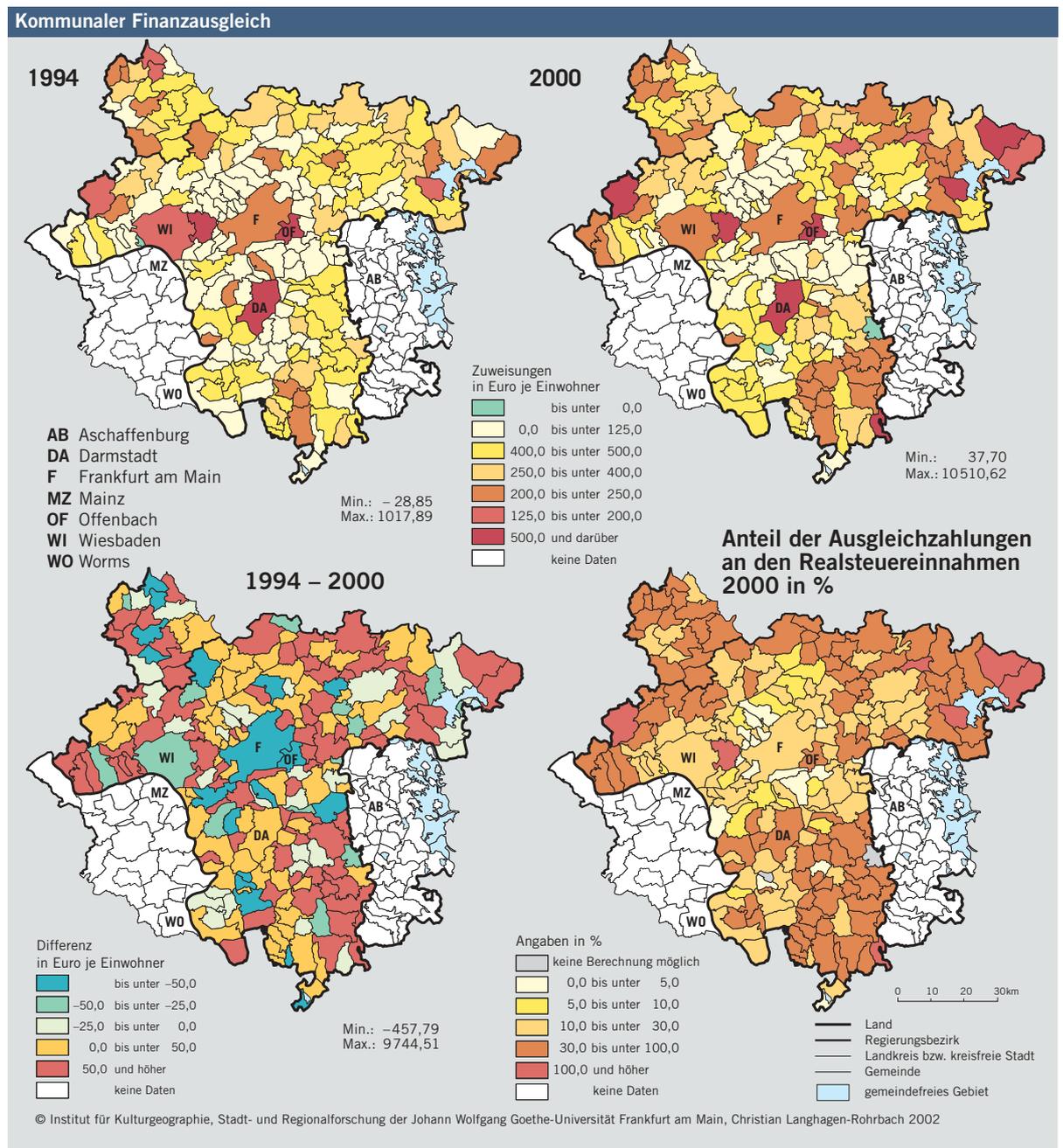
Doch dies ist bereits der Blick nach vorne, den der Sammelband zweifellos stimuliert. Zunächst aber gilt es zu resümieren, dass es den Herausgebern sowie den Autorinnen und Autoren des vorliegenden Bands ausgesprochen gut gelungen ist, das gegenwärtig populäre – aber zuweilen ideologisch überhöhte – Thema der regionalen Vernetzung auf seine empirische Substanz hin zu überprüfen, dabei durchaus überraschende Befunde zu Tage zu befördern und diese zudem in einer übersichtlichen und lesenswerten Form zu präsentieren.

Dr. Ing. Jörg Knieling M.A. ist im Planungsstab der Senatskanzlei der Freien und Hansestadt Hamburg tätig, außerdem ist er Lehrbeauftragter an den Universitäten Hannover und Osnabrück.



Josef Esser, Eike W. Schamp (Hrsg.)
Metropolitane Region in der Vernetzung – Der Fall Frankfurt/Rhein-Main.
Campus Verlag, Frankfurt 2001, ISBN 3-593-36843-9, 281 Seiten, 29,90 Euro.

6 Der »Kommunale Finanzausgleich« ist ein Versuch, die Finanzausstattung der Kommunen zu verbessern und den Kernstädten Mittel zur Verfügung zu stellen, um Leistungen für ihre Einwohner ebenso wie für die des Umlandes vorhalten zu können (Quelle: eigener Entwurf nach Daten des Hessischen Ministeriums der Finanzen).



Niederlassung der Europäischen Zentralbank in Frankfurt nicht – wie erhofft – dazu geführt, dass sich die Zahl der Banken und anderer Dienstleistungsunternehmen erhöht; operative Geschäftsteile wandern sogar an »global cities« der ersten Kategorie ab. Durch die im Bankensektor grassierende »Fusionitis« ist die Zahl der vertretenen Banken sogar deutlich zurückgegangen 2.

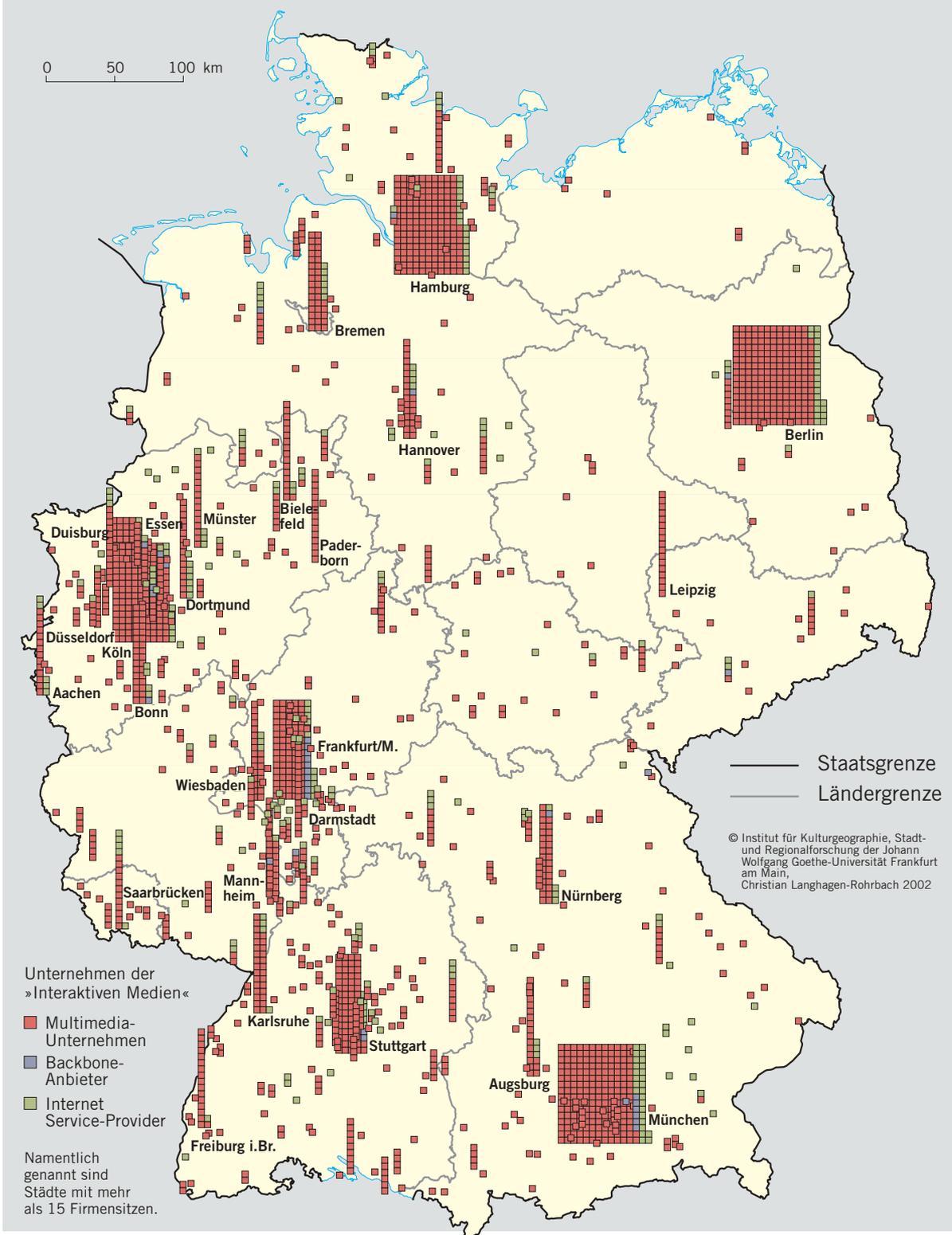
Im Zuge der Globalisierung sind neue Wirtschaftsformen dabei, sich durchzusetzen. In diesem Zusammenhang sei nur an die in den letzten Jahren aufgekommenen Formen des elektronischen Handels (»e-Commerce«) erinnert. Betrachtet man diese als eine der Basisinnovationen des beginnenden Kondratieff-Zyklus (konjunkturelle Wellen, an deren Beginn eine Basisinnovation steht), so ist von entscheidender Bedeutung, wo sich räumliche Zentren dieses neuen Wachstumszyklus herausbilden werden. Derzeit gibt es Anzeichen, dass die Region Rhein-Main nicht zu diesen Zentren gehört. Die Netzinfrastruktur zählt zwar zu den besten Deutschlands. Neben zahlreichen privaten Citynetzen, die den

Unternehmen schnelle Verbindungen anbieten, ist in Frankfurt auch der größte deutsche Internetknoten (DE-CIX) angesiedelt. Zudem haben die großen international tätigen Netzanbieter Niederlassungen oder ihre Deutschland-Vertretung in der Region.

Hat Rhein-Main (k)eine Chance als zentraler Standort der New Economy?

Die »New Economy« lebt jedoch nicht nur von der Infrastruktur. Wichtig sind auch die Produzenten der Inhalte (»contents«), die über das Netz verfügbar gemacht werden, wie Hersteller von Software, Programmierer oder Designer von Internetseiten. Auf diesem Gebiet sind andere Regionen allerdings deutlich stärker 2. Dieser Eindruck verstärkt sich, wenn man die räumliche Verteilung der ».de«-Domains in Deutschland zu erklären versucht. In der »e-startup«-Studie der European Business School in Oestrich-Winkel werden München und Berlin als die aussichtsreichsten Städte für Gründer

Unternehmen der »New Economy«



7 Eine Auswertung der Standorte von Unternehmen der »New Economy« (Backbone-Anbieter, Internet-Service-Provider, Multimedia-Agenturen) zeigt, dass sich die Region Rhein-Main in diesem Bereich nicht so gut profilieren konnte wie andere Regionen Deutschlands. Bevorzugte Standorte sind die Großräume Berlin, Hamburg, München und Rhein-Ruhr.

Anzeige

Anzeige

Die Autoren



Prof. Dr. Klaus Wolf, 63, studierte unter anderem in München und Frankfurt Geographie und Latein. Nach der Promotion (1963) und der Habilitation (1980) im Fach Geographie wurde er zunächst 1970 nach Erlangen berufen. Von dort erfolgte 1972 der Ruf an das Institut für Kulturgeographie, Stadt- und Regionalforschung der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Seine Forschungsgebiete sind die Stadt- und Regionalforschung, die Erforschung des tertiären Wirtschaftssektors sowie die angewandte Geographie, besonders

als ordentliches Mitglied und früherer Präsident der Akademie für Raumforschung und Landesplanung. Die Region Rhein-Main bildet im Rahmen der von Wolf geleiteten Abteilung »Rhein-Mainische Forschung« einen weiteren Arbeitsschwerpunkt.

Christian Langhagen-Rohrbach, 28, studierte in Frankfurt Geographie, Politikologie und Ethnologie. Seit 1998 ist er Diplom-Geograph und seit 1999 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Kulturgeographie, Stadt- und Regionalforschung. Dort arbeitet er unter anderem in der Abteilung »Rhein-Mainische Forschung« und befasst sich in diesem Zusammenhang mit Planungsfragen ebenso wie mit Fragen der regionalen Entwicklung. Einen weiteren Schwerpunkt bilden Fragen zur Geographie der Kommunikation und Telekommunikation (»Cybergeographie«).

von Unternehmen der »New Economy« angesehen. Auch die Standorte der etablierten Unternehmen aus dem Internet-/e-Commerce-Bereich zeigen dieses Muster. Nur hinsichtlich der Möglichkeiten, in Frankfurt Risikokapital zur Unternehmensgründung zu beschaffen, liegt die Stadt auf dem ersten Platz.

Nach der Theorie der »flexiblen Spezialisierung« suchen sich Innovationen weitestgehend unabhängig von bestehenden Gefügen ihren eigenen Standort. Dies belegt, warum Innovationszyklen stets andere Wachstumszentren haben, erscheint aber in der Konsequenz für die Region Rhein-Main um so alarmierender: Wenn die Standortstruktur einer Wirtschaftsregion für eine nachfolgende Unternehmensgeneration von untergeordneter Bedeutung ist, stellt sich die Frage: Was fehlt im Rhein-Main-Gebiet, damit es sich wie andere Regionen zu einem Standort der New Economy entwickelt? Es gibt weitere Warnzeichen für diese Region: Der Messestandort Frankfurt verzeichnet einen Abwärtstrend. Die Zahl der Messen stagniert, die Zahl der Aussteller und der Besucher erreicht nicht mehr die Quantität früherer Jahre.

Literatur

Bördlein, R. (1993): Das Rhein-Main-Gebiet als Standort hochrangiger Dienstleistungen. Stand und Perspektive des Internationalisierungsprozesses einer Region. – Rhein-Mainische Forschungen, Heft 110, Frankfurt.
Freund, B. (2000):

Deutschlands Hochhaus-Metropole Frankfurt. – In: Frankfurter Statistische Berichte, Heft 1/2000, S. 39–60.
Holtfrerich, C.-L. (1999): Finanzplatz Frankfurt. Von der mittelalterlichen Messestadt zum europäischen Ban-

kenzentrum. – München (Beck).
KSR – Institut für Kulturgeographie, Stadt- und Regionalforschung (2000): Regionalatlas Rhein-Main. Natur-Gesellschaft-Wirtschaft, Rhein-Mainische Forschungen, Heft 120, Frankfurt.

Langhagen-Rohrbach, C. (2002): Das Internet in Deutschland. Regionale Strukturen und Wachstumsmuster – das Beispiel der »de-Domains«. – In: Raumforschung und Raumordnung, Heft 1/2002, S. 37–47.

Langhagen-Rohrbach, C.; Wolf, K. (2002): Der Großraum Frankfurt Rhein-Main – eine Metropolregion mit Zukunft? – In: Kleine Senckenberg Reihe Heft 43, (»Geowissenschaften in Frankfurt«), S. 41–56.

Lo, V.; Schamp, E.W. (2001): Finanzplätze auf globalen Märkten – Beispiel Frankfurt/Main. – In: Geographische Rundschau, 53. Jahrgang., Heft 7–8/2001, S. 26–31.
Sassen, S. (1996): Metropolen des Weltmarkts. –

Frankfurt (Campus).
Wolf, K. (2001): Frankfurt am Main – eine Dokumentation. – In: Rhein-Mainische Forschungen, Heft 119, S. 227–312, Frankfurt.

Suche nach neuen Konzepten für die Region

Die Hessische Landesregierung versucht, dem Veränderungsprozess Rechnung zu tragen und die Kooperationsbereitschaft der Kommunen zu stärken: Mit dem Ballungsraumgesetz wurde der »Umlandverband Frankfurt« 2001 aufgelöst und durch den »Planungsverband Ballungsraum Frankfurt/RheinMain« ersetzt. Dieser sei – so die Landesregierung – im Vergleich zu seinem Vorgänger »sachgerecht arrondiert«, deckt aber noch immer nur einen Bruchteil der funktional zusammengehörenden Region ab.

Weniger auf klassische Planung, sondern auf die Verbesserung des Images der Region zielen andere Initiativen in der Region ab: Dazu gehören unter anderem als eine der ersten und wichtigsten Initiativen die »Wirtschaftsinitiative Rhein-Main«, der Kommunen und Unternehmen angehören, die die funktionale Region am besten repräsentiert und die wirtschaftliche Potenz der Region zu stärken versucht, oder zum Beispiel die »Metropolitana«, die eine Projektplattform in der Region Rhein-Main aufbauen möchte. Diese, getragen von einem Verein, in dem Unternehmen aus der Region Mitglied sind, soll über eine positivere Wahrnehmung der Region durch die dort ansässigen Unternehmen und ihre Einwohner auch nach außen die Kenntnis über die Region verbessern, um Vorteile im Standortwettbewerb zu schaffen und neue Unternehmen anzuziehen.

Das kulturelle Angebot möchte die ebenfalls von regionalen Firmen finanzierte »Kulturinitiative« fördern. Mit den Bewerbungen um die »Kulturhauptstadt 2010« oder für die Olympischen Sommerspiele 2012 will das Rhein-Main-Gebiet international bekannter werden. Um solche Projekte finanziell und praktisch zu realisieren, müssen die Akteure der gesamten Region zusammenwirken.

Die Region Rhein-Main, noch als eine der stärksten Wirtschaftsregionen Europas angesehen, kann diese Stellung nur halten, wenn die Warnzeichen beachtet und Maßnahmen zur Stärkung der Region ergriffen werden. Dazu gehört vor allem gemeinsames politisches Handeln im ökonomischen und soziokulturellen Bereich, aber auch die Bündelung von Aktivitäten öffentlicher und privater Institutionen im Sinne einer »regional governance«. Zum Wohle der Region müssen sich alle kommunalen Akteure auf ein gemeinsames Ziel ausrichten. ◆

Weitere Informationen im Internet unter: www.kulturgeographie.de

Anzeige

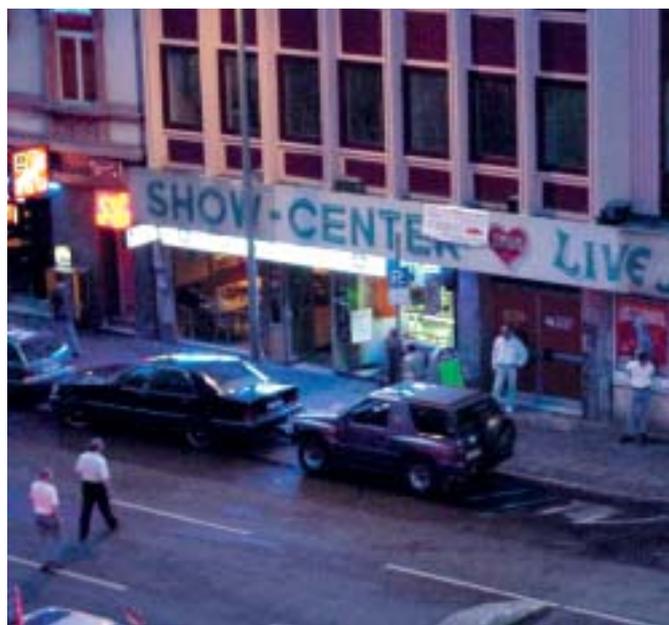
Anzeige

Krass drauf

Aus der Lebenswelt von Drogenprostituierten

von Antje Langer,
Rafael Behr
und Henner Hess

Für viele Drogenprostituierte ist »die Szene« nicht nur Drogenmarkt, Arbeitsmarkt und Stätte des Konsums, sondern Lebensraum überhaupt, ein Lebensraum, in dem es allerdings mehr ums Überleben als ums Miteinanderleben geht. Wie Junkies, die Geld mit Prostitution verdienen, ihr Gewerbe betreiben, hat die Forschergruppe mit ihren 26 Interviews im Frankfurter Bahnhofsviertel ebenso beleuchtet wie Lebenswege, Perspektiven und Lebensträume der drogenabhängigen Prostituierten.



Im Umfeld des Frankfurter Hauptbahnhofs überlagern sich auf einem relativ kleinen Raum verschiedene Szenen oder Milieus, die alle von der verkehrsgünstigen Lage und zum Teil auch voneinander profitieren. Auch Unbeteiligte bemerken diese skurrile Mischung gleich: Neben Reisebüros, Großhandelsniederlassungen, Einzelhandelsgeschäften und ein paar Banken haben sich hinter der bürgerlichen Gründerzeit-Kulisse die grellen, verlotterten und schmutzigen Subkulturen angesiedelt – die zahlreichen Schnellimbiss-Restaurants, die Szene der jugoslawischen und türkischen Clubs, die Rotlichtszene mit ihren Bordellen, Stripteaselokalen, Videoshows und Pornoshops und schließlich die Drogenszene.

Die Szene

Niemand weiß, wie viele Drogenabhängige sich – neben den gelegentlichen Besuchern aus der weiteren Umgebung – regelmäßig und dauerhaft auf der Drogenszene aufhalten. Schätzungen liegen zwischen 300 und 500 Personen, etwa ein Drittel davon sind Frauen. Für diese Menschen erfüllt die Szene eine ganze Reihe von Funktionen. Sie ist zunächst Handelsraum und Markt für Drogen. Hier finden die *User* ihre gewohnten *Connections* oder *Verchecker*, die Dealer, von denen sie ihre *Päcks* (Briefchen) oder *Plomben* (Plastiktütchen) oder *Steine* (Crack) kaufen können. Eine weitere Funktion hat die Szene als Arbeitsmarkt, auf dem man das Geld für die Drogen verdient oder zumindest durch andere Finanz-

quellen wie Sozialhilfe, Zuwendungen der Eltern oder legale Arbeit ergänzt: durch Kleinhandel, Ladendiebstahl, *Schmorren* und vor allem *Anschaffen*.

Auch der Drogenkonsum findet größtenteils auf der Szene statt. Drei der niedrigschwelligen, ohne besondere Voraussetzungen zugänglichen Drogenhilfeeinrichtungen im Bahnhofsgelände unterhalten so genannte Gesundheits- oder Druckräume, wo man seinen *Druck* in einiger Ruhe und unter hygienischen Bedingungen machen kann und wo für Drogennotfälle schnelle Hilfe bereitsteht. In den Einrichtungen werden auch gebrauchte *Pumpen* und Nadeln gegen steriles Spritzbesteck ge-

Die Frauen

Von den 26 befragten Drogenprostituierten gelingt es immerhin etwa der Hälfte, allein oder mit einem Lebenspartner oder mit Hilfe der Familie und vor allem mit Hilfe des Sozialamts eine eigene Wohnung zu halten.

Das ist meine Burg, denn da war ich noch nie mit einem Gast drin, das kennen nur ganz wenige Leute. Weil, das ist wirklich mein Rückziehpunkt. Manchmal muss ich ein paar Tage und Nächte auf der Szene hier bleiben, bis ich dann ehrlich ganz kaputt bin, und dann gehe ich heim.

tauscht und wird zum Teil Methadon vergeben, hier gibt es Beratung und medizinische Versorgung, Duschmöglichkeiten, Kleiderkammern, Tagesruhebetten und Notschlafstellen für die Nacht, reichlich Tee und billiges oder kostenloses Essen. Allerdings sind die Druckräume nicht rund um die Uhr geöffnet, und wer in einem Methadonprogramm mit Verbot des Gebrauchs zusätzlicher Drogen ist, wer nicht intravenös konsumiert, sondern im Moment lieber *Steine raucht*, oder wer randalierte und nun Hausverbot hat, darf sowieso nicht hinein. So sieht man immer noch auch auf der Straße oder in Hauseingängen Crack-Konsumenten ihre Glaspfeife rauchen und umständlich diese Pfeife auskratzen, oder man sieht andere, die ihr Heroin auf einem Löffel oder dem Deckel einer Cola-Dose mit Wasser und Ascorbinsäure über einer Kerze verflüssigen, durch einen Wattefilter in die Pumpe ziehen und sich schließlich in aller Öffentlichkeit den Druck setzen. Diesen Lebensraum, in dem sie Drogen konsumieren, als Prostituierte arbeiten und häufig als Obdachlose Tag und Nacht verbringen müssen, empfinden viele als stark entsolidarisiert.

Seit es Crack hier gibt, hab ich überhaupt keinen Kontakt zu den Leuten. Dieses Scheiß-Crack, diese Scheiß-Droge hat wirklich viele Leute zu Ratten werden lassen, was sie vorher wirklich nicht waren. Und jetzt um sich selber durchsetzen zu können, haben sie selber diese Art angenommen. Und es ist hier nur noch ein Linken und Klauen und Lügen-Erzählen. Es ist so aszig, so niedrig, so asozial geworden, ist so eine asoziale Meute geworden.

Für diese Frauen mit eigener Wohnung ist die Szene vor allem Drogenmarkt und Arbeitsmarkt. Es gibt aber auch obdachlose Frauen, die ganz in der Szene aufgehen. Zwei recht unterschiedliche Typen lassen sich idealtypisch darstellen:

- Die Frauen, die zum ersten Typus gehören, haben eine eigene Wohnung, konsumieren Heroin und/oder Methadon, legen durchaus Wert auf Körperpflege und ein sauberes Äußeres, organisieren ihren beruflichen Alltag einigermaßen durchdacht, können bei den Kontakten zu Freiern selektiv vorgehen und arbeiten überhaupt vorzugsweise mit Stammfrieren; ihre Rendezvous terminieren sie mit dem Handy.
- Die Frauen des zweiten Typus leben auf der Straße und sind auch sonst weitgehend entwurzelt, konsumieren die verschiedensten Drogen, rauchen und spritzen neben Heroin auch Crack, schlucken riegelweise Rohypnol und andere Benzos; sie sind körperlich heruntergekommen und auf jeden Freier angewiesen.

In der Realität reihen sich unsere Interview-Partnerinnen auf der ganzen breiten Skala von Übergängen zwischen der sportlich-sexy auftretenden Zwanzigjährigen, die sich auf Rollerblades durch die Szene bewegt und, kaum aufgetaucht, schon wieder verschwunden ist, und der Vierzigjährigen mit der blutverschmierten Jacke, dem strähnigen Haar und einem einzigen letzten Zahn im Mund, die manchmal stundenlang am Bordstein wartet.



Wenn ich abends on the road geh, dann schmink ich mich schön, zieh mir hautenge Klamotten an, der Arsch muss rauskommen, die Brüste müssen zur Betonung kommen, und dann bin ich die Hure. Tagsüber bin ich die Lilli, ungeschminkt, ja, und abends bin ich die Hure.

Das ist eine viel tiefergehende Selbsterniedrigung oder Verletzung, als man sich das vielleicht so im ersten Moment vorstellt. Diese Kombination aus Ohnmacht, aus Abhängigkeit, aus Ausgeliefertsein und ganz einfach Dreck, Siff. Die Männer sind zum Teil einfach wirklich widerlich. Dann körperliche Schmerzen. Du bist sozusagen schon das Billigste vom Billigen. Also Schlussverkauf und zum zehnten Mal runtergesetzt. Und das ist schon bitter. Es ist noch erniedrigender, nicht wenn du dich an die Straße stellst, sondern wenn du da steh'n bleibst.

Es gibt unter den Drogenprostituierten natürlich jene Frauen, die dem Opfer-Stereotyp der Medien und der Fachliteratur entsprechen. Aber schon die Lebensgeschichten weisen eine erhebliche Vielfalt der Wege in die Szene aus. Ein früher sexueller Missbrauch als letzte Ursache von Drogenkonsum und Prostitution wird kaum erwähnt. Einige Frauen sind nicht über den primären Drogenkonsum zur Prostitution als Finanzierungsmöglichkeit gekommen, sondern hatten bereits Prostitutionserfahrung, bevor sie mit dem Drogenkonsum begannen. Vielen kann man ein durchaus kompetentes Alltagsmanagement bescheinigen, mit privaten Partnerschaften neben Dauerbeziehungen zu bestimmten Freiern und sogar einer Vorsorge in Bezug auf die Drogenversorgung. Abgesehen von Hepatitis und schlechten Zähnen ist die körperliche Verfassung der meisten Frauen nicht so schlecht wie allgemein angenommen, für viele hat Körperpflege auch unter widrigen Verhältnissen hohe Priorität. Die meisten Frauen sind den Freiern nicht hilflos ausgeliefert, sondern selektieren nach bestimmten Kriterien und haben auch ihre Strategien entwickelt, um Gewaltsituationen vorzubeugen.

Der Straßenstrich als unterste Form der Prostitution ist oft keineswegs die einzige Möglichkeit, die ihnen verbleibt, sondern zum Teil bewusst gewählt: Man zahlt keine Zimmermiete wie im Bordell, man hat keine Arbeitszeitvorgaben, man unterliegt nicht dem Zwang,



teure Getränke zu konsumieren, man kann den Arbeitseinsatz je nach Drogenbedarf variieren. Im Unterschied zur professionellen Prostituierten arbeitet die Drogenabhängige in der Regel nur solange, bis sie das Geld für den nächsten Druck oder Stein beisammen hat – das macht sie auch für den professionellen Zuhälter uninteressant.

Die Freier

Freier, die am meisten stigmatisierten Teilnehmer am Prostitutionsgeschäft, haben wir nicht interviewen können. Unser Wissen über sie speist sich aus unseren Beobachtungen und den Berichten der Prostituierten. Typisch für den Drogenstrich ist der Freiercorso, eine Autoschlange, die beständig um die einschlägigen Karrees kreist. Manche Fahrzeuge passierten unseren Beobachtungsposten bis zu vierzig Mal. Allerdings kommt es nur bei einem Teil der Männer überhaupt zum Kontakt mit einer Drogenprostituierten. Der Freiercorso ist nicht nur Anbahnungsphase und Suche nach der »Richtigen«, sondern hat für Voyeure bereits seinen (sexuellen) Eigenwert. Beobachten lässt sich auch folgende Situation: Eine Frau steigt in ein Auto ein und nach einer Umrundung des Karrees wieder aus. Solche Kontaktabbrüche gehen sowohl vom Freier als auch von der Prostituierten aus, beispielsweise weil ihnen ihr Gegenüber missfällt, es zur Nachverhandlung über Preise oder sonstige Bedingungen kommt oder weil die Männer Gewissensbisse bekommen. Eine Komponente bei der Wahl der jeweiligen Frau kann auch der Umstand sein, dass die Frau besonders stark unter Drogeneinfluss steht oder umgekehrt deutliche Anzeichen von Entzugserscheinungen hat, dass sie *auf Affe* oder *affig* ist. In diesem letzten Fall scheint es den Männern eher möglich, den Preis herunterzuhandeln oder besondere Dienstleistungen zu fordern.

Ein Teil der Männer nutzt den Kontakt mit den Prostituierten, um sich mit Drogen zu versorgen. Oft wird gemeinsam konsumiert. Das Risiko des Deals wird an die Frau weitergegeben, und wenn sie die gleichen Drogen zu sich nimmt, erscheint die Qualität des Stoffs vertrauenswürdig. Hier liegt wohl ein bisher wenig beachteter Grund dafür, dass Männer aus einem reichen Angebot an Prostitution gerade die Drogenprostituierten wählen.

Es gibt eine Kategorie Männer, auf die sich besonders einzugehen lohnt: die Stammfreier bzw. *Stammis*. Die Frauen beschreiben das Verhältnis zu Stammfreiern teilweise als ein recht vertrautes Verhältnis: *Wenn man mal nicht kann, kann man ja irgendjemand anrufen und sagen: 'Kannst du vorbeikommen? Mir geht's nicht gut'.* Einige Interviewpartnerinnen erzählen von Freiern, die schon seit mehreren Jahren regelmäßig zu ihnen kommen. Ein Teil der Frauen, vor allem diejenigen, die Methadon bekommen und dadurch weniger zum Anschaffen gezwungen sind, arbeiten fast nur noch mit Stammkunden. Das bietet ihnen sowohl in wirtschaftlicher Hinsicht als auch in Bezug auf körperliche Unversehrtheit mehr Sicherheit. Die meisten interviewten Frauen berichten, dass diese Stammkunden ihnen auch Geld zu stecken, ohne dass sie ihnen eine unmittelbare Gegenleistung dafür bieten. Sie finanzieren ihnen zum Teil ihren Drogenbedarf. Bei alleinstehenden Männern finden die Frauen zeitweise Unterkunft. Die so genannten

Samariter- oder Sozialfreier entwickeln diverse Erlöser- und Rettungsphantasien.

Die zahlen dann gut und dann sagen sie: »Du, ich will dir helfen, davon loszukommen.« Und wenn du sagst: »Ich will schon bei dir wohnen, wenn ich versorgt werde, aber ich will es weiter nehmen«, dann blocken sie ab. Die wollen dich alle nur von der Droge wegbringen. Die wollen gar nicht den Hintergrund wissen, warum du da bist. Und dann wollen die den lieben Gott spielen, und du müsstest ihnen dann die Füße küssen und froh sein, ihren Haushalt zu führen.

Es erfordert also einiges Geschick und viel Kompetenz, dieses Beziehungsspiel auszutarieren, das heißt, den Balanceakt zwischen persönlichem Verhältnis und Geschäftsbeziehung zu meistern. Noch dazu müssen die Frauen meist mehrere solcher Beziehungen regeln. Daneben haben einige Drogenprostituierte Beziehungen zu Dealern oder anderen Szeneangehörigen, die zum Preis sexueller Verfügbarkeit ihren Drogenbedarf abdecken. Diese Zweckbeziehungen werden auch zum Schutz vor Gewalt eingegangen. Ebenso erzählen Frauen



»Was macht ihr hier, wenn ihr nichts macht?« Studentische Forschung auf der Drogenszene

An dem Projektseminar »Drogenprostitution in Frankfurt« haben sowohl Studierende mit Erfahrung in der Drogenhilfe als auch Studierende, die ihre Kenntnisse aus Lehrveranstaltungen zur Drogenproblematik vertiefen wollten, über vier Semester teilgenommen. Die 22 Teilnehmerinnen und Teilnehmer mussten bereit sein, sich viel Engagement und Zeitaufwand diesem Projekt zu widmen.

Die Datenerhebung erfolgte mit den klassischen qualitativen Methoden der ethnographischen Forschung, der in Feldnotizen festgehaltenen Beobachtung und vor allem dem themenzentrierten Interview. Für die insgesamt 26 meist mehrstündigen Interviews wurde ein Leitfaden ausgearbeitet, auf den man aber nur bei Bedarf ergänzend zurückgriff, um den im Prinzip angestrebten narrativen Charakter nicht zu stören. Die Interviews wurden anschließend im Seminar vorgestellt und diskutiert, dabei im Stil der »grounded theory« (Glaser/Strauss 1998) allgemeine Thesen entwickelt, die durch weitere Feldarbeit überprüft wurden, so dass langsam ein plausibles Mosaik der Lebenswelt von Drogenprostituierten entstand.

Diese Lebenswelt ist übrigens, obwohl oberflächlich gesehen jedermann zugänglich, doch in be-

sonderer Weise durch doppelte Tabuisierung »verdeckt«: Gebrauch illegaler Drogen und Prostitution. Das hat für ihre Erforschung Vor- und Nachteile. Die Freude an der Entdeckung neuer Fakten kam leichter und schneller auf als in anderen Forschungsbereichen, stieß aber oft genug auf den Vorwurf, nur von der frivolen Neugier am Exzentrischen motiviert zu sein. In diesem Zusammenhang wurden sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer immer wieder der besonderen Bedeutung der Geschlechterrollen bewusst. Frauen sahen sich als Beobachterinnen unvermittelt in die Rolle von Anbieterinnen auf dem Drogenstrich versetzt, in der sie potenzielle Freier verwirrten: Sie täuschten, um nur ein Beispiel zu nennen, eine Unkenntnis des Anbahnungscodes (»Machst du was?«) vor und gingen nicht auf die Situationsdefinition der Freier ein, worauf diese oft ärgerlich reagierten (»Was machst du hier, wenn du nichts machst?«). Eine solche Verfremdung von als selbstverständlich angenommenen Situationen nach dem Vorbild von Garfinkels Ethnomethodologie (Garfinkel 1967) ist, bei aller Peinlichkeit, ein gutes Mittel, sich die auf der Szene herrschenden informellen Regeln bewusst zu machen. Frauen hatten andererseits weniger Probleme bei den Interviews. Männer hatten im Status des

potenziellen Freiers einen einfacheren Zugang als Beobachter, dafür erhebliche Rollenprobleme



bei den Interviews, da sie manchmal die ihnen zugewiesene Rolle des auf Verbalerotik fixierten Freiers, der nur reden will, abwehren mussten. Verwirrungen dieser Art haben aber, ihrerseits immer wieder thematisiert, zweifellos zur Erkenntnis beigetragen.

Im Stadium der Datenauswertung wurden die Interviews dann transkribiert und codiert, schließlich von Untergruppen zusammenfassende Papers zu einzelnen Schwerpunkten geschrieben. Eine der vier Diplomarbeiten, die aus der Arbeit des Seminars hervorgegangen sind, erscheint in diesem Jahr als Buch. Die Reihe der Projektseminare, über die bereits in Forschung Frankfurt 4/1999 (»Kokain in Frankfurt«) berichtet wurde, wird seit dem Sommersemester 2002 mit dem neuen Thema »Crack in Frankfurt« fortgesetzt.

Als Studierende waren an dem Projekt beteiligt: Alexandra Ahr, Christiane Bernard, Eva Dierksmeier, Melanie Forgas, Klara Kraft, Anne Kronenberger, Antje Langer, Alexandra Mazzucco, Dr. Christian Mehrkühler, Sebastian Meissner, Peter Milde, Marion Ott, Manuela Reinhardt, Martina Riebling, Jens Reuter, Martina Rützel, Sonja Rost, Birgit Scherr, Nadja Shashawar, Michael Stenzel, Claudius Terkowsky und Stefanie Wiese.



davon, dass sie ihren Partner, indem sie sich prostituieren, mitversorgen. Die jeweiligen Partner übernehmen dann eine zuhälterähnliche Rolle.

Die Interaktionen

Drogenprostituierte müssen auffällig und unauffällig zugleich sein. Sie müssen für die Freier sichtbar sein. Aber sie arbeiten in der Sperrzone, wo der Straßenstrich verboten (und nur die Bordellprostitution erlaubt) ist, müssen vor Polizei und Ordnungsamt auf der Hut sein und sich gegebenenfalls ständig bewegen, um einem Platzverweis oder einer Geldstrafe zu entgehen.

Es ist schon öfter passiert, wenn ich mit nem Kunden auf'm Platz war, und dann kommt die Polizei, da sag ich noch schnell meinen Namen und er seinen, und dann sagen wir: Wir kennen uns. Er hat Probleme, Frau, Familie und so, und wir wollen als uns unterhalten über die Dinge. Wir kennen uns schon länger. Und das langt dann. Sie glauben es zwar trotzdem nicht, aber sie können doch nichts machen.

Drogenprostituierte arbeiten im Gegensatz zu den professionellen in der Regel nicht mit einer unverwechselbaren Kleidersymbolik, sie versuchen eher, das normale Mädchen herauszukehren. Sie geben potenziellen Kunden durch Schlendern am Straßenrand zu erkennen, dass sie verfügbar sind, oder indem sie vor einer Reihe parkender Autos stehen (während sie anzeigen, »hinter der Bühne« und nicht ansprechbar zu sein, indem sie in einem Hauseingang sitzen oder sich in einer Gruppe anderer Junkies aufhalten). Zudem definiert der spezifische Ort des Drogenstrichs schon die Situation, in der dann Blickkontakte und ein im sonstigen Alltag unübliches Anstarren und Abschätzen beiderseits die verbale Interaktion anbahnen. Diese beginnt meist mit unverfänglichen Floskeln, die aber bei den Milieuvertrauten ihren klaren Sinn als Codes bekommen: *Wie siehts'n aus? Na, alles klar? Haste Zeit? Willste was machen? Na, brauchst 'n bisschen Kontakt?* Nach den Gegenfragen *Wieviel?* oder *Was machst du denn so?* sind die beiderseitigen Rollen endgültig definiert und das Verhandlungsgespräch kann beginnen. Dabei stehen im Vordergrund die Preise sowie der zeitliche Rahmen, Ort und Art der Leistungserbringung. Nicht selten bleibt es bei solchen Vorgesprächen. Entweder wird man sich nicht handelseinig, oder die Männer schrecken zurück, wollten womöglich von vornherein nur mit der Möglichkeit spielen und daraus ihren Genuss ziehen, oder die Frauen wittern eine Gefahr. Viele lehnen auch ausländische Kunden ab, die als unberechenbar und gewalttätig gelten. Wird man sich einig, steigen die Frauen meist in das Auto des Kunden und dirigieren ihn zu einem ruhigen Parkplatz. Manche haben sich darauf spezialisiert, in Videokabinen zu arbeiten, und warten vor diesen auf ihre Kundschaft. Hier sind die Preise niedriger, die Anfahrtswege entfal-

len, und die Sicherheit für die Prostituierte ist größer. Kunden, die ein Hotel vorziehen und für das Zimmer gesondert bezahlen, erwecken die Hoffnung, dass sie sich auch sonst noch mehr Geld entlocken lassen.

Denn von beiden Seiten wird nicht selten versucht, im Laufe der Interaktion über den abgesprochenen Vertrag hinauszugehen. Die Frauen versuchen beispielsweise zu *kobern*. *Also immer so reden, dass du immer mehr Geld rausholst. Komm, wir machen es uns ein bisschen gemütlich. Hier, ich hab vielleicht nen geilen BH an oder ich streichel dich noch besonders.* Den Freiern hingegen gelingt es manchmal, trotz gegenteiliger Absprache doch noch ohne Kondom zum Ziel zu kommen.

Manchmal wird der Vertrag auch zum Schaden des Partners einseitig gebrochen.

Ich link die ja auch sehr viel ab. Ich fahr mit denen ins Parkhaus, kassier Geld, sag, ich muss Pipi machen, und geh. Weil wenn ich jetzt zum Beispiel affig bin, dann bring ich so Aktionen, wie wir fahr'n ins Parkhaus und ich muss Pipi oder ich hol noch schnell was zu rauchen.

In gewissem Sinne ein Vertragsbruch seitens der Freier und natürlich der gefährlichste Bruch des für jede Geschäftsbeziehung notwendigen Vertrauens auf einen programmgemäßen Ablauf der Tauschaktion ist die Gewaltanwendung. Die besondere Notsituation, die zur Drogenprostitution führt, etabliert hier ein besonderes Machtgefälle vom Freier zur Prostituierten (das in der professionellen Prostitution eher umgekehrt verläuft). Darin liegt ein weiterer Grund, dass nicht nur drogeninteressierte und Samariterfreier, sondern auch gewaltgeneigte Freier Drogenprostituierte bevorzugen. Fast alle Frauen berichten von teilweise erschütternden Gewalterlebnissen. Die Drogenhilfe hat eine Hotline eingerichtet und verteilt eine regelmäßig aktualisierte Broschüre, in der gewalttätige Freier und ihre Autos beschrieben werden. Auch das Sittendezernat der Polizei hat sich die Verfolgung gewalttätiger Freier zur vordringlichen Aufgabe gemacht und wird von den Frauen mittlerweile durchaus geschätzt.



Literatur

Burawoy, Michael: *Ethnography Unbound. Power and Resistance in the Modern Metropolis*, Berkeley 1991.

Garfinkel, Harold: *Studies in Ethnomethodology*. New York 1967.

Glaser, Barney G./Anselm Strauss: *Grounded Theory. Strategien qualitativer Forschung*. Göttingen 1998 (englisch 1967).

Goffman, Erving: *Wir alle spielen Theater. Die Selbstdarstellung im Alltag*. München 1969 (englisch 1959).

Goffman, Erving: *Rahmen-Analyse. Ein Versuch über die Organisation von Alltagserfahrungen*. Frankfurt 1996 (englisch 1986).

Kemmesies, Uwe: *Die ‚offene Drogenszene‘ und das Gesundheitsraumangebot in Frankfurt am Main, Münster*: INDRO 1995.

Langer, Antje: *Klandestine Welten. Mit Goffman auf dem Drogenstrich* (erscheint demnächst).

Letztlich aber muss jede Frau eigene Strategien entwickeln. Ihre Erfahrungen bestimmen, was sie als warnende Hinweise empfindet: eine Antipathie beim ersten Kontakt; ein plötzliches Angstgefühl, das sich über körperliche Signale wie Magenverstimmung äußert; ein Firmenlogo am Zündschlüssel oder die besondere Sauberkeit des Wagens – Anzeichen dafür, dass es sich um einen Leihwagen handelt; das Fehlen des Türgriffs auf der Innenseite der Beifahrertür. Fährt der Freier nicht zum abgesprochenen Parkplatz, ist das ein schrilles Alarmsignal. In solchen Fällen versuchen die Frauen, an einer Ampel aus dem Wagen zu fliehen. Viele Frauen sehen Gewalt als ein interaktives Geschehen und setzen darauf, dem möglichen Vertragsbruch des Freiers durch strikte Einhaltung des Vertrags ihrerseits vorzubeugen.

Ich denk mir, das liegt an dem Umgang, wie man mit denen umgeht und ob man korrekt ist und so. Ich mach meine Arbeit korrekt, ich halt mich an Absprachen. Die bezahl'n anständig, die halten sich auch an die Sachen, und, wie gesagt, das liegt also teilweise wirklich an den Mädchen. Weil, ich kann nicht sagen, ich mache das und das für den Preis und fahr auf'n Platz und bunker das Geld und sag nur: Nee, das will ich aber nicht und das mach ich aber nicht ... Ich sag mal, die Mädchen, die haben sich ihre Kunden erzogen. So wie die sie behandelt haben, sind die auch geworden.

Dass die Drogenprostituierten so häufig ihre eigene »Korrektheit« betonen, klingt aber auch wie eine verzweifelte Beschwörung der eigenen Fähigkeit zum Risikomanagement – und ist außerdem ein Mittel, sich als anständige von den anderen, schlechten, vertrauensunwürdigen Frauen auf dem Drogenstrich abzugrenzen.

Es kommt durchaus vor, dass der Freier sein Erlebnis durch ein Nachspiel aufzuwerten versucht. *Wenn du ... so im Auto sitzen bleibst und dich mit denen unterhältst und so. Mir ist schon passiert, dass ich mit jemand dann gegessen bin und der hat mir zuerst nen Hunni gegeben, und nach der Viertelstunde Unterhalten, dann hat er mir noch nen Zwanni gegeben...* Meist jedoch erfolgt nach schnellem Sex eine schnelle Trennung. *Da muss ich was einfahrn, ganz schnell und viel. Das ist ein Fass ohne Boden. Du fängst dann an, so viel einzufahrn, weil du machst das ja rund um die Uhr: Freier, Druck. Freier, Druck. Freier, Druck...*

Die Perspektiven

Es sind so viele Jahre vergangen, Jahre, die einfach so weggefliegen sind. Wo du gar nix, ja, nach zehn Jahren drehst du dich um, und du hast immer noch nix, ja.

Meine Kinder sind der einzige Grund, warum ich noch nicht tot bin, und ich wär ganz gern tot. Ich muss noch warten, bis die achtzehn sind.

Ein Häuschen mit Garten. Ein Wachhund. Im Sommer schwimmen und Fahrrad fahren. Eigentlich zu viel. Oder?

Ich bin HIV-infiziert und hab Hepatitis C und ich weiß genau, dass ich jetzt nich, was weiß ich, fünfzig Jahre einen vormachen kann oder vierzig. Und ich mein, ich leb jetzt noch, solange wie's geht, einigermaßen drogenfrei. Aber trotzdem guck ich, dass ich noch ein bisschen Spaß am Leben

hab, und für mich hat's jetzt keinen Sinn, jetzt total solide zu werden und brav zu Hause zu sitzen und putzen zu gehen oder so.

Nein, nein, ich fühl mich kein bisschen minderwertig. Es sei denn, ich hab den Blues, und wenn ich den Blues hab, dann fühl ich mich manchmal ein bisschen minderwertig. Aber am nächsten Morgen wach ich auf und schüttel den Kopf und denk mir: Haste wieder zu viele Pillen gefressen, haste wieder den Blues gehabt oder haste wieder zu viel gesoffen, ja bist du eigentlich bescheuert! Du ziehst dein Ding durch und lässt dich nicht unterkriegen, und das in der Szene, seit 25 Jahren, das soll mir erst mal einer nachmachen. ♦

Die Autoren



Dr. Rafael Behr (rechts), 44, war Polizeikommissar, studierte dann Soziologie und ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Sozialpädagogik und Erwachsenenbildung der Universität Frankfurt. Sein Buch »Polizei und sozialer Wandel« wurde 1994 mit dem Preis der Polizeiführungsakademie ausgezeichnet. Seine Dissertation »Cop Culture: Der Alltag des Gewaltmonopols« erschien 2000 als Buch und erhielt im selben Jahr ebenfalls den Preis der Polizeiführungsakademie. Seine Arbeitsschwerpunkte sind zur Zeit die Organisationsentwicklung und Supervision.

Prof. Dr. Henner Hess (links), 62, studierte Soziologie in Heidelberg, Lexington und Paris und promovierte 1967 nach längerem Forschungsaufenthalt in Sizilien über die Mafia. Von 1968 bis 1979 war er wissenschaftlicher Assistent am Institut für Kriminologie der Universität Heidelberg, wo er sich 1976 mit einer Arbeit über »Abweichung und soziale Kontrolle in vorstaatlichen Gesellschaften« habilitierte. 1979 wurde er auf den Lehrstuhl für Kriminologie an der Rijksuniversiteit Utrecht berufen, seit 1982 ist er Professor am Fachbereich Erziehungswissenschaften an der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Seine

Hauptarbeitsgebiete waren in den vergangenen Jahren – in Frankfurt und für drei Semester auch als Visiting Scholar an der New York University School of Law – die kriminologische Theorie, Fragen der Kriminalpolitik und die Drogenproblematik. Ein Dutzend seiner rund hundert Buch- und Zeitschriftenveröffentlichungen wurden ins Englische, Italienische, Spanische, Französische und Niederländische übersetzt. Für sein Buch »Mafia« erhielt er die italienischen Literaturpreise Premio Nazionale Iglesias 1973 und Premio Nazionale Empe-docle 1982. In der Ausgabe 4/1990 von Forschung Frankfurt erschien sein Beitrag »Drogenpolitik als Kunst des Möglichen«, in Heft 4/1999 »Kokain in Frankfurt«.

Diplom-Pädagogin **Antje Langer**, 28, studierte Erziehungswissenschaften und ist wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für Sozialpädagogik und Erwachsenenbildung in Frankfurt sowie am Institut für Erziehungswissenschaften der Universität Gießen. Ihre detaillierte Studie über die Interaktionsprozesse zwischen Drogenprostituierten und deren Freiern, die im Rahmen des Forschungsprojekts entstanden ist, erscheint demnächst als Buch mit dem Titel »Klandestine Welten – Mit Goffman auf dem Drogenstrich«.

»Wirtschaftsfaktor Universität« schafft mehr als 4400 Stellen im Rhein-Main-Gebiet

Studie weist nach: Die Universität wirkt wie ein großes Unternehmen auf die Region



Die Universität ist nicht nur »ein Warenhaus kostbarer Güter« zur Entwicklung unseres Wissens, sie ist auch ein Wirtschaftsunternehmen mit erheblichen Auswirkungen auf die Region.

In der Wissensgesellschaft wird die Universität oftmals als »ein Warenhaus kostbarer Güter«^{1/1} gesehen, das der Vermittlung und Fortentwicklung unseres Wissens dient. Dabei gerät leicht aus dem Blick, dass Universitäten auch Wirtschaftseinheiten von erheblicher regionaler Bedeutung sind, die wichtige Impulse für regionale Wirtschaftskreisläufe geben. Was in kleinen Universitätsstädten offenkundig ist, wird in großen Metropolen wie Frankfurt am Main zur schwierigen Rechenaufgabe.

Untersuchungen über die wirtschaftlichen Auswirkungen von Hochschulen sind keineswegs neu^{1/2}. Allerdings flammt gegenwärtig das Interesse an derartigen Studien wieder auf; offensichtlich tritt die wirtschaftliche Funktion von Hochschulen wieder ins öffentliche Bewusstsein. Wir haben erstmalig den Versuch unternommen, die wirtschaftliche Bedeutung der Johann Wolfgang Goethe-Universität in ihrer Region in Zahlen zu fassen. Im Vordergrund stehen die Wirkungen, die die Universität für Beschäftigung und Einkommen der Haushalte in der Region erzielt. Die Ergebnisse

der Studie zeigen, dass die Universität Frankfurt durch den Umfang ihrer Ausgabenflüsse und ihrer Verflechtungen wie ein großes Wirtschaftsunternehmen der Rhein-Main-Region zu betrachten ist.

Die methodischen Wege einer regionalen Wirkungsanalyse von Universitäten sind bekannt, doch Recherche, Sammlung, Bereinigung, Auswertung und Aufbereitung der benötigten Einkommens-, Ausgaben- und Beschäftigtendaten sind sehr aufwändig und arbeitsintensiv. Gerade deshalb ist das Thema gut geeignet, Forschung und Lehre miteinander zu verbinden. Im Diplom-Studiengang für Geographen sind forschungsbezogene Projektveranstaltungen verpflichtend, aus denen derartige Studien entstehen können. Im Unterschied zu ökonomischen Wirkungsanalysen anderer Hochschulen musste die vorliegende Untersuchung ohne Zusatzfinanzierung auskommen.

Die Beurteilung der wirtschaftlichen Wirkungen einer Universität fußt auf einem Modell und Annahmen über regionale Wirkungszusammenhänge. Unsere Ergebnisse können nur eine plausible Abschät-

zung der tatsächlichen ökonomischen Wirkungen der Universität Frankfurt darstellen: Auf Grund der hohen Komplexität und enormen Vielfalt der zusammengeführten Daten und auf Grund der Unterschiedlichkeit der eingehenden Datenquellen weisen die Ergebnisse zwangsläufig noch Ungenauigkeiten und Unvollständigkeiten auf. Erschwerend kommt hinzu, dass das Universitätsklinikum und die Kernuniversität ihre Daten auf unterschiedliche Weise organisieren. Um Sondereinflüsse durch die Auswahl eines einzelnen Untersuchungsjahrs auszuschließen, bezieht sich die Studie soweit möglich auf einen Dreijahres-Durchschnitt der von der Universität bewirkten Ausgabenströme Ende der 1990er Jahre. Auf Grund stagnierender Ausgaben dürften die Ergebnisse heute nach wie vor zutreffen.

Wirtschaftliche Wirkungen besitzen eine unterschiedliche geographische Reichweite. Vorstudien zeigten eine große Übereinstimmung der Reichweite der Johann Wolfgang Goethe-Universität mit dem Bereich der Berufspendler-Verflechtungen Frankfurts; die von uns

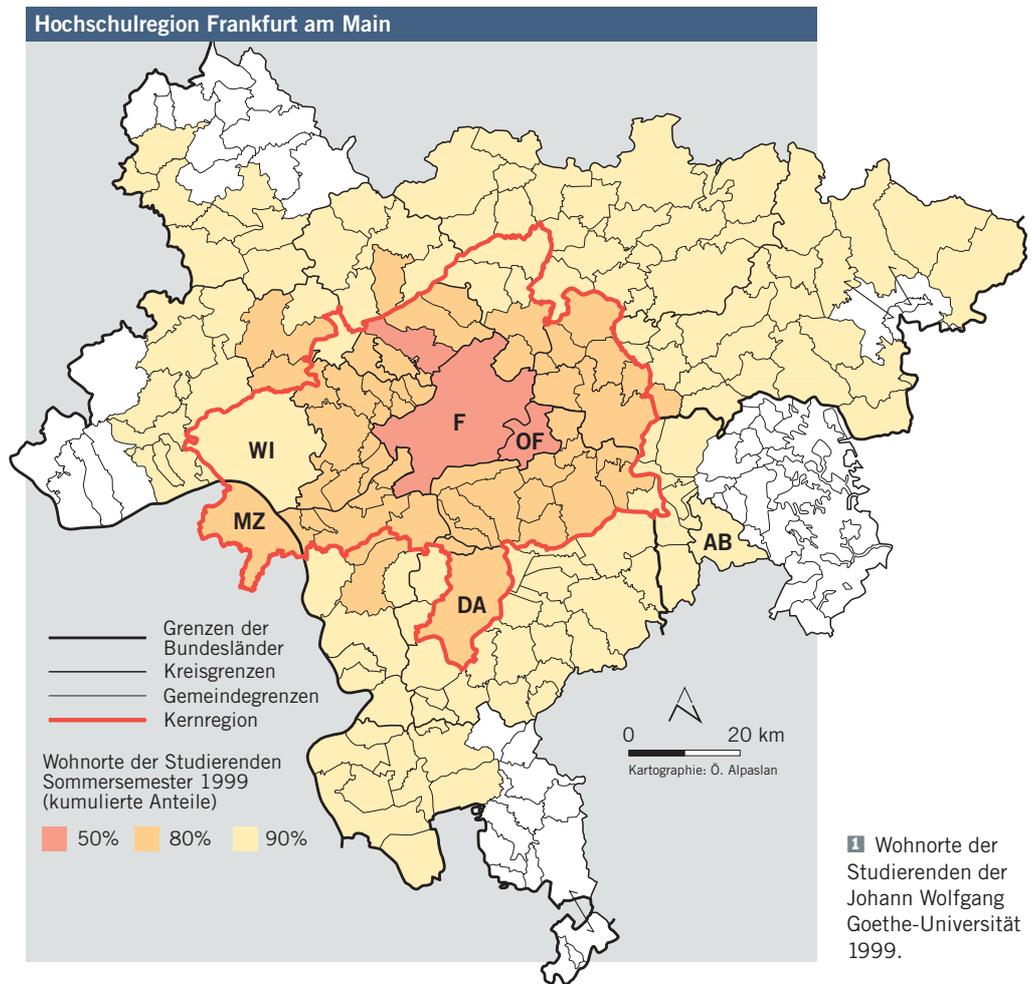
definierte Wirkungsregion entspricht im wesentlichen der Wirtschaftsregion Rhein-Main **1**. Für die detaillierte Analyse wurde zudem eine engere Kernregion (in Ost-West-Richtung von Hanau bis Mainz und in Nord-Süd-Richtung von Friedberg bis Darmstadt) abgegrenzt, auf die sich über 90 Prozent der in die Hochschulregion fließenden Ausgaben- und Einkommensströme konzentrieren.

Beschäftigungseffekte innerhalb und außerhalb der Universität

Eine Wirtschaftseinheit wie die Universität löst in ihrer Region sowohl Angebots- als auch Nachfrage-Effekte aus. Wirkungsanalysen von Hochschulen messen im allgemeinen Nachfrage-Wirkungen, die aus der direkten Beschäftigung an der Universität, den Ausgaben der Studierenden sowie den Sachausgaben entstehen und die sich auf Grund einer modellgestützten Schätzung auf Beschäftigung und Einkommen in anderen Wirtschaftssektoren der Region auswirken.

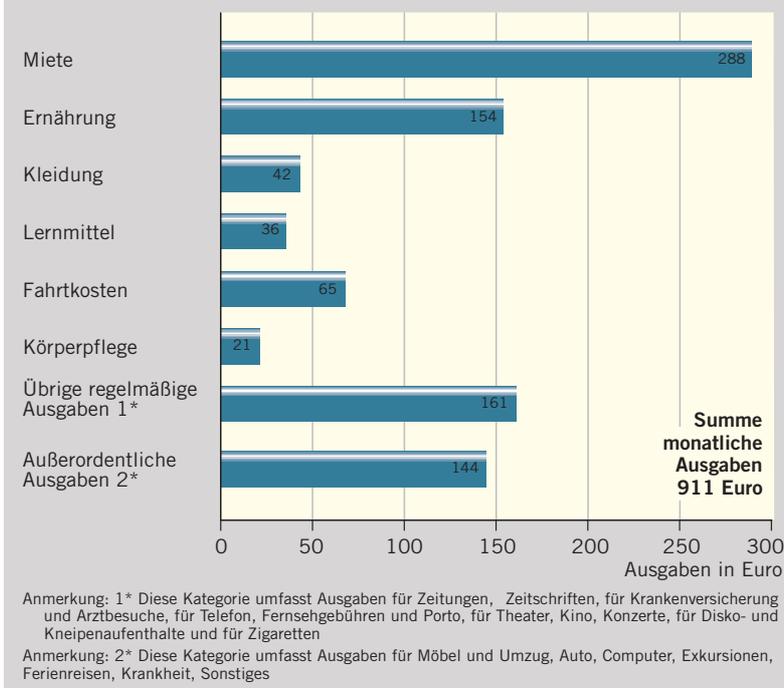
Bei den Beschäftigungseffekten muss man zwischen primären und sekundären Effekten unterscheiden: Die Goethe-Universität hatte 1999 insgesamt mehr als 10 200 Beschäftigte, davon etwa 5600 in der Kernuniversität und 4600 im Universitätsklinikum (primäre Effekte). Es handelt sich dabei allerdings nicht ausschließlich um Vollzeit-Beschäftigte, sondern auch um Teilzeit-Arbeitskräfte, studentische Hilfskräfte und Lehrbeauftragte der Universität. Um die sekundären Effekte auf die Beschäftigung in der Region insgesamt zu schätzen, wurden zunächst die Ausgaben des Universitätspersonals nach Ausgabearten differenziert, diese einzelnen Branchen zugeordnet und dann mit dem Arbeitsplatzkoeffizienten (Anzahl der Beschäftigten je 1 Million Euro Umsatz) der jeweiligen Branche gewichtet. So ergab sich, dass die Personalausgaben der Universität noch einmal rund 1000 (Vollzeit-)Arbeitsplätze in anderen Wirtschaftsbereichen der Region induzieren.

Die über 36 000 Studierenden der Universität Frankfurt im Jahr 1999 bewirkten sogar eine noch höhere regionale Nachfrage. Eine Sonderauswertung des Deutschen Studentenwerks beschreibt ihre Ausgaben sehr differenziert **2**. In analoger



1 Wohnorte der Studierenden der Johann Wolfgang Goethe-Universität 1999.

Monatliche Ausgaben eines Normalstudierenden



2 Die Ausgaben der über 36 000 Studierenden an der Johann Wolfgang Goethe-Universität im Jahre 1999 wurden in einer Sonderauswertung des Deutschen Studentenwerks detailliert aufgeführt. (Quelle: Schätzung nach Studentenwerk Frankfurt am Main 1998).

Weise geschätzt, erzeugen die studentischen Ausgaben in der Region zusätzlich rund 2500 Arbeitsplätze. Schließlich entstehen durch die Sachausgaben der Universität weitere 620 und durch Bau- und Investitions-

ausgaben nochmals 260 Arbeitsplätze in der Region. Zusammen genommen werden durch die Universität neben den über 10200 direkt Beschäftigten zusätzlich mehr als 4400 (Vollzeit-) Arbeitsplätze in

Regionale Beschäftigungseffekte der Universität Frankfurt

Quelle des Beschäftigungseffekts	Ausmaß des Effekts (Anzahl Beschäftigte)
Primärer Beschäftigungseffekt	
– Beschäftigte an der Universität	10231
Sekundärer Beschäftigungseffekt, davon durch:	
– Studierende	2522
– Universitätsbeschäftigte	1023
– Sachausgaben	619
– Bau- und Investitionsausgaben	259

3 Neben den über 10 000 Beschäftigten der Universität (inklusive Klinikum) werden durch Aktivitäten der Studierenden und Beschäftigten sowie durch Sach- sowie Bau- und Investitionsausgaben der Universität noch einmal mehr als 4400 Arbeitsplätze in der Region geschaffen. (Quelle: Berechnungen der Autoren)



Die Studierenden der Universität Frankfurt - im Wintersemester 2001/2002 waren über 38 000 immatrikuliert – erhöhen mit ihren Ausgaben die regionale Nachfrage.

Regionale Einkommenseffekte der Universität Frankfurt

Ausgabengruppen	Regionaler Einkommenseffekt	
	absolut (in Mio. Euro)	relativ (in %)
Studierende	319,7	55,7
Universitätsbeschäftigte	141,7	24,7
Sachausgaben	84,6	14,7
Bau- und Investitionsausgaben	28,3	4,9
Gesamt	574,3	100,0

4 Wie wirkt sich die Universität auf die Einkommen der Region aus? (Quelle: Berechnungen des Autors)

anderen Sektoren der Region geschaffen 3.

Wie viel Einkommen schafft die Universität in der Region? Um die Einkommenseffekte in der Hochschulregion zu ermitteln, haben wir zunächst die Netto-Einkommen geschätzt, die in die Wohnorte der Universitätsbeschäftigten fließen. Dabei mussten jedoch vereinfachende Annahmen getroffen werden: Da-

nach werden die Einkommen des in der Hochschulregion wohnenden Personals vollständig auch innerhalb der Hochschulregion ausgegeben und die Einkommen des außerhalb wohnenden Personals komplett regionsextern verausgabt. Durch die Ausgaben der Universitätsbeschäftigten fließen jährlich etwa 277 Millionen DM (142 Millionen Euro) in andere Wirtschafts-

zweige der Region, das ist etwa ein Viertel der Gesamtausgaben von Universität, Beschäftigten und Studierenden in die Region.

Um Einkommenseffekte der Studierenden zu berechnen, wurde angenommen, dass die Ausgaben der Studierenden in voller Höhe ihrem verfügbaren Einkommen entsprechen. Zudem wurde die gleiche Annahme über die Ausgabe-Region getroffen wie bei den Beschäftigten der Universität. Anschließend wurden die Studierenden nach Wohnstandorten und Wohnverhältnissen unterschieden. So lassen sich zunächst Studierende abgrenzen, die in der Hochschulregion wohnen und hier ihre gesamten Ausgaben tätigen. Diese werden ferner unterteilt in »Eltern-Wohner« und Studierende mit eigener Wohnung. Hinzu treten Einpendler aus einem Wohnumland (bis zu 100 Kilometer) sowie auswärtige Studierende aus einem weiteren Umkreis. Für diese Gruppen konnten analog zu anderen Erhebungen unterschiedliche Ausgabestrukturen abgeschätzt werden. Insgesamt fließen pro Jahr 625,3 Millionen DM (317 Millionen Euro) als Ausgaben der Studierenden in die Hochschulregion und werden dort als Einkommen in anderen Sektoren wirksam. Dies ist für manche vielleicht ein überraschendes Ergebnis, zeigt es doch, dass der größte Teil der ermittelten ökonomischen Wirkungen der Johann Wolfgang Goethe-Universität (55 Prozent) durch die normalen Ausgaben der Studierenden für ihre Lebenshaltung bedingt sind.

Die Einkommenseffekte, die sich aus den Sachausgaben sowie den Investitions- und Bauausgaben (ohne Sondermittel des Landes) ergeben, machen zusammen etwa 221 Millionen DM (113 Millionen Euro) aus und entsprechen damit rund 20 Prozent der ökonomischen Wirkung der Universität in ihrer Region 4.

Die Gesamtrechnung

Halten wir fest: Bezogen auf die Einkommenseffekte der Johann Wolfgang Goethe-Universität in ihrer Region tragen die Studierenden mit 55 Prozent, die Beschäftigten mit 25 Prozent und die Sachausgaben mit knapp 20 Prozent zum Ergebnis bei. Ende der 1990er Jahre flossen insgesamt jährlich Mittel in Höhe von 1,12 Milliarden DM (0,57 Milliarden Euro) durch die Ausgaben der Uni-



Mehr als 10200 Beschäftigte hatte die Johann Wolfgang Goethe-Universität im Jahr 1999, auf das sich die Studie bezieht; allein 4600 davon waren im Universitätsklinikum tätig.

versität Frankfurt, ihrer Mitarbeiter und Studierenden in die Hochschulregion. Das umfasst jedoch nur die erste, direkte Wirkungsrunde der Universität. Die Ausgaben werden in einer zweiten Wirkungsrunde zu Einnahmen bei anderen Unternehmen der Region, die in weiteren Wirkungsrunden im Verlauf eines Jahres wiederum zu Ausgaben und Einnahmen werden. Das führt zu einem regionalen Multiplikatorprozess.

Zwar fließt ein Teil der Gelder durch Steuerzahlungen und Güterimporte wieder aus der Region ab. Ein Restbetrag wird jedoch für Güter und Dienstleistungen aufgewendet, die in der Region hergestellt worden sind. Um einen Eindruck über die regionalen Multiplikatorwirkungen der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu erlangen, wurde ein vereinfachtes regio-

nales Kreislaufmodell zugrunde gelegt^{13/}. Da eine exakte Ermittlung nicht möglich war, wurden zwei Szenarien entwickelt, ein optimistisches mit einer niedrigen regionalen Importquote von 45 Prozent und ein pessimistisches mit einer hohen Importquote von 70 Prozent. Das bedeutet einen regionalen Multiplikator zwischen 1,32 und 1,15. Dies ist durchaus realistisch, wenn man beispielsweise den im Mediationsbericht zur Flughafenerweiterung des Flughafens Frankfurt am Main verwendeten Einkommensmultiplikator für Hessen in Höhe von 1,26 betrachtet^{14/}. Unter den Annahmen der dargestellten Szenarien liegen die regionalen Gesamteffekte durch die Ausgabenflüsse der Universität Frankfurt über alle Wirkungsrunden hinweg zwischen 1,3 und 1,5 Milliarden DM (0,66 bis 0,77 Milliarden Euro) pro Jahr. ◆

Die Autoren

Prof. Dr. Harald Bathelt und **Prof. Eike W. Schamp** lehren und forschen beide im Institut für Wirtschafts- und Sozialgeographie. Prof. Schamp hat kürzlich gemeinsam mit Prof. Josef Esser die sozialwissenschaftlichen Ergebnisse des Sonderforschungsbereichs »Metropolitane Region in der Vernetzung« publiziert (siehe »Die Region in der ›network society‹«, Seite 37). Prof. Bathelt wurde im vergangenen Jahr wegen seiner Lehrveranstaltungen, bei denen Studierende den Forschungsprozess »by doing« kennen lernen, mit dem 1822-Universitätspreis für exzellente Lehre ausgezeichnet. Auch die Grundlagen für die hier vorgestellte Studie wurden in einer solchen Veranstaltung von Studierenden erarbeitet. Als Studierende waren an der Studie beteiligt: Claudia Ames, Frank Beyer, Katrin Griebel, Frank Kobiela, Björn Majer, Alexander Milde, Christopher Schanz-Surié und Carina Schumacher.

Literatur

^{1/1} Van der Wusten, H. (1998): A Warehouse of Precious Goods. In: Van der Wusten, H. (Hrsg.): The Urban University and its Identity: Roots, Location, Roles. Dordrecht, S. 1 – 13.

^{1/2} Meusburger, P. (1998): Bildungsgeographie: Wissen und Ausbildung in der räumlichen Dimension. Heidelberg.

^{1/3} Bathelt, H./ Schamp, E. W. (2002): Die Universität in der Region: Ökonomische Wirkungen der Johann Wolfgang Goethe-Universität in der Rhein-Main-Region. Frankfurter Wirtschafts- und Sozialgeographi-



sche Schriften – Heft 71. Institut für Wirtschafts- und Sozialgeographie, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main.

^{1/4} Arbeitsgemeinschaft Bulwien und Partner GmbH/J. W. Goethe-Universität

Frankfurt am Main, Institut für Statistik und Ökonometrie/TU Darmstadt, Fachgebiet Finanz- und Wirtschaftspolitik (1999): Einkommens- und Beschäftigungseffekte des Flughafens Frankfurt am Main:

Status quo-Analysen und Szenarien, Teil C. Gutachten im Auftrag der Mediationsgruppe Flughafen Frankfurt. München, Frankfurt am Main, Darmstadt.

Die Orientierung der Zugvögel

Wie Vögel ihren Weg finden



Die Gartengras-
mücke *Sylvia borin*
überwintert in
Zentralafrika. Bei
ihrer Wanderung
ändert sie mehr-
fach ihren Kurs,
um ökologische
Barrieren wie Gebirge,
Meere oder
Wüsten zu vermei-
den.

Aus allen Wirbeltiergruppen sind Vertreter bekannt, die Wanderungen unternehmen, um geeignete Brutgebiete aufzusuchen oder regelmäßig wiederkehrenden Zeiten ungünstiger Lebensbedingungen auszuweichen. Besonders ausgeprägt sind solche Wanderungen bei Vögeln, die auf Grund ihrer fliegenden Fortbewegungsweise in der Lage sind, in kurzer Zeit große Strecken zurückzulegen; sie können entfernte Regionen der Erde aufsuchen, um dort einen Teil des Jahres zu verbringen. Den Streckenrekord hält dabei die Küstenseeschwalbe, die im Norden in der Tundra bis an die Packeisgrenze brütet, im nordischen Winter aber an der Eisgrenze der Antarktis lebt und bei ihrem Flug rund 16 000

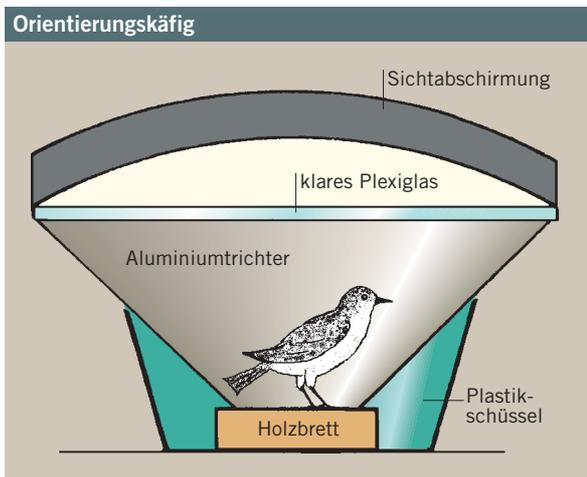
Kilometer einfache Strecke zurücklegt. Die Leistung der Zugvögel unter den Singvögeln ist genauso beeindruckend: Der Fitis, ein kleiner grüner Laubsänger von etwa acht Gramm Körpergewicht, zieht von Nord- und Mitteleuropa bis nach Südafrika und überquert dabei das Mittelmeer und die Sahara; nach seiner Rückkehr im Frühjahr baut er im Normalfall sein neues Nest nur wenige Meter vom vorjährigen Brutplatz entfernt. Da drängt sich die Frage auf, wie sich die Vögel auf diesen weiten Wanderungen orientieren.

Gerade bei Singvögeln sind die Orientierungsmechanismen bereits gut untersucht. Jungvögel, die zu ihrem ersten Zug aufbrechen, kennen ihr Winterquartier noch nicht. Die Mehrzahl der Arten zieht nachts und allein; hier steht den Vögeln ein angeborenes »Zugprogramm« zur Verfügung, das genetisch kodierte Information über Beginn und Dauer der Reise sowie über die einzuschlagende Richtung enthält. In unsere Sprache übersetzt lautet es für eine junge Gartengras-
mücke aus Mitteleuropa etwa so: »Brich Mitte August auf, flieg' sechs Wochen in südwestliche Richtung, dann ändere deine Richtung nach Südsüdost und folge diesem Kurs noch einmal etwa fünf Wochen!« Dieses Programm bringt die Gartengras-
mücken zunächst nach Südspanien und Nordafrika, wo der Kurswechsel erfolgt, und von da in ihre zentralafrikanischen Überwinterungsgebiete. Dort

führt eine angeborene Biotopspräferenz, das heißt ein spontanes Erkennen eines Lebensraumes, der gute Möglichkeiten zum Überwintern bietet, zur Auswahl eines geeigneten Winterquartiers. Über die Versuche, die die Grundlagen für dieses Modell darstellen, wurde ausführlich in Forschung Frankfurt 3/1991 berichtet.

Die Zeit des Aufbruchs wird den jungen Vögeln über die Tageslänge signalisiert, die Dauer des Fluges wird über ihren inneren »Jahreskalender« gesteuert. Die genetisch kodierte Richtungsinformation muss mit Hilfe von Außenfaktoren in einen aktuellen Kompasskurs umgesetzt werden. Dazu stehen den Vögeln zwei Referenzsysteme zur Verfügung: das Magnetfeld der Erde und die Richtung zum Himmelspol, wobei sie letzteren nachts aus der scheinbaren Rotation der Sterne, tags aus der Rotation des Polarisationsmusters des Himmelslichts ableiten. Versuche mit handaufgezogenen Gartengras-
mücken zeigen, dass beide Systeme auf komplexe Weise zusammenwirken müssen, um die Zugrichtung als Kompasskurs festzulegen. Die Himmelsrotation gibt offenbar eine allgemeine Referenzrichtung vor, die der Südrichtung entspricht; der populationspezifische Kurs nach Südwest, den junge Gartengras-
mücken in Mitteleuropa einschlagen müssen, ist als Abweichung von dieser Referenzrichtung bezogen auf das Magnetfeld der Erde kodiert. Die jungen Vögel setzen diese angeborenen Informationen im Sommer zwischen dem Ausfliegen aus dem Nest und dem Beginn des Zuges um, so dass die Zugrichtung als Kompasskurs zur Verfügung steht, wenn sie zu ihrer großen Reise aufbrechen müssen.

Während des Zuges besteht die Hauptorientierungsaufgabe darin, diesen Kurs zu Beginn jedes Einzelfluges mit Hilfe eines Kompasses aufzusuchen und einzuschlagen. Dafür stehen den Zugvögeln mehrere Kompassmechanismen zur Verfügung: ein Magnetkompass, ein Sternkompass und ein Kompass, der sich aus den Himmelsfaktoren



Schema eines Orientierungskäfigs zur Aufzeichnung der bevorzugten Richtung von Zugvögeln. Die Wände des Aluminiumtrichters sind mit beschichtetem Papier ausgelegt; der Vogel springt in seinem spontanem Bewegungsdrang an den Wänden hoch und kratzt dabei die Beschichtung ab. Nach Ende des Versuchs werden die Kratzer auf einem Leuchttisch ausgezählt und aus ihrer Verteilung die Richtungsbevorzugung errechnet.

zur Zeit des Sonnenuntergangs ergibt; für letzteren ist das typische Polarisationsmuster des Himmels von größter Bedeutung. Der Magnetkompass beruht auf der angeborenen Fähigkeit der Vögel, den Feldlinienverlauf des Erdmagnetfelds wahrzunehmen; die auf Himmelsfaktoren beruhenden Kompassmechanismen müssen dagegen erlernt werden. Durch Versuche mit handaufgezogenen Zugvögeln wissen wir, dass der Sternkompass ebenfalls in der Phase vor dem ersten Wegzug erstellt wird. Dabei dient zunächst die Himmelsrotation als Referenzsystem. Während des eigentlichen Zuges aber wird die Richtungsbedeutung der beiden auf Himmelsfaktoren beruhenden Kompassmechanismen durch das Magnetfeld kontrolliert. Das ergibt sich aus zahlreichen Versuchen, in denen durch Drehung der magnetischen Nordrichtung Magnetfeld und Himmelsfaktoren einander wi-

nen Konflikt zwischen den verschiedenen Informationsquellen und bringen ihre Kompassmechanismen wieder in Einklang miteinander.

Viele Vogelarten wandern nicht entlang gerader Wege, sondern ändern im Laufe des Zuges ihren Kurs, um ökologische Barrieren wie Gebirge, Meere oder Wüsten zu vermeiden. Die schon erwähnten mitteleuropäischen Gartengrasmücken, die zunächst in südwestlicher Richtung nach Spanien fliegen, umgehen auf diese Weise die Alpen, die breiten Stellen des Mittelmeers und die im Herbst sehr unwirtlichen Regionen der Zentralsahara. Für solche Arten ist es wichtig, dass die Richtungsänderung am richtigen Ort erfolgt. Bei Gartengrasmücken kann die Änderung der Zugrichtung im Versuch allein durch das Zugprogramm gesteuert erfolgen, das heißt die Vögel schwenken nach Ablauf einer bestimmten Zeit von Südwest nach Südsüdost um. Andere Arten

stehen nicht mehr ausschließlich unter der Kontrolle des angeborenen Zugprogramms. Jetzt ist das Ziel ja bekannt, und die Vögel können auf Erfahrungen zurückgreifen, die sie bei früheren Reisen gemacht ha-



Freilandaufbau mit vier Orientierungskäfigen zwischen Helmholtz-Spulen, einem stromdurchflossenen Spulensystem, mit dessen Hilfe das Magnetfeld verändert wird. Die Versuchsvögel sehen in der Testsituation den natürlichen Himmel mit seinen Orientierungsmarken in einem Feld mit um 120 Grad gedrehter magnetischer Nordrichtung.

dersprechende Richtungsinformationen lieferten – in solchen Konfliktsituationen folgen die Vögel normalerweise der magnetischen Information. Die Himmelsfaktoren werden aber nicht einfach ignoriert, sondern bezogen auf magnetisch Nord neu geeicht, das heißt Sterne und Sonnenuntergangsfaktoren ändern ihre Richtungsbedeutung und passen sie der des Magnetfelds an, das sich damit als dominant sowohl über die Sterne als auch über die Sonnenuntergangsfaktoren erweist. Auf diese Weise lösen die Vögel ei-

scheinen dagegen bestimmte äußere Bedingungen zu benötigen, um eine entsprechende Richtungsänderung einzuleiten. Trauerschnäpper zum Beispiel änderten ihre Zugrichtung nur, wenn sie die magnetische Intensität und Inklination von Nordafrika erfuhren, der Gegend, in der die Richtungsänderung normalerweise stattfindet. Hier dienen spezifische lokale Werte des Erdmagnetfelds als »Trigger« zum Auslösen der Richtungsänderung.

Die Rückkehr zu den Brutgebieten und alle späteren Wanderungen

ben. Groß angelegte Verfrachtungsversuche haben gezeigt, dass erfahrene Zugvögel in der Lage sind, ihr angestammtes Winterquartier oder Brutgebiet auch von Orten außerhalb des Zugwegs anzusteuern und die Zugrichtung entsprechend zu modifizieren. Das erfordert Mechanismen der echten Navigation, ähnlich denen, die Brieftauben benutzen, um nach Verfrachtung heimzukehren. Auch hier wird zunächst der Kurs zum Ziel bestimmt und dann mit Hilfe eines Kompasses eingeschlagen. Welche Mechanismen bei der Kursbestimmung eine Rolle spielen, ist noch nicht vollständig klar, aber die benutzten Kompassmechanismen sind wohl dieselben wie beim ersten Zug (vergleiche dazu Forschung Frankfurt 6/1988).

Insgesamt stellt die Orientierung der Zugvögel ein komplexes Gefüge dar, bei dem zahlreiche Faktoren und Mechanismen eine Rolle spielen, die durch Lernprozesse miteinander verwoben sind. Der erste Zug ins noch unbekanntes Winterquartier wird von einem angeborenem Zugprogramm gesteuert; bei den späteren Zugbewegungen wird dieses Programm zum großen Teil durch Mechanismen ersetzt, die auf Erfahrung beruhen und erlauben, das Ziel – das bewährte Winterquartier, den günstigen Brutplatz – direkt anzusteuern. Dies erhöht die Sicherheit, dieses Ziel auch zu erreichen. ♦

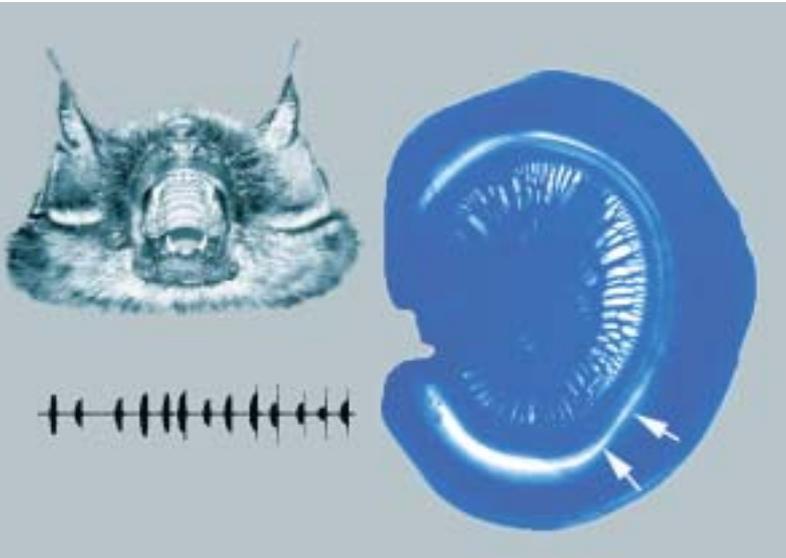
Die Leistung der Zugvögel unter den Singvögeln ist beeindruckend: Der Fitis, ein kleiner grüner Laubsänger von etwa acht Gramm Körpergewicht, zieht von Nord- und Mitteleuropa bis nach Südafrika und überquert dabei das Mittelmeer und die Sahara. Ein 15 Tage alter Jungvogel der Gattung *Fitis Phylloscopus trochilus willow*.

Der Autor

Der Ornithologe **Prof. Dr. Wolfgang Witschko** beschäftigt sich seit 40 Jahren mit Zugvögeln. Sein Interesse gilt vor allem den Kompassmechanismen und den Prozessen, durch die Vögel Richtungsinformationen aus dem Erdmagnetfeld ableiten können.

Wie orten Fledermäuse ihre Beute?

Feldforschung in Kuba



1 Erwachsene Schnurrbartfledermaus mit einer Sequenz von Ortungssignalen. Rechts ist ein Aufblick auf die Fovearegion des Innenohrs dargestellt. Bündel von Hörnervfasern ziehen nach außen zum Sinnesorgan. Die Pfeile markieren den Bereich des Sinnesorgans, der die Ortungsfrequenz von 61 Kilohertz kodiert.

Fledermäuse haben seit jeher die Fantasie der Menschen beschäftigt, vielleicht auch deshalb, weil wir sie kaum zu Gesicht bekommen. Sie sind nicht nur die einzigen fliegenden Säugetiere, sie sind auch noch nachtaktiv und jagen erst, wenn die Dunkelheit sicherstellt, dass Feinde wie Greifvögel sie kaum noch sehen und verfolgen können. Auch ihre Tagesquartiere sind meist unzugänglich – sie befinden sich unter Dächern, in Baum- oder Felshöhlen.

Wie sich Fledermäuse in der Dunkelheit orientieren können, war lange unklar. Schon im 18. Jahrhundert vermutete der Biologe Lazzaro Spallanzani, Bischof von Padua, dass sie mit den Ohren sehen können, aber erst in den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts konnte Donald Griffin zeigen, dass sie für uns unhörbare Ultraschalllaute ausstrahlen und zur Echoortung verwenden.

Fledermäuse umfassen etwa 1000 verschiedene Arten und besetzen vielfältige Nahrungsnischen. So gibt es Nussknacker, Nektarfresser, Blutlecker, Insektenfänger und Fisch- oder Froschverzehrer. Der bei weitem größte Teil der Fledermäuse vertilgt Insekten. Für die Insektenjagd verwenden sie zwei unterschiedliche Echoortungsstrategien: Die Breitbandfledermäuse benutzen

vorwiegend sehr kurze Echoortungssignale, die einen großen Bereich von Tonfrequenzen umfassen. Sie jagen Insekten im freien Luftraum oder am Vegetationsrand. Im Gegensatz dazu sind die Schmalbandfledermäuse darauf spezialisiert, fliegende Insekten im dichten Blattwerk zu jagen. Sie benutzen dazu Ortungsrufe einer konstanten Frequenz, also Reintöne. Wieso gerade diese Signale im dichten Blattwerk von Vorteil sind, konnte die Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Gerhard Neuweiler, der von 1972 bis 1981 am Zoologischen Institut der Universität Frankfurt tätig war und jetzt in München arbeitet, weitgehend aufklären: Hufeisennasenfledermäuse erkennen flügel-schlagende Beuteinsekten dadurch, dass durch den Insektenflügel-schlag die zur Fledermaus zurückkommenden Echos in Frequenz und Amplitude rhythmisch moduliert sind. Diese Frequenzmodulationen sind besonders deutlich, wenn das Grundsignal ein Reinton ist. Durch die Wahrnehmung von kleinsten Frequenzmodulationen von wenigen hundert Hertz kann die Fledermaus die »Nutzechos« von anderen Echos aus dem umgebenden Blattwerk unterscheiden. Schlägt das Insekt allerdings nicht mehr mit den Flügeln, wird es auch nicht als Beute erkannt.

Das Gehör von Schmalbandfledermäusen ist in der Lage, kleinste Frequenzveränderungen um ein Vielfaches besser aufzulösen als dies beispielsweise der Mensch kann. Die evolutive Entwicklung extremer Gehörleistungen, wie sie diese Tiere erbringen müssen, ist ein Schwerpunkt meiner Arbeitsgruppe. Wir untersuchen in Kooperation mit Prof. Dr. Marianne Vater, Universität Potsdam, mechanische und neurophysiologische Spezialisierungen in der so genannten auditorischen Fovea dieser Fledermäuse **1**. Ähnlich wie es im Auge des Menschen eine Stelle schärfsten Sehens gibt, existiert im Innenohr der Schmalbandfledermäuse eine Stelle schärfsten Hörens, eine Art Frequenzlupe; in diesem Frequenzbereich liegen die Reintonfrequenzen des eigenen Ortungsrufes.

Ort der Feldforschung ist Kuba. Dort existiert eine große Artenvielfalt an Fledermäusen. Darüber gibt die exzellente Monographie von Gilberto Silva, der am Naturhistorischen Museum in Havanna arbeitet, einen hervorragenden Überblick inklusive detaillierter Beschreibungen der Habitate und Wochenstuben der Schnurrbartfledermäuse. Diese einzigen Schmalbandfledermäuse der Neuen Welt verfügen wahrscheinlich über das schärfste Gehör aller Säuger.

In Kuba fanden wir im zerklüfteten Karstgelände der kubanischen Südküste die spektakulärsten Fledermaushöhlen, die wir bis dahin gesehen hatten. In den so genannten Hot caves leben bis zu einigen Millionen Fledermäuse, die dafür sorgen, dass sich die Höhlen auf 37 bis 40 Grad Celsius Lufttemperatur aufheizen **2** **3**. In einer dieser Höhlen war der senkrecht nach unten gehende Höhlenschlund bereits von weitem sichtbar durch die Dampf- und Rauchwolken, die kontinuierlich austraten und an eine riesige Sauna erinnerten. Wir seilten uns in den Schlund ab, mussten aber feststellen, dass die Umgebung dort selbst für hartgesottene Höhlenfreaks etwas unbehaglich war: Die Temperatur lag dicht an unserer eigenen

Abonnement FORSCHUNG FRANKFURT

JOHANN WOLFGANG  GOETHE
UNIVERSITÄT
FRANKFURT AM MAIN



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

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

Name _____ Vorname _____

Straße, Nr. _____ PLZ, Wohnort _____

(nur für Universitätsangehörige:) Hauspost-Anschrift _____

Datum _____ Unterschrift _____

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

Datum _____ Unterschrift _____

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

Konto-Nr. _____ Bankinstitut _____

Bankleitzahl _____ Ort _____

Datum _____ Unterschrift _____

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

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



2 Die beiden ein und vier Wochen alten Schnurrbartfledermäuse sind haarlos, da sie bei 37 Grad Celsius Raumtemperatur in Hot caves aufwachsen.

Körpertemperatur, wodurch der Temperatenausgleich erschwert war. Aus dem Getümmel von Fledermäusen an der Höhlendecke regnete es Kot und Parasiten, so dass die Reichweite unserer leistungsfähigen Taschenlampen stark begrenzt war. Darüber hinaus konnten wir die für uns interessanten Fledermauspezies bei den Tiermassen in diesen Höhlen nicht ausfindig machen.

Wir machten uns auf die Suche nach weiteren Fledermaushöhlen mit besseren Bedingungen für Forscher. Schließlich gelang es uns, gemeinsam mit Prof. Dr. Frank Coro – er untersucht das Gehör von Nacht-

faltern – und Emanuel Mora, einem jungen kubanischen Biologiestudenten und Fledermausfreak, sowie dem mittlerweile über 70-jährigen Gilberto Silva die Schnurrbartfledermäuse und Wochenstuben dieser Tiere in einer Höhle in der Nähe von Cienfuegos ausfindig zu machen. Diese Tiere lassen sich nicht in Gefangenschaft züchten und verstecken ihre Jungen in den hintersten Höhlenwinkeln. Die Untersuchung junger Tiere ermöglicht völlig neue Erkenntnisse über die Ontogenie, das heißt die Individualentwicklung des Echoortungssystems und Gehörs, gibt Aufschluss über

die daran beteiligten physiologischen Mechanismen und die Evolution des einzigartigen Gehörs dieses Tieres. Die Höhle wird von den Einheimischen Cueva serpentes genannt, weil sie als Schlaraffenland der in Cuba verbreiteten *Boa epicrates* dient, einer bis zu drei Meter großen Würgeschlange: Bis zu 15 Exemplare beobachteten wir gleichzeitig am Höhleneingang bei der Fledermausjagd, als wir am Abend zur Höhle zurückkehrten, um den Ausflug der Fledermäuse zu verfolgen. Die Schlangen streckten ihren Hals in die dicht ausströmenden Scharen von Fledermäusen. Die Beute flog ihnen direkt ins Maul 4. Die Szene erinnerte an Filme wie »Indiana Jones«.

Für unsere Untersuchungen, die wir mit finanzieller Unterstützung der Volkswagenstiftung durchführen, verwendeten wir akustische und physiologische Techniken und installierten moderne Messapparaturen an der Universität Havanna. Diese ermöglichen den kubanischen Forschern spannende neurobiologische Untersuchungen und eine adäquate Ausbildung ihrer Studenten. Das Projekt, an dem Marianne Vatter, Frank Coro, Emanuel Mora und meine Arbeitsgruppe mitarbeiten, wird mittlerweile im fünften Jahr gefördert und ist inzwischen auf ökologische Fragestellungen bezüglich des Jagd- und Fressverhaltens von Breitbandfledermäusen 5 ausgeweitet. Ein weiteres Thema ist die Biologie der endemischen kubani-

3 Eine Kolonie junger Schnurrbartfledermäuse in einer Hot cave.



schen Fledermausspezies, die durch die Hitzeabstrahlung von speziellem Fettgewebe für die Entstehung der Hot caves hauptverantwortlich ist. Emanuel Mora leitet inzwischen als junger Assistenz-Professor an der Universität Havanna ein Team von sechs begeisterten Studenten. Im letztem Jahr ist ein weiteres, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstütztes Fledermausprojekt in Kuba angelaufen. Wissenschaftler der Universität Erlangen untersuchen dabei die Interaktion von nektarfressenden Fledermäusen mit ihren Zielblüten.

Wie funktioniert das Gehör der Schnurrbartfledermaus? Die scharfe Frequenzabstimmung in der akustischen Fovea der Schnurrbartfledermaus beruht auf Resonanzen, die in Form von stehenden Wellen auch auf jeder Gitarrensaite ablaufen.



5 Messung von Ortungsrufen einer Breitbandfledermaus (*Molossus*) am späten Nachmittag auf den Dächern Havannas.



4 Eine *Boa epicrates* beim Fledermausmahl.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass das Tier zwei Resonatoren im Innenohr hat. Diese sind kurz nach der Geburt relativ breit auf unterschiedliche Tonhöhen im Bereich zwischen 40 und 50 Kilohertz abgestimmt. In den ersten vier Wochen nach der

Geburt verschieben sich die Eigenfrequenzen beider Resonatoren nach oben, vermutlich auf Grund einer Versteifung von Innenohrstrukturen. Gleichzeitig bewegen sich beide Resonanzen in ihrer Vorfrequenz aufeinander zu. Die extrem scharfe Frequenzabstimmung des Gehörs erwachsener Tiere wird nach vier bis fünf Wochen erreicht, wenn sich beide Schwingmechanismen vereinen und die maximale Sensitivität und Frequenzauflösung der Gehörs bei einer Frequenz von 61 Kilohertz ermöglichen. Dieses ausgeklügelte Schwingensystem ist sehr leistungsfähig, aber auf Grund starker positiver Rückkopplungsvorgänge auch instabil. Es können sich spontan Schwingungen aufschaukeln, die als so genannte otoakustische Emissionen vom Innenohr nach außen abgestrahlt werden. Durch eine Reihe von dämpfenden Kontrollmechanismen gelingt es der Fledermaus, diese störende spontane Aktivität unter Kontrolle zu halten. Momentan versuchen wir den Schwingmechanismus mathematisch als einen akustischen Laser zu beschreiben. Parallel zur Entwicklung des Innenohrs verändert sich auch der Frequenzgehalt der Ortungsrufe – von etwa 45 Kilohertz nach der Geburt bis zu 61 Kilohertz in einem Alter von vier Wochen. Interessanterweise versuchen die Fledermäuse, ihre Ruffrequenzen auf die Frequenz eines Innenohrresonators und damit auf eine Stelle besten Hörens zu le-

gen. Dieses Verhalten ist angeboren; auch Tiere, die mit der Hand aufgezogen wurden, zeigen es lange, bevor sie fliegen und aktiv Insekten fangen. Fledermäuse hören sich also gern selbst zu. In Zukunft wollen wir Daten zur Interaktion von jungen Fledermäusen mit ihren Müttern in den Hot caves erheben und untersuchen, wie die jungen Fledermäuse bei ihren ersten Ausflügen aus der Höhle in einem Alter von etwa vier Wochen lernen, Insekten zu fangen.

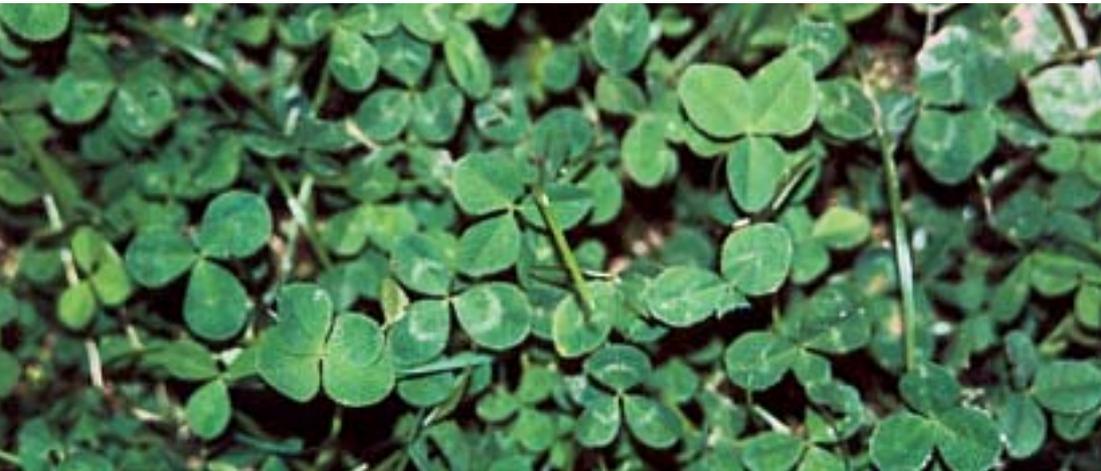
Unser von der Volkswagenstiftung gefördertes Kooperationsprojekt mit Kuba war nicht nur hinsichtlich der gewonnenen Daten erfolgreich. Auch der Aufbau von Labors und Messapparaturen an der Universität Havanna ist auf sehr fruchtbaren Boden gefallen. Momentan werden dort neue Bioakustikprojekte an Fledermäusen, Insekten und Amphibien unter reger studentischer Beteiligung in Angriff genommen. Der hohe Ausbildungsstand der kubanischen Studenten in Neurobiologie sowie der unvergleichliche Enthusiasmus unserer kubanischen Partner ist dabei ein wichtiges Element. ◆

Der Autor

Prof. Dr. Manfred Kössl ist seit Mai 2001 am Institut für Zoologie tätig und beschäftigt sich seit 17 Jahren mit Fledermäusen.

Sehen ist das Tor zur Welt

Frühkindliche Sehfehler verändern das Gehirn



1 Mühevolles Herauslösen eines vierblättrigen Kleeblatts in einer Wiese von dreiblättrigen Kleeblätter.

Einer der rätselhaftesten Aspekte der menschlichen Informationsverarbeitung ist die Fähigkeit, einzelne Gegenstände aus einer komplexen visuellen Szene herauszulösen. Dieser Prozess, »visuelle Segmentierung« genannt, erlaubt dem erwachsenen Gehirn, visuelle Ziele anhand einzelner Merkmale auf einem Blick zu erfassen. So fällt es uns nicht schwer, die reifen Früchte auf einem Apfelbaum zu sehen. Ungleich schwerer ist es, ein vierblättriges Kleeblatt unter einer Vielzahl von dreiblättrigen Kleeblättern auf einer Wiese zu entdecken 1.

Zu den visuellen Segmentierungsleistungen gehört die Fähigkeit, die Bilder der beiden Augen zu einem einheitlichen, beidäugigen Perzept zu verschmelzen, in dem sich visuelle Gegenstände plastisch von ihrem Hintergrund »abheben«. Diese scheinbar mühelose Leistung bedarf eines einwandfreien frühkindlichen visuellen Angebots.

Frühe Störungen, zum Beispiel durch eine ungleiche Brechkraft der beiden Augen (Anisometropie), lichtundurchlässige Augenmedien durch hängende Augenlider (Ptosis) oder eine angeborene Linsentrübung (Katarakt) können zu einem unumkehrbaren Verlust der Sehkraft in einem oder beiden Augen führen. Wir sprechen von Amblyopie, was, aus dem Griechischen abgeleitet, soviel bedeutet wie »dumpfes Sehen« 2.

Die häufigste Ursache der Amblyopie, die bei etwa fünf Prozent der Gesamtpopulation auftritt, ist das Schielen. Durch die Abweichung der Sehachsen der beiden Augen entstehen Doppelbilder, die zu gravierenden Beeinträchtigungen der räumlichen Orientierung und der Bewegung in der visuellen Umwelt führen können. Die Sehschärfe des schielenden Auges ist stark herabgesetzt beziehungsweise kann sich nicht richtig entwickeln. Die Lokali-

sation visueller Gegenstände durch das Schielaugen und die Koordination von Augen- und Handbewegungen können erheblich gestört werden. Die Wahrnehmung ist räumlich verzerrt und zeitlich unbeständig. Patienten mit frühkindlicher Schielamblyopie berichten, die Bilder ihres Schielauges würden ständig »flimmern« – wie durch heiße Luft betrachtet 3 11.

Das menschliche Gehirn hat zwei Möglichkeiten, sich vor störenden Doppelbildern zu schützen: Entweder wird das Bild des schielenden Auges teilweise oder vollständig vom beidäugigen Sehsakt ausgeschlossen (»interokulare Suppression«), oder die Koordinaten dieses Auges werden im Sinne einer Kompensation des Schielwinkels verlagert (»anomale Korrespondenz«). Interokulare Suppression und anomale Korrespondenz schließen sich gegenseitig jedoch nicht aus; sie können bei ein und demselben Betroffenen koexistieren, meistens in unterschiedlichen Teilen des Gesichtsfeldes. Klinische und psychophysische Untersuchungen aus meinem Labor am Frankfurter Max-Planck-Institut für Hirnforschung deuten darauf hin, dass der Sehverlust des schielenden Auges als Folge der chronischen interokularen Suppression betrachtet werden kann, während die Verzerrungen der visuellen Wahrnehmung im schielenden Auge auf die auf bestimmten Gesichtsfeldbereiche beschränkte Verlagerung visueller Koordinaten zurückzuführen sind 12. Eine früh

2 Frühkindliche Ptosis vor (linkes Bild) und nach der Operation (rechtes Bild). Bei diesem Mädchen, das als erwachsene Frau an unseren Untersuchungen teilnahm, kam die Operation zu spät: Trotz gelungener Operation des Augenlids und intensivstem Training des deprivierten Auges bleiben solche Patienten hochgradig amblyop.



eingeleitete Therapie, zum Beispiel durch die Verdeckung (Okklusion) des nicht-amblyopen Auges, kann zu einer Wiederherstellung der Sehschärfe und zur graduellen Rückbildung der örtlichen Verzerrungen im amblyopen Auge führen ¹³⁾.

Neuronale Mechanismen der Amblyopie

Aus Tierversuchen wissen wir, dass die neuronalen Mechanismen der Amblyopie zentral anzusiedeln sind. In der ersten kortikalen Station der visuellen Sehbahn, der primären Sehrinde (Area 17 oder V1) von Katzen mit einem künstlich hervorgerufenen Schielen ist die Anzahl der Zellen, die durch beide Augen aktiviert werden können, drastisch reduziert. Dieses entspricht einem Verlust an Binokularfunktionen. Obwohl das amblyope Auge die Fähigkeit behält, einzelne Zellen der primären Sehrinde zu aktivieren, geht die normalerweise synchrone Aktivierung dieser Zellen verloren; die Zellen geraten »außer Takt« ¹⁴⁾. Das schielende Auge verliert dadurch die Fähigkeit, die Konturen eines visuellen Gegenstandes miteinander zu verbinden. Das Bild wird brüchig und fängt an zu flimmern. Auf höheren Stufen der visuellen Verarbeitung werden die Zellantworten auf die Reizung des schielenden Auges selbst reduziert. Anomale Korrespondenz kann ebenfalls auf höheren kortikalen Ebenen entstehen ¹⁵⁾. Die Vermutung liegt nahe, dass der Amplitudenverlust der Zellantworten auf höheren kortikalen Ebenen eine Folge des Synchronizitätsverlustes auf niedrigen Ebenen ist ^{12,4)}.

Bildgebende Verfahren bei erwachsenen Amblyopen geben Hinweise darauf, dass die menschliche Amblyopie einen ähnlichen »kaskadenartigen« Prozess darstellt. Die früheren kortikalen Areale reagieren in etwa gleich stark auf visuelle Informationen beider Augen, während auf zunehmend höheren kortikalen Ebenen die Signale des amblyopen Auges immer mehr abgebaut werden. Die kortikalen Territorien des dominanten Auges nehmen mit zunehmender kortikaler

Ebene auf Kosten der Territorien des amblyopen Auges ⁴⁾ zu ¹⁶⁾.

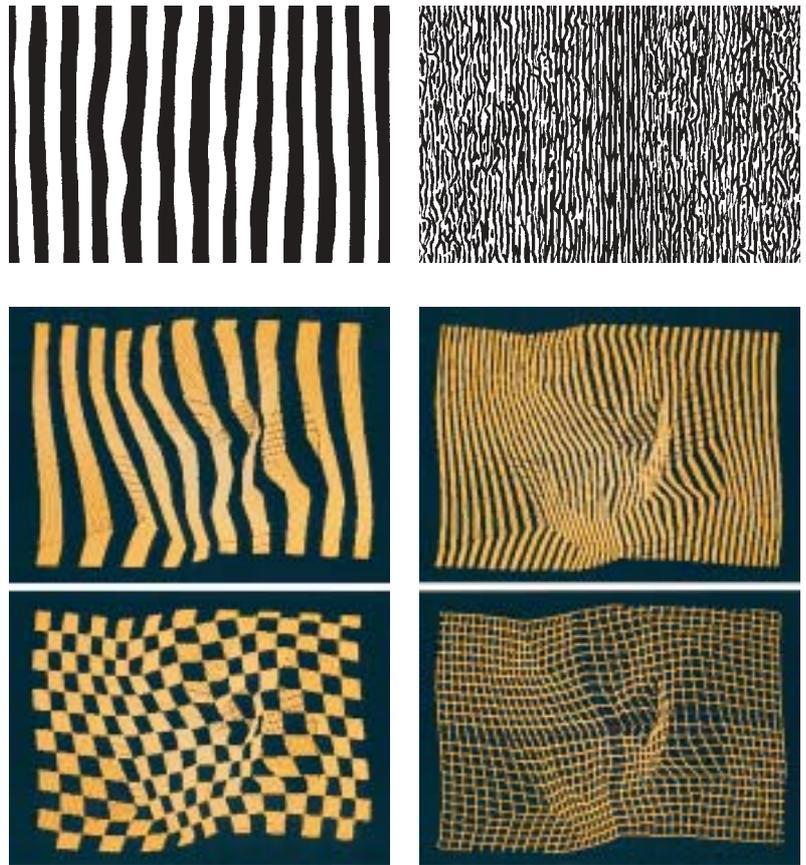
Früherfassung, Therapie und Prävention der menschlichen Amblyopie

Der Funktionsverlust des amblyopen Auges kann innerhalb einer frühen Lebensphase, der so genannten »kritischen Periode« (beim Menschen die ersten sechs bis acht Jahre), rückgängig gemacht werden. Die Methode der Wahl ist eine stundenweise Verdeckung des nicht-amblyopen Auges, begleitet von einer intensiven visuellen Beanspruchung des normalerweise unterdrückten, amblyopen Auges. Je früher die Therapie eingeleitet wird, desto schneller wird die funktionelle Angleichung der beiden Augen erlangt.

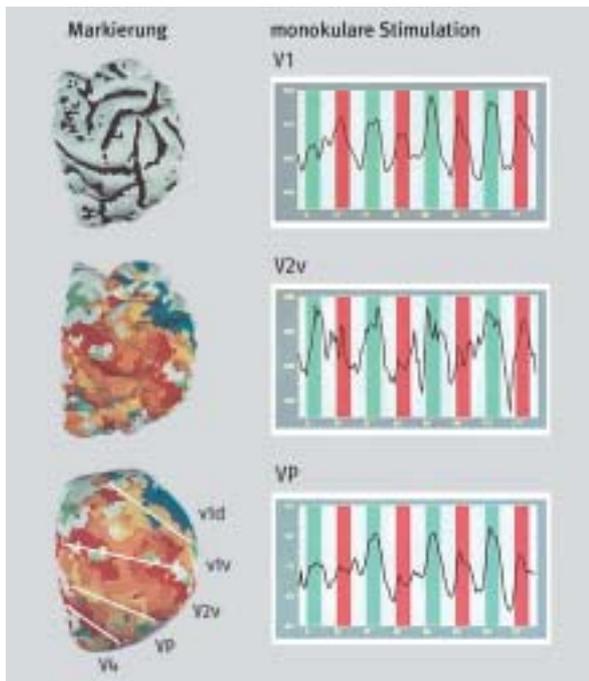
Die Voraussetzung einer erfolgreichen Intervention ist eine mög-

lichst frühe, zuverlässige Erfassung des Funktionsstatus der beiden Augen. Methoden zur Messung der Sehschärfe bei Säuglingen und Kleinkindern, noch vor Einsetzen der sprachlichen Fähigkeiten (die »forced-choice preferential-looking« Methoden), wurden in angelsächsischen psychophysischen Labors entwickelt. Eine dieser Methoden, die zur Erfassung der Sehschärfe bei Säuglingen und Kleinkindern dient, ist der so genannte »Teller-Test« (Methode der Teller-Sehschärfe-Tabellen ¹⁷⁾). Diese Methode, die ursprünglich für diagnostische Zwecke entwickelt wurde, wird zunehmend zur Erfassung kognitiver Fähigkeiten im Säuglingsalter eingesetzt ⁵⁾.

Anhand dieser Methode wird die visuelle Orientierung (ein visueller Greif-Reflex) von Säuglingen und Kleinkindern zu hoch kontrastierten Mustern von zunehmenden ört-



3 (obere Reihe) Darstellung der Sichtweise bei Schielamblyopie anhand der Zeichnung eines unseren Probanden. Links: Gittermuster mit niedrigen Ortsfrequenzen werden verzerrt wahrgenommen, rechts: Gittermuster mit höheren Ortsfrequenzen werden verzerrt, unterbrochen und flimmernd wahrgenommen; **3** (mittlere und untere Reihe) Computer-unterstützte Oberflächen-Rekonstruktion der Wahrnehmung visueller Szenen durch das amblyope Auge einer erwachsenen Patientin mit Schielamblyopie. Oben: Senkrechte Gitter, unten: Schachbrettmuster, links: niedrige Ortsfrequenzen, rechts: hohe Ortsfrequenzen. Die Konturen werden nicht nur unscharf, sondern auch verzerrt wahrgenommen. Die Störung betrifft hauptsächlich Gitter beziehungsweise Schachbrettmuster von hoher Konturdichte.



4 Funktionelle Kernspintomographie bei einem erwachsenen Amblyopen, als Antwort auf senkrechte Rechteckgitter von verschiedenen Ortsfrequenzen. Links: Abbildung der visuellen kortikalen Areale durch computer-unterstütztes Glätten, rechts: Kortikale Antworten auf verschiedene Ebenen der zentralen visuellen Bahn. Grüne Balken: nicht-amblyopes Auge; rote Balken: amblyopes Auge. Gittermuster werden in abnehmender Reihenfolge der Ortsfrequenz dargeboten. Frühe Areale (zum Beispiel V1) zeigen annähernd gleiche Antworten auf die visuelle Reizung beider Augen. Mit zunehmender höherer Bearbeitungsebene in der kortikalen Sehbahn (V2v, VP) werden die Antworten auf Reizung des amblyopen Auges zugunsten des dominanten Auges abgebaut.

lichen Konturdichten (in der Regel senkrechte, schwarz-weiße Balken auf einem grauen Hintergrund identischer mittlerer Leuchtdichte) beobachtet. Dabei macht man sich zunutze, dass Säuglinge und Kleinkinder bevorzugt auf das kontrastierte Muster schauen – vorausgesetzt, sie können dieses Muster auflösen. Durch Darbietung von Gittern mit zunehmender Feinheit der einzelnen Balken kann die Wahrnehmungsschwelle jedes Auges er-

fasst und mit einem altersgerechten Sollwert verglichen werden. Diese Methode – eine Abwandlung der »forced-choice preferential-looking« Methode – erlaubt es, die durch Schielen, Refraktionsanomalien, monokulare oder binokulare Deprivation beziehungsweise durch neurologische Schäden bei mehrfachbehinderten Kindern entstandene Funktionsverluste quantitativ zu erfassen [3]. Dadurch können Störungen der visuellen Wahrneh-

Hören wir asymmetrisch?

Es gibt noch andere Beispiele für Wahrnehmungsstörungen, die ihren Ursprung in einer beeinträchtigten Informationsverarbeitung im Gehirn haben. Beim so genannten Neglect-Syndrom führt eine Schädigung des Schläfenlappens (Parietallappen), die meist durch einen Schlaganfall hervorgerufen wird, zu einer Vernachlässigung einer Seite der Außenwelt und des eigenen Körpers. Manche Patienten essen zum Beispiel nur eine Hälfte der Nahrung auf ihrem Teller oder rasieren nur eine Gesichtshälfte. Im Parietallappen werden unter anderem Informationen aus dem visuellen und dem auditorischen System sowie Berührungsreize zusammengeführt. Deshalb ist er besonders an der Verarbeitung räumlicher Informationen beteiligt. Da fast alle sensorischen und motorischen Nervenbahnen im Verlauf ihres Weges auf die andere Seite wechseln, steuert die rechte Hirnhälfte die linke Körperhälfte und umgekehrt. Der Neglect tritt fast ausschließlich bei Verletzungen des rechten Parietallappens auf, das heißt die Patienten vernachlässigen die linke Seite. Offensichtlich hat dies mit der unterschiedlichen Spezialisierung der beiden Hirnhälften zu tun. So wie bei den meisten Menschen die Sprache in der linken

Hemisphäre verankert ist, findet sich die Repräsentation des Raumes vornehmlich in der rechten Hemisphäre.

Ein Test zur Diagnose des Neglects ist die so genannte Streckenteilung. Dabei werden die Patienten aufgefordert, eine Strecke in der Mitte zu teilen. Hierbei zeigt sich, dass die »Mitte« deutlich nach rechts verschoben ist. Führt man diesen Test mit gesunden Probanden durch, findet sich im Allgemeinen der gegenteilige Effekt, das heißt die Mitte ist, wenn auch weniger stark, nach links verschoben. Dies bezeichnet man als Pseudoneglect. Beide Phänomene lassen sich damit erklären, dass der rechte Parietallappen auf die räumliche Wahrnehmung spezialisiert ist. Dadurch nehmen Gesunde die linke Seite etwas vergrößert wahr, während Patienten mit einer Läsion die linke Außenhälfte kaum wahrnehmen. Sie müssen die rechte Hälfte »halbieren«; deshalb ist ihre Mitte nach rechts verschoben.

Um zu untersuchen, ob sich der Pseudoneglect auch beim Hören auswirkt, haben wir Probanden über Kopfhörer Geräusche vorgespielt, die den Richtungen »links« und »rechts« zugeordnet werden sollten. Dabei musste sich der Proband für eine der beiden Seiten entscheiden, auch wenn er lieber »Mitte« (Geräusch von vorne) sagen würde.

Technisch wird dies durch Zeitverzögerungen zwischen den beiden Kopfhörerlautsprechern umgesetzt, das heißt, wenn das Geräusch links etwas früher beginnt, entsteht der Eindruck »links«. Je größer die Zeitverschiebung, desto klarer wird die Wahrnehmung »rechts« beziehungsweise »links«. Durch eine statistische Auswertung der Zeitverschiebungen und der gegebenen Antworten kann man errechnen, wie groß die Zeitverschiebung sein muss, damit der Proband das Gefühl »Mitte« hat, also mit gleicher Wahrscheinlichkeit links und rechts sagt. Es stellte sich heraus, dass gesunde Probanden mittige Geräusche etwas nach rechts verschoben wahrnahmen. Damit die Probanden genauso oft »links« wie »rechts« sagten, das heißt das Gefühl hatten, dass die Geräusche direkt von vorn kamen, mussten diese etwas nach links verschoben dargeboten werden.

Die Übereinstimmung mit dem Ergebnis der Streckenteilung deutet darauf hin, dass der Pseudoneglect kein rein visuelles Phänomen ist, sondern von der verzerrten Repräsentation der Außenwelt verursacht wird und sowohl im visuellen als auch im auditorischen Sinnessystem auftritt.

Ralf Goertz und Ruxandra Sireteanu



6 Die binokulare Sehschärfe wird bei einem mehrfach behinderten Kind anhand eines abgewandelten Teller-Tests ermittelt. Die Beobachterin weiß nicht, auf welcher Seite der Karte sich das Gittermuster befindet. Es werden Karten mit Gittermuster mit zunehmender Ortsfrequenz dargeboten. Die Ortsfrequenz des feinsten noch gesehenen Gittermusters gilt als Maß der Sehschärfe des Kindes.

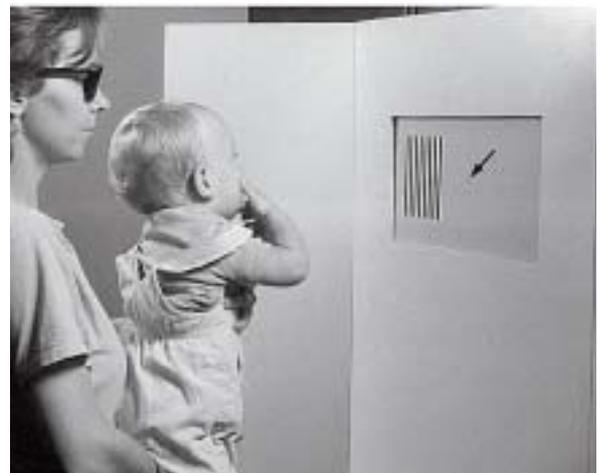
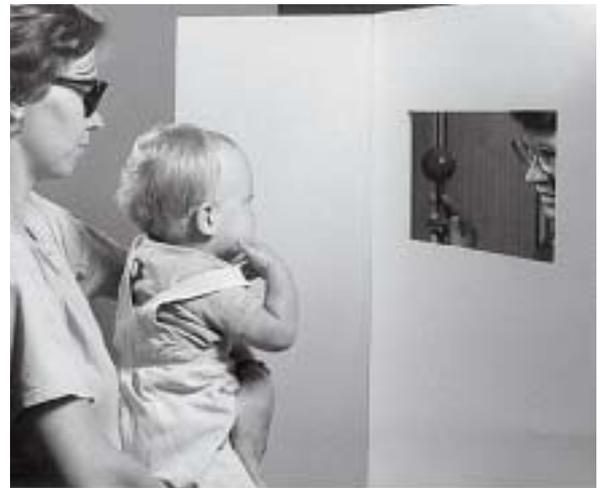
mung frühzeitig diagnostiziert und therapeutische Maßnahmen eingeleitet beziehungsweise deren Wirksamkeit verfolgt werden.

Idealerweise sollte der Amblyopie durch die Erfassung potenzieller Ursachen (»amblyogene Faktoren«) vorgebeugt werden. Herkömmliche klinische Verfahren erlauben zwar eine relativ grobe Erfassung der amblyogenen Faktoren, wie das Vorhandensein einer Linsentrübung, einer Ptosis oder eines manifesten Schielens. Andere potenziell gefährdende Faktoren – zum Beispiel ein kleiner, kosmetisch unauffälliger Schielwinkel (»Mikrostrabismus«), eine deutliche Refraktionsungleichheit beider Augen oder eine hohe, beidseitige Refraktionsanomalie – werden bei den bisherigen kinder-

ärztlichen Routineuntersuchungen nicht entdeckt.

Im Rahmen einer koordinierten europäischen Studie wurde ein objektives Verfahren zur Erfassung der kindlichen Refraktion (der »Cambridge Paediatric Videorefractor«, VPR1) bei einer großen Population von Säuglingen im Alter von neun bis elf Monaten in sechs europäischen Ländern verwendet 7. Ziel dieser Studie war es, die Inzidenzrate (Erkrankungsrate) von amblyogenen Refraktionsanomalien herauszufinden und den Kosten-Nutzen-Faktor einer »Screening«-Methode zu ermitteln. Die bisherigen Ergebnisse zeigen, dass amblyogene Refraktionsstörungen im Säuglingsalter in den untersuchten Ländern (Großbritannien, Frankreich, Itali-

5 Die binokulare Sehschärfe wird bei einem Säugling anhand des Teller-Tests ermittelt. In der ersten Phase wird die Aufmerksamkeit des Kindes auf die Öffnung eines »Kasperltheaters« geleitet (Bild oben). Anschließend werden in dieser Öffnung Karten mit Gittermuster von zunehmender Feinheit dargeboten. Der Hintergrund der Karte ist so abgestimmt, dass es dem Grotton des Gitters exakt entspricht (Bild unten). Die Reaktion des Säuglings wird durch ein kleines Guckloch in der Mitte der Karte beobachtet (durch Pfeil angezeigt). Die Beobachterin weiß nicht, auf welcher Seite der Karte sich das Gittermuster befindet. Die Mutter trägt eine schwarze Brille, um die Reaktion des Säuglings nicht beeinflussen zu können. Die Ortsfrequenz des feinsten noch gesehenen Gittermusters wird als Maß der Sehschärfe des Säuglings definiert.



Literatur

Sireteanu, R., Lagreze, W.-D. & Constantinescu, D.H. (1993). Distortions in two-dimensional visual space perception in strabismic observers. *Vision Research*, 33, 677–690.

Sireteanu, R. (2000). The binocular act in strabismus. In: *Advances in Strabismus Research: Basic and Clinical Aspects*. G. Lennerstrand, & J. Ygge, (Eds.). Portland Press, London.

Fronius, M., Sireteanu, R., Zubcov, A. & Büttner, A. (2000). Preliminary report: Monocular spatial localization in children with strabismic amblyopia. *Strabismus*, 8, 243–249.

Roelfsema, P., König, P., Engel, A. Sireteanu, R. & Singer, W. (1994). Reduced synchronization in the visual cortex of cats with strabismic amblyopia. *European Journal of Neuroscience*, 6, 1645–1655.

Sireteanu, R. & Best, J. (1992). Squint-induced modification of visual receptive fields in the lateral suprasylvian cortex of the cat: binocular interaction, 'vertical effect' and anomalous correspondence. *European Journal of*

Neuroscience, 4, 235–242.

Muckli, L., Sireteanu, R., Tonhausen, N., Kieß, Lanfermann, F., Singer, W. & Goebel, R. (2002). Cerebral correlates of impaired grating perception in human am-

blyopia, in Vorbereitung.

Neu, B. & Sireteanu, R. (1997). Monocular acuity in preschool children: Assessment with the Teller and Keeler Acuity Cards, in comparison to the C-test. *Strabismus*, 5, 185–201.



7 Objektive Refraktionsbestimmung bei einem Säugling mit Hilfe des Cambridge Paediatric Videorefractors (VPR1). Das Gesicht des Säuglings wird auf einem Monitor abgebildet. Durch kontrollierte Defokussierung des Lichtkegels eines Blitzlichtes wird die Brechkraft beider Augen mit einem Computerprogramm errechnet.

en, Spanien, Portugal und Deutschland) vergleichbar häufig auftreten. Die Kosten-Nutzen-Faktoren jedoch sind auf Grund der sehr stark differierenden Gesundheitssysteme der beteiligten Länder extrem unterschiedlich.

Seit einigen Jahren werden diese relativ einfachen und robusten diagnostischen Methoden zur punktuellen Erfassung amblyogener Faktoren bei Säuglingen und Kleinkindern in meinem psychophysischen Labor am Max-Planck-Institut für Hirnforschung angewandt. Seit Mai 1999 führe ich diese Untersuchungen im Rahmen der neu eingerichteten Professur für Physiologische Psychologie/Biopsychologie am Institut für Psychologie der Frankfurter Universität weiter, die ich gemeinsam mit der Leitung der Arbeitsgruppe für Psychophysik in der Abteilung Neurophysiologie des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung inne habe.

Es bestehen enge Kooperationen mit internationalen Forschungseinheiten: dem französischen »Bébé-Vision«-Labor der INSERM-Einheit

Die Autorin:

Prof. Dr. Ruxandra Sireteanu ist seit 1999 Leiterin der Abteilung für Physiologische Psychologie/Biopsychologie am Institut für Psychologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt und seit 1982 Leiterin der Arbeitsgruppe Psychophysik, Abteilung Neurophysiologie, am Max-Planck-Institut für Hirnforschung (Kooperationsprofessur).

»Cerveau et Vision« in Lyon unter Leitung von Prof. Dr. Francois Vital-Durand, die britische »Visual Development Unit« am Department for Psychology, University College in

London und Department for Experimental Psychology in Oxford, unter Leitung von Prof. Dr. Janette Atkinson und Prof. Dr. Oliver Braddick und die schwedische Arbeitsgruppe um Prof. Dr. Gunnar Lennerstrand am Karolinska Institut in Stockholm. Wir möchten in Zusammenarbeit mit diesen Einheiten durch die flächendeckende Erfassung von visuellen Eigenschaften wie Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit und Refraktion sowie von verschiedenen visuell-kognitiven Eigenschaften zur frühkindlichen Prävention von Sehfehlern bei Säuglingen und Kleinkindern beitragen. Darüber hinaus möchten wir im Rahmen eines von der Deutschen Forschungsgemeinschaft finanzierten Vorhabens die räumlichen und zeitlichen Verzerrungsmuster erwachsener Amblyopen sowie die Mechanismen der Entstehung und Veränderbarkeit dieser Verzerrungsmuster während der Therapie mit Hilfe von Computersimulationen und der Kernspintomographie vertiefend untersuchen. ♦

Anzeige

Anzeige

»Diskussion über Ziele ist wichtiger als Abgleich der Testergebnisse«

Pisa und die Folgen:
Der Bildungsforscher
Prof. Dr. Eckhard Klieme
im Gespräch mit Ulrike Jaspers



? Herr Professor Klieme, Sie haben zuerst im Team von Professor Jürgen Baumert vom Max-Planck-Institut für Bildungsforschung und dann am Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung in Frankfurt an beiden Pisa-Studien mitgewirkt. Über das schlechte Abschneiden des deutschen Bildungssystems ist in den vergangenen Monaten ausreichend lamentiert worden. Was waren für Sie – vor dem Hintergrund der internationalen Pisa-Studie – die verblüffendsten positiven wie negativen Ergebnisse der Bundesländer-Studie Pisa-E, die in der Öffentlichkeit zu wenig zur Kenntnis genommen wurden?

Klieme: Für mich als Bildungsforscher ist die Pisa-E-Studie interessant, weil sie die Möglichkeit gibt, die Einflüsse von Bildungssystemen und von kulturellen Kontexten auf Schülerleistung in einer stärker eingegrenzten Umgebung zu untersuchen. Beim internationalen Vergleich ist das schwierig, da so viele Faktoren bei den Lehr- und Lernprozessen an Schulen zusammenwirken. Der hoch interessante Befund von Pisa-E ist die starke Variation innerhalb Deutschlands, damit

innerhalb einer nationalen Kultur. Die Divergenzen sind fast genauso groß wie die Unterschiede zwischen den europäischen Staaten. Sie zu erklären ist eine Herausforderung für die vergleichende Erziehungswissenschaft.

? Dass Bildungspolitik allein Sache der einzelnen Bundesländer ist, scheint als Erklärung sicher zu kurz gegriffen. Oder?

Klieme: Natürlich spielt das föderale Muster eine Rolle, weil wir in den Ländern unterschiedliche Systeme, aber auch soziale Bedingungen haben, vielleicht auch verschiedene kulturelle Traditionen. Aber über Prozesse und Mechanismen, die diese Unterschiede erzeugen, wissen wir wenig. Für mich ist sehr interessant, dass die relativen Ergebnisse der Bundesländer in den drei Domänen Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften sehr ähnlich sind. Vermutlich hängt das Leistungsniveau eines Bundeslandes eher von allgemeinen Merkmalen des Bildungssystems und des sozio-kulturellen Hintergrunds als von fachspezifischen Bedingungen ab.

Ein zweites spannendes Ergebnis: In zusätzlichen Kriterien – beispielsweise »Wie gut wird die Lei-

Der Pisa-Schock sitzt tief: Kein deutsches Bundesland errang in der erweiterten, Ende Juni veröffentlichten Pisa-Studie einen internationalen Spitzenplatz, und innerhalb Deutschlands herrscht ein steiles Leistungsgefälle. Über die aufgeregten bildungspolitischen Grundsatzdebatten der vergangenen Monate hinaus sind Experten, zu denen auch der Frankfurter Bildungsforscher Prof. Eckhard Klieme gehört, darum bemüht, die Diskussion zu versachlichen und Bildungspolitikern, aber auch Schulen und Lehrern, Anregungen für die notwendigen Veränderungsprozesse zu geben.

stungsspitze gefördert? Wie stark ist die Kopplung zwischen Leistung und sozialer Herkunft?« – zeigen sich andere Verhältnisse. Länder, die im allgemeinen Leistungsniveau weit vorne oder weit hinten liegen, belegen nach diesen Kriterien völlig andere Rangplätze.

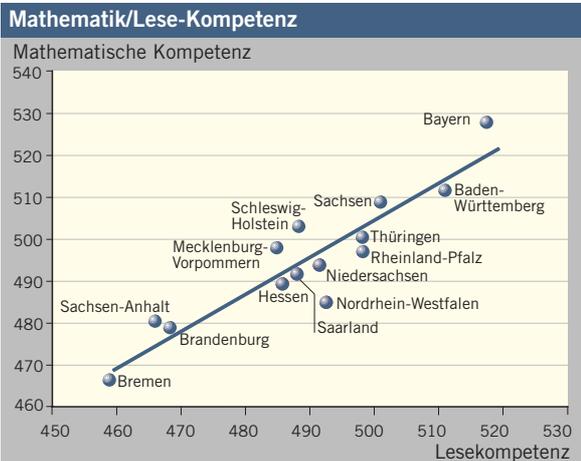
? Können Sie dafür ein Beispiel nennen?

Klieme: In Nordrhein-Westfalen schneiden die Gymnasiasten relativ gut ab, aber bei der Förderung von sozial Benachteiligten landet dieses Bundesland auf einem hinteren

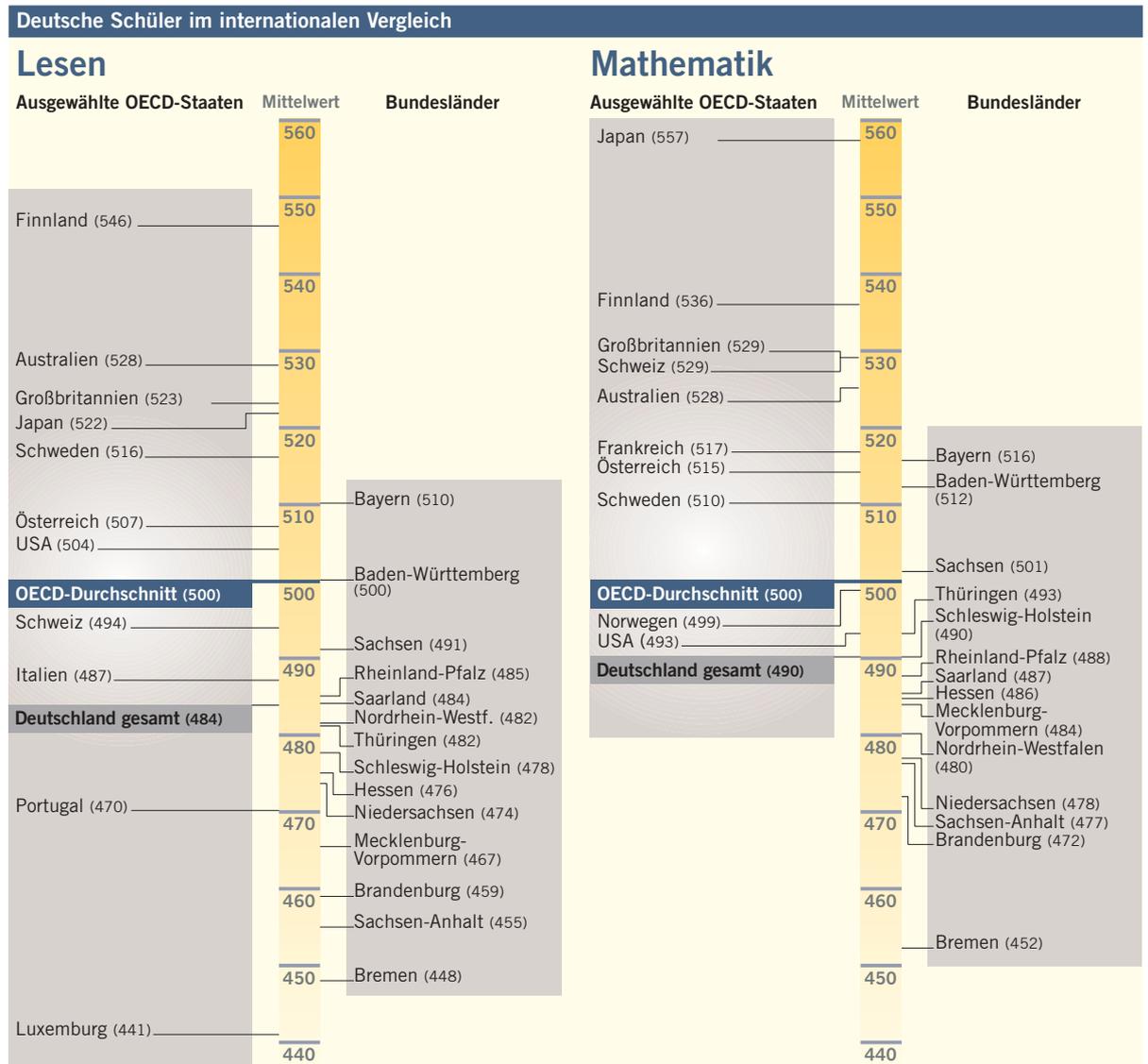
Platz. Das ist für viele, die in diesem Land versucht haben, eine kompensatorische Bildungspolitik zu machen, sicherlich eine Enttäuschung.

? Schultester haben Hochkonjunktur – zunächst die Pisa-Studie mit dem internationalen Vergleich, dann im Sommer Pisa-E mit dem Vergleich der Bundesländer, in 2003 geht es weiter mit internationalen Tests.

Klieme: Pisa ist ein Programm, das zunächst auf mindestens drei Zyklen im Abstand von drei Jahren angelegt ist und vermutlich auch darüber hinaus noch weiter geführt wird. Die Testbasis verändert sich dabei schrittweise. Die drei Grunddimensionen Lesen, Mathematik, Naturwissenschaften ziehen sich durch, aber sie werden unterschiedlich gewichtet, zudem kommen weitere Aspekte hinzu.



Zusammenhang zwischen mittlerer Lesekompetenz und mittlerer Mathematikleistung auf Länderebene. Die gerade Linie zeigt den linearen Zusammenhang, der recht gut die Daten widerspiegelt: Je besser die Schüler eines Landes im Lesetest abschneiden, desto besser sind sie im Allgemeinen auch in der Mathematik. (© Deutsches Pisa-Konsortium)



Schwierigkeit, solche Testaufgaben zu stellen?

Klieme: Um Testaufgaben stellen zu können, benötigt man Fachdidaktiker, die wissen, was Lernziele und Kompetenzen sind, die auch Schwierigkeitsgrade systematisch abstufen können, und zugleich Testexperten, die die Methodik der Testentwicklung und der Testanalyse beherrschen. Und diese beiden

Gruppen müssen auch noch gut kooperieren können. Wir haben in Deutschland Fachdidaktiker, die sehr differenziert über Lernstoffe reflektieren, aber nur wenige von ihnen haben Erfahrung mit systematischer Aufgabenentwicklung. Im Bereich der Testmethodik haben wir über 20 Jahre hinweg kaum Fortschritte gehabt, weil Leistungsdiagnostik in unserem Land praktisch tabuisiert war.

? Welche Gründe steckten hinter der Tabuisierung von Schultests?

Klieme: In den 1970er Jahren gab es einige groß angelegte Studien, insbesondere zur Evaluation von Gesamtschulen, die mit erheblichen methodischen Problemen belastet waren, die wir heute mit neuen Techniken überwinden können; das führte damals zu großem politischem Aufruhr. Die Konsequenz

Was ist Pisa-E?

Das »Programme for International Student Assessment« (Pisa) der OECD sieht vor, dass im Abstand von jeweils drei Jahren regelmäßig die Kompetenzen von 15-Jährigen in den beteiligten Staaten untersucht werden. Zum Start im Jahr 2000 wurde primär die Lesekompetenz untersucht; ergänzend wurden mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen, computerbezogene Erfahrungen und Einstellungen sowie Aspekte der Selbstregulation erfasst. Bei der nächsten Erhebung im Jahr 2003 wird die mathematische Kompetenz im Zentrum stehen, und es werden zusätzlich fächerübergreifende Fähigkeiten zum Lösen von Problemen untersucht.

Deutschland hat sich an der Erhebung des Jahres 2000 beteiligt. Das nationale Pisa-Konsortium unter Federführung des Max-Planck-Instituts für Bildungsforschung in Berlin (Prof. Dr. Jürgen Baumert), an dem auch das Deutsche Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) in Frankfurt beteiligt ist, hat in Abstimmung mit der Kultusministerkonferenz das Untersuchungsprogramm in zweifacher Hinsicht erweitert: — Um die Aussagekraft zu vergrößern, wurden in den Bereichen Lesekompetenz, Mathematik und Naturwissenschaften nationale Ergänzungstests verwendet, die stärker auf die Lehrpläne und die Unterrichtspraxis in Deutschland ausgerichtet waren. Außerdem wurden Aspekte von Kommunikation und Kooperation sowie fächerübergreifende Fähigkeiten zum Lösen von Problemen erhoben. Die begleitenden Fragebögen der internationalen Erhebung, in denen Schüler, Eltern und Schulleiter nach den individuellen, sozialen und schulischen Hintergrundmerkmalen gefragt werden, sind unter anderem um wesentlich differenziertere Angaben zu Mediennutzung und Freizeitverhalten oder zu Aspekten des Schulklimas ergänzt worden.

— In den internationalen Vergleich gingen die Ergebnisse von etwa 5000 deutschen Schülerinnen und Schülern im Alter von 15 Jahren ein. Diese Stichprobe wurde so ausgewählt, dass sie nach Bundesländern und Schulformen ein repräsentatives Abbild der deutschen Schülerschaft bietet. Bei der erweiterten Pisa-Studie (Pisa-E) wurde nun die Stichprobe wesentlich vergrößert. Über die 220 Schulen der internationalen Stichprobe hinaus sind mehr als 1000 Schulen bundesweit untersucht worden sind, um einen Vergleich zwischen den 16 Bundesländern zu ermöglichen. Damit nahmen annähernd 60 000 Schülerinnen und Schüler an dieser nationalen Ver-

gleichsstudie teil. Die Stichprobe wurde zudem so bestimmt, dass innerhalb der Bundesländer jeweils ein Vergleich zwischen den Schulformen stattfinden kann.

Über die wichtigsten Ergebnisse der inhaltlichen Erweiterung, also etwa der deutschen Zusatztests in Mathematik und Naturwissenschaften, der Untersuchung zu Kommunikations- und Kooperationsfähigkeiten und anderes mehr, wurde in dem Buch »PISA 2000 – Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich« (erschienen im Dezember 2001 im Verlag Leske + Budrich) berichtet. Die Ergebnisse der erweiterten Stichprobe konnten erst nach dem Dezember 2001 ausgewertet und Ende Juni 2002 vorgelegt werden. Der Pisa-E-Bericht ermöglicht wegen der größeren Stichprobe wesentlich differenziertere Detailanalysen, beispielsweise zu Risikogruppen und zu Problemen bei der Förderung einzelner Migrantengruppen. Das wesentlich Neue an dem Pisa-E-Bericht ist, dass er die 16 Bundesländer vergleichend darstellt. Das Konsortium hat auch Pisa-E nicht als ein bloßes ranking konzipiert, sondern als eine wissenschaftliche Untersuchung, die Funktionsweise und Wirkungen unseres Schulsystems differenziert erfasst. Beispielsweise erlaubt die Erweiterungsstudie zu untersuchen, wie stark die Kopplung zwischen sozialer Herkunft und Schulleistung innerhalb der Länder ist oder wie erfolgreich jeweils Schülerinnen und Schüler aus zugewanderten Familien gefördert werden.

Schulformen kann man über die Bundesländer hinweg kaum vergleichen, weil die Selektionsprozesse beim Übergang von der Grundschule sehr unterschiedlich verlaufen. Beispielsweise hat die Hauptschule in den Stadtstaaten eine ganz andere Klientel als in Flächenstaaten. Höchstens das Gymnasium, das überall etwa 30 Prozent der Schüler umfasst, lässt sich sinnvoll im Ländervergleich behandeln. Die Unterschiede und Gemeinsamkeiten der Schularten sind jeweils nur innerhalb eines Landes analysierbar. Dies wird in einem dritten Berichtsschritt erfolgen, und zwar Ende 2002. Dann wird jedes Bundesland einen eigenen Bericht erhalten, in dem die Ergebnisse seiner Schulformen dargestellt und verglichen werden.

Eckhard Klieme

Nähere Informationen:

www.mpib-berlin.mpg.de/pisa/PISA_E_Zusammenfassung2.pdf und <http://www.bildungsserver.de/zeigen.html?seite=1307>

war, dass ab Mitte der 1970er Jahre praktisch keine derartigen Teststudien mehr stattgefunden haben. Erst der internationale Druck brachte die Diskussion wieder ins Rollen, Deutschland konnte es sich nicht leisten, außen vor zu bleiben.

? Jetzt suchen Politiker, Schulen, Lehrer, aber auch Schüler und Eltern nach aussagekräftigen Informationen und Antworten auf die Frage »Wo stehen wir?«. Halten Sie es für sinnvoll, wenn nun auf allen Ebenen Evaluationsprozesse mit Tests und Vergleichsarbeiten gestartet werden?

Klieme: Ich finde es wichtig, dass man in den Schulen beziehungsweise generell in unserem Bildungssystem prüft, welche Ergebnisse tatsächlich erzielt werden – und das in der Tat auf allen Ebenen, von der einzelnen Klasse über die Schule bis hin zum Bildungssystem auf Länder- oder nationaler Ebene. Andererseits wäre es aber fatal, wenn wir die Schulen mit Tests überlasten. Man muss genau überlegen, was notwendig und was verzichtbar ist. Für internationale Vergleiche wie bei Pisa reichen Stichproben aus. Der Rhythmus sollte so gestaltet sein, dass zwischen den einzelnen Testphasen tatsächlich Veränderungen stattfinden können. Die brauchen Zeit, auch mehr als zwei oder drei Jahre. Außerdem sollte dieses Evaluationssystem modular aufgebaut sein: Was international oder national an Tests vorgegeben wird, kann ergänzt werden mit Aufgabenstellungen, die im Land oder an der einzelnen Schule entwickelt werden.

? Wie können denn die einzelnen Schulen solche Evaluationssysteme sinnvoll nutzen?

Klieme: Schulen sollten sich im Abstand von einigen Jahren an überregionalen Untersuchungen beteiligen, um ihren Leistungsstand, aber auch andere Aspekte der Schulqualität, beispielsweise das Schulklima, einschätzen zu können. Darüber hinaus ist es sicherlich sinnvoll, wenn Lehrer einer Fachrichtung an einer Schule intensiv miteinander kooperieren, sich über Ziele und Methoden des Unterrichts austauschen und in diesem Rahmen eigene Vergleichsarbeiten schreiben las-

sen. So kommt eine Diskussion darüber in Gang, was sie erreichen wollen. Für mich ist diese Diskussion viel wichtiger als der Abgleich der Punktergebnisse.

? Soll die Schule die Ergebnisse solcher Vergleichsarbeiten öffentlich machen? Viele Eltern wünschen dies.

Klieme: Ich plädiere dafür, solche Prozesse vorsichtig anzugehen. Es hilft nichts, wenn Schulevaluation dazu führt, dass Personen an den Pranger gestellt werden. Deshalb gefällt mir auch diese Phrase nicht, dass Lehrer und Schulen jetzt auf den Prüfstand gestellt werden sollen. Mir geht es darum, Zieldiskussion und Kooperation aller Beteiligten in Gang zu setzen. Jeder einzelne Lehrer und jedes Team von Lehrern soll die Ergebnisse kennen, Verantwortung dafür übernehmen und daran arbeiten, diese zu verbessern.

? Können Schulen und Lehrer solche Prozesse und Diskussionen ohne fachkundige externe Hilfe zu einem erfolgversprechenden Ergebnis führen?

Klieme: Nein, Schulen brauchen ein Beratungs- oder Unterstützungssystem, um Kooperationsprozesse in Gang zu setzen oder um Ideen zu bekommen für neue Arten von didaktischen Konzepten, neue Arten von Aufgaben und anderes. Beispielsweise hat das Modellprogramm Sinus von Bund und Ländern für den Mathematik- und Naturwissenschaftsunterricht sehr viele gute Ideen gebracht.

? Wenn es um Evaluation geht, fallen auch gleich Begriffe wie »Qualitätsmanagement« und »Qualitätsstandards«. Sehen Sie Ihre Aufgabe auch darin, solche Kriterien aufzustellen und sie mit praktischen Anleitungen für Politiker, Bildungsbürokraten und Lehrer anzureichern? Können Sie dazu Beispiele nennen?

Klieme: Aufgabe eines Instituts wie des Deutschen Instituts für Internationale Pädagogische Forschung oder der Hochschulen ist es sicher nicht, Standards zu definieren, genauso wenig wie wir diejenigen sind, die Lehrpläne erstellen. Die

Fragen, was unsere Schulen erreichen sollen, was unterrichtet werden soll, welches Leistungsniveau erreicht werden soll und welchen Qualitätskriterien Schulen generell gerecht werden sollen, müssen von politisch legitimierten Gremien beantwortet werden. Wir Wissen-



Prof. Dr. Eckhard Klieme, 47, lehrt und forscht seit Oktober 2001 am Fachbereich Erziehungswissenschaften der Johann Wolfgang Goethe-Universität, zudem ist der Bildungsforscher Leiter der Arbeitseinheit »Bildungsqualität und Evaluation« am Deutschen Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) in Frankfurt. Sein wissenschaftlicher Werdegang: Klieme studierte an der Universität Bonn Mathematik, Psychologie, Erziehungswissenschaft und Kommunikationsforschung, 1978 absolvierte er seine Prüfung als Diplom-Mathematiker und 1981 als Diplom-Psychologe. Von 1978 bis 1981 war Klieme wissenschaftlicher Mitarbeiter am Psychologischen Institut der Universität Bonn. Nach dem Zivildienst wechselte er 1983 an das Institut für Test- und Begabungsforschung der Studienstiftung in Bonn, dort war er verantwortlich für Forschungs- und Entwicklungsvorhaben in den Bereichen Pädagogische Diagnostik und Evaluation, Curriculumentwicklung sowie Lehr-Lern-Forschung. Während dieser Zeit (1988) promovierte Klieme über das Thema »Mathematisches Problemlösen als Testleistung«. 1998 ging Klieme zum Max-Planck-Institut für Bildungsforschung nach Berlin und arbeitete dort bis 2000 an der Timss- und der Pisa-Studie mit. 1999 wurde er in Erziehungswissenschaft an der Freien Universität Berlin habilitiert, das Thema seiner Habilitation »Förderung fachbezogener und fächerübergreifender Kompetenzen«. Zu seinen aktuellen Arbeitsgebieten gehört: Grundlagenforschung zu Schuleffektivität und Unterrichtsqualität, Evaluation im Bildungsbereich und international vergleichende Bildungsforschung.

schaftler müssen definieren, was überhaupt Standards sind und wie man sie sinnvoll entwickeln kann. Und hier sehe ich im Moment einen großen Bedarf, weil überall in Deutschland über Bildungsstandards geredet wird, aber kaum jemand genau weiß, was Standards sind.

? Besteht nicht die Gefahr, dass solche Bildungsstandards wieder nur auf Lehrpläne und Curricula reduziert werden, die alles bis ins letzte Detail festlegen?



Klieme: Das wäre in der Tat eine Gefahr. Wer Standards formulieren will, muss sich erstmal überlegen, welche Art von Kompetenzen vorrangig gefördert werden sollen. So könnte man sich beispielsweise für Mathematik darauf verständigen, dass Schüler die Kompetenz erlangen sollen, mathematische Modelle zu erstellen und damit zu arbeiten. Man könnte parallel sagen, welche Art von prozeduralen Fertigkeiten, rechnerischen Fertigkeiten, algebraischen Fertigkeiten die Schüler haben sollen. Bildungsstandards sollten dann Stufen solcher Kompetenzen unterscheiden und – letztlich mit Hilfe von Tests – festlegen, welches Niveau in welchem Alter erreicht sein muss.

? Solche Zielvorgaben richten sich an einer bestimmten Vorstellung von Lebenskompetenz aus: was benötige ich, um mein Leben bewältigen zu können? Gehört dann auch Leistung zu den Werten, die Lebenskompetenz beinhaltet?

Klieme: Für mich sind in der Schule soziale Lernziele genauso wichtig wie die fachlichen Lernziele. Ich plädiere dafür, dass bei der Diskussion über Ziele einer Schule auch Fragen des sozialen Lernens, der Motivation und des Lerninteresses und die Entwicklung von Selbstregulationsfähigkeiten mit einbezogen werden. Ich sehe allerdings zwei Probleme: Soziale Lernziele werden gegen fachliche ausspielt; dies ist in den vergangenen Jahren häufig gemacht worden, und das halte ich für falsch. Damit läuft man in eine Sackgasse. Denn wir wissen aus der Lernforschung, dass man solche fachübergreifenden Ziele im sozialen und motivationalen Bereich immer nur gemeinsam mit dem fachlichen Lernen angehen kann. Das zweite Problem betrifft das schwierige Feld der Evaluation: Wie kann man Verhalten und Einstellungen bewerten, ohne in Vorurteile zurückzufallen? Wir sind im sozialen Bereich weitgehend auf die Einschätzungen der Schüler und Lehrer angewiesen, die natürlich weniger gut vergleichbar sind als Tests.

? Einerseits nimmt der Vergleichsdruck durch die Definition von Standards immer mehr zu, andererseits fordern Sie mehr Spielraum für die Schulen für eigene pädagogische Arbeit – ist das nur ein scheinbarer Widerspruch?

Klieme: Für mich sind das ganz klar zwei Seiten einer Medaille. Schulen brauchen Spielraum für Eigenentwicklung, brauchen beispielsweise die Möglichkeit, zumindest in Grenzen über ihr Personal selbst zu entscheiden, über die Zeitrhythmen zu entscheiden, Schwerpunkte auch in Lehrinhalten zu setzen, vielleicht unterschiedliche Wege der individuellen Förderung zu beschreiten. Und diese Freiheit sollte gleichzeitig verbunden werden mit der Pflicht, über die Ergebnisse Rechenschaft abzulegen. Und dafür braucht man dann Vergleichsuntersuchungen.

? Was empfehlen Sie statt der »ewig deutschen Debatte um die Schulform«, wie es ihr Mitstreiter Baumert formuliert hat, als zielführende Diskussion?

Klieme: Die empirische Bildungsforschung hat sehr deutlich gezeigt, dass wir tatsächlich mit dieser

Schulform-Debatte in eine Sackgasse gelaufen sind – und zwar deshalb, weil die existierenden Gesamtschulen auf Grund ihrer Konkurrenz mit anderen Schulformen Merkmale entwickelt haben, die der Idee eigentlich widersprechen. So ist die Kopplung zwischen sozialer Herkunft und Leistung in den Gesamtschulen besonders hoch. Die Wahl- und Auswahlprozesse beim Übergang in die weiterführende Schule sind bestimmend; es geht eben kein breiter Querschnitt von Schülerinnen und Schülern auf die Gesamtschulen, sondern eine ganz bestimmte Teilgruppe. Eine neuerliche Diskussion über Gesamtschulen halte ich daher nicht für zielführend.

Das Hauptproblem ist: Wie gehen wir innerhalb unterschiedlicher Schulformen mit Heterogenität um. Dies betrifft den pädagogischen Alltag in den Klassen, aber auch die formale Steuerung von Bildungsgängen. Das beginnt schon in der Grundschule: Schüler sollten nicht abgeschoben oder zurückgestellt werden, weil sie irgendwelche Eingangsvoraussetzungen noch nicht erreicht haben, sondern es muss versucht werden, zu integrieren und bereits in der Grundschule differenziert zu fördern. Statt des Sitzenbleibens könnte man Schülern etwa durch Sommerkurse helfen, Lücken, die sie in einzelnen Fächern haben, auch ohne Wiederholung der ganze Jahrgangsstufe auszugleichen.

Ich plädiere auch dafür, dass unterschiedliche Abschlüsse innerhalb einer Schule möglich sein sollten, so dass Schüler nicht gezwungen sind, die Schule zu wechseln, wenn es Probleme in ihrer Entwicklung gibt. Dazu braucht man nicht unbedingt das, was wir Gesamtschule nennen. Es gibt heute auch Regionalschulen, duale Schulen, kooperative Schulformen. Wir müssen phantasievoller sein, um Bildungsverläufe zu vermeiden, die durch das Prinzip des Abschiebens charakterisiert sind.

? In heterogenen Gruppen zu unterrichten, stellt besondere pädagogische Anforderungen an die Lehrer. Scheitert das nicht auch an den großen Klassen mit über 30 Kindern?

Klieme: Das hängt auch mit dem Unterrichtsstil zusammen. Wenn der Unterricht stark von der Lehrerin oder dem Lehrer gesteuert wird und die ganze Klasse immer an demselben Gedankengang strickt, dann ist es in der Tat schwierig, mit 30 Schülern eine gemeinsame Argumentation zu entwickeln. Allerdings wird dieser lehrerzentrierte Unterricht – wie wir aus Untersuchungen wissen – nicht unbedingt erfolgreicher, wenn er in kleineren Klassen stattfindet. Wenn man aber beispielsweise arbeitsteilige Methoden verwendet, wenn man mit Methoden der Frei- und Projektarbeit arbeitet, kann man auch größere Gruppen so organisieren, dass jeder einzelne Schüler aktiv sein kann. Gleichwohl ist klar, dass die Möglichkeit, differenzierend und aktivierend zu arbeiten, von den Ressourcen abhängt; dazu gehören die Lehrer-Schüler-Relation und auch die räumlichen Voraussetzungen.

? Über die beste Lehrerausbildung wird mindestens ebenso lange gestritten wie über die beste Schulform. Das Bundesland Baden-Württemberg sieht sich mit seinem guten Abschneiden darin bestätigt, dass seine Konzept der pädagogischen Hochschulen das



Lehr-/Lernprozessen, die hierfür eine wissenschaftliche Bildung benötigen. Von daher bin ich sehr skeptisch gegenüber Konsekutivmodellen, die darauf aufbauen, dass Lehrer erst einmal ein Fachstudium absolvieren und dann ein pädagogisch orientiertes Zusatzstudium. Hier bin ich mir mit vielen Kollegen und Experten einig, die fordern, dass das Lehrerstudium sich auf fachdidaktische und pädagogische Themen konzentrieren muss. Natürlich auch fachliche Themen, die sollten allerdings nicht im Zentrum stehen. Die Hochschulen –



können. Gehört es zu Ihren Zielen als neu berufener Professor der Universität Frankfurt, für qualifizierten Nachwuchs zu sorgen? Was können zukünftige Lehrer mit der von Ihnen vermittelten Methode zur Evaluation anfangen?

Klieme: Wir brauchen Nachwuchs für die Bildungsforschung. Mit dem Lehrprogramm, das ich mit dem Fachbereich vereinbart habe, wende ich mich hauptsächlich an Diplom- und Magister-Studenten, die mit Theorien und Methoden der empirischen Bildungsforschung vertraut gemacht werden sollen. Für Lehramtsstudenten ist es wichtig, Verfahren der Evaluation zu kennen und über die Schule als Institution theoriebezogen aus unterschiedlichen Perspektiven zu reflektieren. Mit Lehrveranstaltungen zur Schulqualität möchte ich dazu beitragen, dass der Blick der zukünftigen Lehrerinnen und Lehrer für die Qualitätsdiskussion geschärft wird. ◆



richtige ist. Welches Modell favorisieren Sie? Was sollte sich bei der Frankfurter Lehrerausbildung verändern?

Klieme: Wichtig ist in der Lehrerausbildung vor allem, dass man die Lehrer als Profis für Unterricht ausbildet, und dies auch der Kern ihres Selbstverständnisses ist. Sie sind die Experten für die Gestaltung von

auch wir an der Universität Frankfurt – müssen uns Gedanken darüber machen, was der Kern des Lehramtsstudiums ist. Da mangelt es insbesondere an der notwendigen Koordination zwischen Fachdidaktiken, Psychologie und Erziehungswissenschaft.

? In Deutschland fehlt es an Experten, die Schultests entwickeln

Der moralische Zeigefinger kommt nicht gut

Was bieten neue Jugendromane Heranwachsenden – »Leseubertät« als Herausforderung für den Deutschunterricht



Über 42 Prozent der in der Pisa-Studie befragten 15-jährigen Deutschen lesen nicht zu ihrem Vergnügen, damit schneiden sie im internationalen Vergleich am schlechtesten ab. Wie man aus der Lesesozialisationsforschung weiß, kommt es während und nach der Phase der so genannten »Literarischen Pubertät« zu einem »Knick« in der Lesemotivation. In den Klassen 7 bis 10 nimmt das Interesse am Lesen rapide ab, selbst bei den Jugendlichen, die bis dahin gern gelesen haben.

Über die Lektüre der Kindheit sind die Jugendlichen hinausgewachsen, mit Büchern der Erwachsenenliteratur, durch die sie Literatur in ihrer momentanen Lebenssituation als etwas subjektiv Bedeutsames erleben könnten, sind sie zu meist noch nicht in Berührung gekommen. Diese grundlegende Erfahrung, dass Literatur sie selbst betrifft und relevant ist für die Auseinandersetzung mit den eigenen Lebensthemen, ist jedoch für Aufbau

beziehungsweise Erhalt einer stabilen Lesemotivation unerlässlich. Die Folge ist zumeist ein Leseabbruch oder aber eine wachsende Kluft zwischen den Lektürangeboten des Deutschunterrichts und der Privatlektüre, soweit in der Freizeit überhaupt noch gelesen wird.

Untersuchungen zur literarischen Sozialisation bescheinigen dem herkömmlichen Deutschunterricht in der Sekundarstufe I nur begrenzte Einflussmöglichkeiten auf die Lesentwicklung der Schüler^{1/}. Als Ursache für den Motivationsverlust im Deutschunterricht nennen die Befragten zumeist zwei Gründe: Der traditionell-literarische Lektürekanon spricht sie nicht an, die Texte werden »zerredet«. Das Spannungsverhältnis zwischen den subjektiven – überwiegend thematisch ausgerichteten – Interessen der Schüler und den literaturdidaktischen – auf die Vermittlung literarischer Bildung angelegten – Intentionen ihrer Lehrer erreicht in dieser Phase seinen Höhepunkt und stellt sich täglich neu als didaktische Herausforderung. Ob sich dieser Konflikt allein durch ein offeneres Literaturangebot und durch vielfältigere (beispielsweise handlungsorientierte) methodische Verfahren lösen lässt, ist noch nicht erwiesen. So vermutet Bettina Hurrelmann, dass die genannten Vermittlungsprobleme nicht nur unterrichts-, sondern auch entwicklungsabhängig sind^{2/}.

Literatur als Hilfe bei der Entwicklung des Selbst- und Weltbilds

Dennoch: Wie können Lehrer dieser Motivationskrise begegnen? Auch hier liefern Leserbiografien aufschlussreiche Hinweise: Lesen wird im Nachhinein dann als subjektiv bedeutsam erfahren, wenn sich die Texte als hilfreich erweisen bei der Bewältigung aktueller Entwicklungsaufgaben und der Arbeit an der eigenen Identität^{3/}.

Zu diesen alterstypischen Entwicklungsaufgaben gehören beispielsweise die Ablösung von den Eltern und die Auseinandersetzung mit neu zu erlernenden geschlechtsspezifischen und sozialen Rollen, die mit dem Erwachsenenstatus verbunden sind: Wie verhalte ich mich als erwachsene Frau, als erwachsener Mann, als Liebes- und Sexualpartner(in), als Staatsbürger(in), in der künftigen Berufsrolle und in der Gruppe von Gleichaltrigen? Vor allem auch die Entwicklung einer stabilen Ich-Identität, die ein permanentes Ausbalancieren zwischen Umwelterwartungen und persönlichen Bedürfnissen erfordert, ist eine weitere Aufgabe. So ist es notwendig, eigene Norm- und Wertvorstellungen sowie das Selbst- und Weltbild ständig zu überprüfen. Literatur kann dabei eine wichtige und hilfreiche Rolle spielen. Leserbiografien zeigen immer wieder, dass Jugendliche in dieser Phase der Verhaltensunsicherheit und extensiven Beschäftigung mit sich selbst häufig – auch unbewusst – nach Spiegelliteratur suchen, die ihnen einen anderen Blickwinkel auf ihre eigenen Probleme ermöglicht.

Diese Erkenntnisse kann sich der Deutschunterricht zunutze machen. Unterrichtsversuche in der Sekundarstufe I zeigen, dass der Literaturunterricht dann als interessant und lesemotivierend erlebt wird, wenn Texte angeboten werden, die Lebensthemen der Heranwachsenden in sprachlich und literarisch angemessener Form aufgreifen. Daher

Nominiert für den Deutschen Jugendliteraturpreis: Die jährlich erscheinende Auswahlliste enthält alle aktuell für den Deutschen Jugendliteraturpreis nominierten Titel (mit den Jurybegründungen) – jeweils sechs in den Sparten Bilderbuch, Kinderbuch, Jugendbuch und Sachbuch. Die Nominierungsliste ist eine wertvolle Orientierungshilfe für alle Vermittler und natürlich auch für den Deutschunterricht.



bietet der Umgang mit Jugend- und Adoleszenzromanen im Deutschunterricht ein vielversprechendes, noch weitgehend ungenutztes Potenzial der Leseförderung. Moderne Jugend- und Adoleszenzromane thematisieren den Lebensabschnitt Jugend und setzen sich mit jugendspezifischen Erfahrungen, Gefühlen und Bewusstseinslagen auseinander. Doch nicht nur inhaltlich ist der moderne Jugend- und Adoleszenzroman didaktisch relevant. Mit seiner bemerkenswerten literarischen Qualität unterscheidet sich dieses Genre nicht mehr von der intentionalen Erwachsenenliteratur^{14/}. Zu Recht beklagt der Literaturdidaktiker Günter Lange die Diskrepanz zwischen der mittlerweile allgemein anerkannten literarischen Bedeutung des modernen jugendliterarischen Adoleszenzromans und seinem noch zu geringem literaturdidaktischen Stellenwert. Wie einschlägige Untersuchungen zum Einsatz von Jugendliteratur im Unterricht zeigen^{15/}, orientiert sich die Lektüreauswahl für die Klassen 9 und 10 noch immer am traditionellen Kanon, während in den Klassen 5 bis 8 der realistische problemorientierte Jugendroman dominiert. Dabei beschränkt sich die Textauswahl zumeist auf einige wenige Titel überwiegend aus den 1970er Jahren, die sich mittlerweile zu »Klassikern« der Unterrichtslektüre entwickelt haben (wie *Rolltreppe abwärts* von Hans Georg Noack).

Der problemorientierte Jugendroman: gut gemeint, oft schlecht gelungen

Die moderne Jugendliteratur in ihrer reichen Themen-, Formen- und Funktionsvielfalt findet nur sehr zögerlich Eingang in die Schulen, vielmehr dominiert im Unterricht ein Genre, das mehr gut gemeint als wirklich gut gelungene Titel auf dem Markt hat. Dieses realistische »Problembuch« wird auch heute noch – ganz in der Tradition der 1970er Jahre – in aufklärerischer und sozialkritischer Intention als Mittel zum sozialen und politischen Lernen genutzt und dabei oft als Erziehungsmittel zur politisch korrekten Gesinnung funktionalisiert.

Nicht selten verbirgt sich hinter einem gut gemeinten »Themenbuch« eine moralisierende Beispielgeschichte in modernisierter Aufmachung, die ihre Leser auf absichtsvolle und durchsichtige Weise

zum Guten »manipulieren« will. Dies ist nicht immer auf den ersten Blick erkennbar oder wird nicht weiter als störend empfunden, vor allem dann nicht, wenn man die zugrundeliegenden Moral- und Wertvorstellungen teilt. Wer würde sich beispielsweise nicht gegen Unrecht, Gewaltausübung, Unterdrückung, Fremdenhass oder Intoleranz aussprechen?

Jedoch: »Gegen das moralisierende, das normierende Kinderbuch ist aus pädagogischen Gründen Einspruch zu erheben«, so bringt es der Literatur- und Erziehungswissenschaftler Volker Ladenthin auf den Punkt^{16/}. Dies gilt im selben Maße für das Jugendbuch. »Die moralisierende Beispiel-



geschichte wird in ihrer Untauglichkeit nur noch durch die direkte Ermahnung übertroffen.« Und hier liegt die Schwäche einer Vielzahl von modernen Jugendromanen mit sozialkritischem Anspruch: Sie drängen ihren Lesern Werturteile auf und verhindern damit eine autonome Urteilsbildung. Ihre Wirkung auf die jugendlichen Leser ist dabei oftmals kontraproduktiv. Jugendliche haben ein feines Gespür für alles Absichtsvolle und entziehen sich gern jeder erkennbaren Indoktrination. »Die Erzählung hat im Erziehungskontext dann eine wichtige Bedeutung, wenn sie Urteile nicht suggeriert, sondern zum Urteilen anregt.«^{16/}

Neuere Jugendromane, die eigene Urteilskraft schärfen

Wer als Autorin oder Autor die heranwachsenden Leser ernst nimmt, wird Erzählformen wählen, die kei-



ne Werturteile vorgeben, sondern die eigene Urteilskraft herausfordern und stärken. Dazu ein Beispiel: Die modernen Jugendromane der Autorin Kirsten Boie markieren eine Wende von der »moralisierenden Beispielgeschichte« zur »sozialpsychologischen Fallstudie«^{17/}. Kirsten Boie gilt als äußerst genaue, gewissenhafte und unvoreingenommene soziale Beobachterin, die mit Hilfe innovativer, dem Thema angemessenen Erzähltechniken ihre jungen Leser in der Entwicklung einer autonomen Werturteilsfähigkeit unterstützt.

So hütet sie sich in ihrem Montageroman *Erwachsene reden. Marco hat was getan* vor eindeutigen Schuldzu-

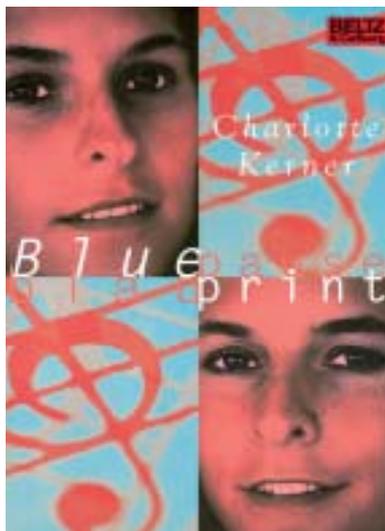


weisungen und monokausalen Erklärungsmustern. Sie konfrontiert ihre Leser mit dem fiktiven Fall eines Brandanschlags gegen ein von Ausländern bewohntes Haus, bei

»Wie wird so einer zum Mörder?« – mit dieser Frage setzt sich die Autorin Kirsten Boie in einer »soziologischen Fallstudie« auseinander. Wie ein Puzzle erschließt sich dem Leser in »Erwachsene reden. Marco hat was getan« (dtv) ein Ursachegeflecht, das zu einer verhängnisvollen »Kurzschlusshandlung« geführt hat.

Der Band »Gewalt, Mobbing, Zivilcourage – Lesen in der Schule« (dtv) von Hannelore Daubert enthält acht im Unterricht erprobte Unterrichtsmodelle zum Einsatz von modernen Jugendromanen in den Klassen 5 bis 11 (unter anderem zu den angegebenen Titeln von Kirsten Boie).

Einen spannenden psychologischen Jugendroman über »alltägliche« Gewalt unter Schülern hat Kirsten Boie mit »Nicht Chicago. Nicht hier.« (dtv) geschrieben. Die Autorin wählt einen neuen Blickwinkel auf ein bekanntes Thema. Im Mittelpunkt stehen nicht der Täter und seine Motive für die Tat, sondern das Opfer und die psychologischen Auswirkungen des Geschehens – nominiert für den Deutschen Jugendliteraturpreis 2000.



Ein gründlich recherchiertes und spannend erzählter Zukunftsroman über ein beklemmendes Thema: Das Klonen von Menschen, demnächst wird »Blueprint – Blaupause« (Verlag Beltz & Gelberg) von Charlotte Kerner mit Franka Potente in der Hauptrolle verfilmt – ausgezeichnet mit dem Deutschen Jugendliteraturpreis 2000.

dem zwei Kinder ums Leben gekommen sind. Als literarisches Mittel wählt sie die quasi-authentische Form einer journalistischen Dokumentation; der Leser wird dabei in die Rolle eines Journalisten versetzt, der mit den unkommentierten Aussagen der beteiligten Personen konfrontiert wird. Er ist dabei weder voyeuristischer Beobachter eines Tathergangs noch emotional beteiligter Zeuge, sondern distanzierter Beobachter. Diese innovative Form der Darstellung wird der Komplexität der Thematik gerecht und ermöglicht es den Lesern, gleichzeitig Zusammenhänge zu erkennen und sich ein eigenes Urteil zu bilden. Die Autorin verzichtet auf jede pädagogische Gängelung. Die Form der Darstellung ermuntert zum (strukturaläquaten) handlungs- und produktionsorientierten Umgang mit dem Text: So können Schüler die von der Autorin angebotene Journalistenrolle einnehmen und beispielsweise das »Rohmaterial« für eine vertiefende Weiterarbeit (wie eine

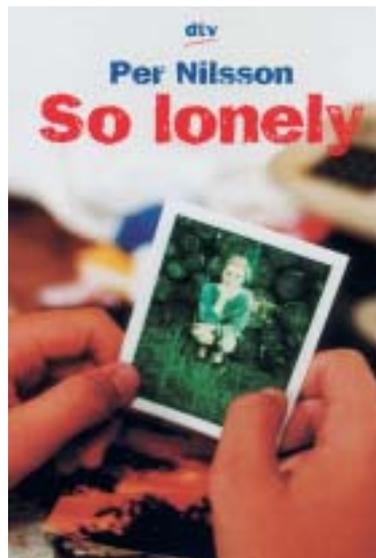
Erste Liebe, große Gefühle, Selbsttäuschung, Liebeskummer – »So lonely« (dtv), ein außergewöhnlicher tragik-komischer Liebesroman von Per Nilsson, erzählt aus der Perspektive eines männlichen Protagonisten. Ein »moderner« Werther – ausgezeichnet mit dem Deutschen Jugendliteraturpreis 1997.

eigene Reportage, Interviews mit weiteren Personen) nutzen. Auch eine gespielte Gerichtsverhandlung bietet sich bei Fragen der Schuld und Mitschuld der einzelnen an^{77/}.

Ähnlich zu bewerten ist Kirsten Boies psychologischer Jugendroman über »alltägliche« Gewalt unter Schülern *Nicht Chicago. Nicht hier*. Der 13-jährige Niklas wird von einem Mitschüler schikaniert und terrorisiert, ganz ohne Grund, mit immer abscheulicheren Methoden. Dieser Roman weicht in seiner Konzeption ganz entscheidend von den üblichen »Themenbüchern« ab. Die Autorin wählt einen neuen Blickwinkel: Sie konfrontiert ihre Leser mit der Innensicht des Opfers und verzichtet auf die üblichen sozialpädagogischen Erklärungsmuster und Lösungsansätze. Die emotionale Betroffenheit führt bei den jungen Lesern zu einer intensiven Auseinandersetzung mit dem Thema.

Ein Blick in die jährlich erscheinenden Auswahllisten der für den

deutschen Jugendliteraturpreis nominierten Bücher – übrigens eine wertvolle Orientierungshilfe auch für den Unterricht – macht deutlich, dass sich der moderne Jugend- und Adoleszenzroman vor allem seit Beginn der 1990er Jahre international zu einem bedeutenden Genre der modernen Jugendliteratur entwickelt hat. Er hat zunehmend die literarischen Erzählmuster der Gegenwartsliteratur adaptiert^{74/}. Hierzu zählen Romane von Mats Wahl (*Winterbucht; Der Unsichtbare*), Peter Pohl (*Nennen wir ihn Anna; Du fehlst mir, du fehlst mir so*), Brock Cole (*Celine oder welche Farbe hat das Leben*); Andreas Steinhöfel (*In der Mitte der Welt*), Per Nilsson (*So lonely*), Charlotte Kerner (*Blueprint – Blaupause*) – ein Science Fiction Roman zur Gentechnologie, dessen Verfilmung gerade begonnen hat, um nur einige zu nennen. Unterrichtspraktische Erfahrungen im Umgang mit diesen Romanen stimmen optimistisch und zeigen, dass man auch in den Klassen 7 bis 10 zum Lesen motivieren kann, ohne das literarische Lernen zu vernachlässigen^{78/}. ◆



Die Autorin:

Hannelore Daubert lehrt als Studienrätin im Hochschuldienst am Institut für Jugendbuchforschung. Sie ist Autorin und Herausgeberin zahlreicher Publikationen zur Kinder- und Jugendliteratur und ihrer Didaktik sowie Autorin und Mitherausgeberin von Lesebüchern. Sie war vier Jahre lang Mitglied der Jury für den Deutschen Jugendliteraturpreis und ist zur Zeit Vorsitzende des Arbeitskreises für Jugendliteratur e.V., des Dachverbands der Kinder- und Jugendliteratur in Deutschland, und in dieser Funktion Präsidentin der deutschen Sektion des International Board on Books for Young People (IBBY).

Literatur

^{1/1} Eggert, Hartmut/ Garbe, Christine: Literarische Sozialisation. Metzler Verlag, Stuttgart 1995.

^{1/2} Hurrelmann, Bettina: Sozialhistorische Rahmenbedingungen von Lesekompetenz sowie soziale und personale Einflussfaktoren. In: Norbert Groeben/ Bettina Hurrel-

mann (Hrsg.): Lesekompetenz. Bedingungen, Dimensionen, Funktionen. Juventa Verlag, Weinheim/München 2002, S. 123 – 150.

^{1/3} Hurrelmann, Bettina: Kinder- und Jugendliteratur in der literarischen Sozialisation. In: Günter Lange (Hrsg.): Taschen-

buch der Kinder- und Jugendliteratur, Band 2, Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler 2000, S. 901 – 921.

^{1/4} Lange, Günter: Erwachsen werden. Jugendliterarische Adoleszenzromane im Deutschunterricht. Schneider Verlag Hohengehren, Baltmannsweiler 2000.

^{1/5} Runge, Gabriele: Lesesozialisation in der Schule. Untersuchungen zum Einsatz von Kinder- und Jugendliteratur im Unterricht. Verlag Königshausen und Neumann, Würzburg 1997.

^{1/6} Ladenthin, Volker: Kinder- und Jugendbücher. Poetik und Autorität. In: Hans-Heino Ewers u.a.

(Hrsg.): Jahrbuch Kinder- und Jugendliteraturforschung 1999/ 2000. Metzler Verlag, Stuttgart 2000, S. 86 – 98.

^{1/7} Daubert, Hannelore (Hrsg.): Gewalt, Mobbing & Zivilcourage – Lesen in der Schule mit dtv junior. Un-

terrichtsvorschläge für die Klassen 5 – 11. Deutscher Taschenbuchverlag, München 2002.

^{1/8} Daubert, Hannelore: Jugendliteratur im Unterricht der Sekundarstufe. In: Kaspar H. Spinner (Hrsg.): Neue Wege im Literaturunterricht. Schroedel Verlag, Hannover 1999, S. 33 – 42.

Auf die Struktur kommt es an

Magnetische Resonanzspektroskopie in der biologischen Forschung

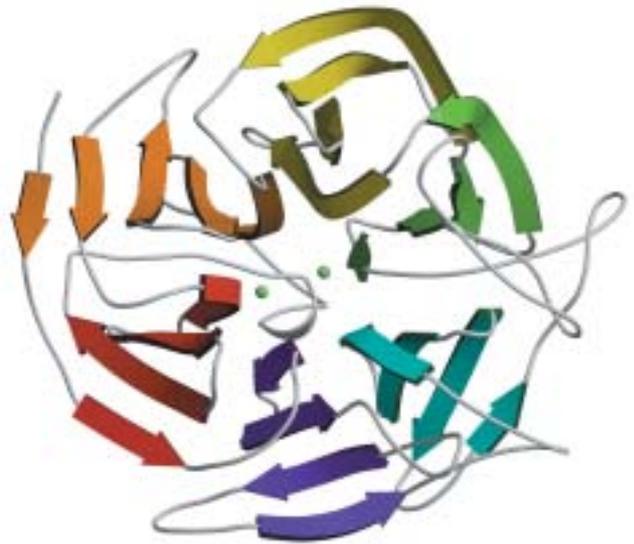
Die magnetische Resonanz ist ein spektroskopisches Werkzeug, das die Untersuchung von Stoffen im flüssigen und festen Zustand erlaubt. Ihr Anwendungsgebiet reicht von den Materialwissenschaften bis zur Erforschung der biologischen Vorgänge in unseren Zellen. Neben dem wichtigen Einsatz in der chemischen Analyse sowie der Erprobung und Überprüfung neuer Werkstoffe werden die Methoden der magnetischen Resonanz immer stärker für die Aufklärung der Funktion und Struktur biologischer Makromoleküle eingesetzt. Nach der Entschlüsselung der menschlichen Erbsubstanz und der Genome anderer Organismen gilt den Genprodukten, den Proteinen – insbesondere ihrer Struktur – in der »postgenomischen Ära« das Interesse der Wissenschaftler. Die Struktur ist das Verbindungsstück zwischen der Abfolge der Aminosäuren in Proteinen und der biologischen Funktion und damit gewissermaßen die andere, vielleicht bedeutendere Seite der Medaille bei der Entschlüsselung der genomischen Information. Wissenschaftler aus verschiedenen Forschungsbereichen wie der Molekularbiologie, der präparativen Biochemie, der Chemie, der Biophysik, der Pharmazie und der Medizin arbeiten dabei eng zusammen.

Eine der großen Herausforderungen der postgenomischen For-

schung ist es, spezifischen Gensequenzen schnell bestimmte Strukturen und biologische Funktionen zuordnen zu können. Darüber hinaus ist die Strukturbiologie für den Entwurf neuer Biomoleküle und für die kombinatorische Chemie eine wichtige Voraussetzung. Außerdem haben die Strukturen von RNA- und DNA-Sequenzen große Bedeutung für das Verständnis von Transkriptions- und Translationsvorgängen, das heißt den Wegen, mit denen die genetische Information in Strukturinformation für die Genprodukte – die Proteine – umgesetzt wird. Um diese analysieren zu können, müssen sie zuvor in ausreichender Menge mit Hilfe der biologischen Synthese in Bakterien, der chemischen Synthese oder zellfrei hergestellt werden. Für die sich dann anschließende Strukturanalyse werden gegenwärtig die Methoden der NMR (Nuclear Magnetic Resonance)-Spektroskopie, der Röntgenstrukturanalyse, der Neutronenbeugung und der Elektronenmikroskopie mit hohem Aufwand weiter entwickelt (siehe »Was sind NMR und EPR?«, Seite 75).

Strukturaufklärung von Proteinen

Bislang wurde die NMR-Spektroskopie vor allem dazu angewandt, die Strukturen biologischer Makromoleküle in Lösung zu ermitteln. Die dabei gewonnenen Informatio-



nen geben Aufschluss über die dynamischen Prozesse, die mit der Funktion und der Faltung dieser Moleküle zusammenhängen. Darüber hinaus erlaubt die NMR-Spektroskopie das Studium der Wechselwirkungen zwischen Molekülen bei Reaktionen der Zellen auf Umwelteinflüsse, Entwicklung oder Wachstum eines Organismus. Neben der eigenständigen Strukturaufklärung von kleineren Proteinen bildet die NMR-Technik auch eine Ergänzung zu den besonders häufig angewandten Beugungsverfahren der Kristallstrukturanalyse. Hierbei ist es eine Stärke der NMR-Spektroskopie, neben der statischen Beschreibung der Struktur von Proteinen auch genaue Einblicke in die Fluktuationen in-

1 Struktur der Diisopropylfluorophosphatase (DFPase). Dieses »industrielle« Enzym wird in größeren Mengen (zehn bis 100 Kilogramm) mit Hilfe von Mikroorganismen produziert und zur Dekontamination und Entsorgung von toxischen Organophosphaten (zum Beispiel Sarin, Soman) eingesetzt. Die Struktur wurde aus Kristallstrukturuntersuchungen und aus NMR-Studien ermittelt¹¹.

Anzeige

Anzeige

nerhalb der Proteine liefern zu können. Denn bei den Temperaturen in unseren Zellen, bei denen Reaktionen ablaufen, sind Proteine, DNA und RNA keine fest fixierten Einheiten, sondern »atmen« gewissermaßen, führen also Bewegungen aus. Diese Bewegungen können lokal von kleiner Amplitude und sehr schnell sein (einige Millionstel einer Sekunde oder noch schneller), oder auch einige Sekunden oder Minuten dauern – letzteres ist zum Beispiel die Zeitskala, in der Proteine nach ihrer Synthese ihre dreidimensionale Gestalt (Proteinfaltung) annehmen.

Eines der weltweit leistungsfähigsten NMR-Spektrometer steht in Frankfurt

Die Strukturen von Proteinen und Nukleinsäuren werden normalerweise dadurch bestimmt, dass man die Abstände zwischen den Wasserstoffatomen in den Molekülen oder die Bindungswinkel zwischen Paaren von Atomen in diesen Molekülen misst. In Molekülen, die ein paramagnetisches Zentrum aufweisen, lassen sich mit Hilfe der Elektronenspinresonanz (EPR)-Spektroskopie, aber auch der NMR-Spektroskopie, Abstände und Winkelbeziehungen zwischen dem paramagnetischen Zentrum und den benachbarten Atomen ermitteln. Ein solches paramagnetisches Zentrum kann zum Beispiel ein Atom mit einem einzelnen Elektron sein, ähnlich einem Permanentmagneten, den Kinder als Spielzeug nutzen. Wenn es gelingt, die biologischen Makromoleküle durch geeignete Lösungsmittel oder spezielle große Partikel wie Bakteriophagen oder Membranfetzen im Magnetfeld auszurichten,

können zusätzlich Orientierungsparameter erhalten werden, die ebenfalls zur Strukturanalyse beitragen. Durch die Auswertung von NMR-Parametern mit Programmen, die unter anderem am Frankfurter Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz entwickelt wurden (siehe »Großforschungseinrichtung der Europäischen Union«, Seite 78), wird die schnelle spektrale Zuordnung von Resonanzsignalen und die Berechnung der Lösungsstrukturen sowie die Simulation der Bewegung ermöglicht. Wie bei der Kristallstrukturanalyse ist die automatisierte Auswertung ein Schwerpunkt gegenwärtiger Anstrengungen. Denn dies würde es ermöglichen, immer schneller die Struktur der Genprodukte zu erarbeiten – eine wichtige Aufgabe, bedenkt man, dass neue Informationen über Gene mit einer atemberaubenden Geschwindigkeit (eine Gigabase) Monat für Monat generiert werden. Um eine bessere Auflösung oder eine bessere Trennung der Signale zu erreichen, wurden von Spektrometerherstellern die Magnetfeldstärken immer wieder verbessert. Das Frankfurter Zentrum hat seit Ende August eines der ersten 900 Megahertz NMR-Spektrometer mit einer Magnetfeldstärke von 21 Tesla, das als Leihgerät der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) dem Zentrum zur Verfügung gestellt wird. Dieses etwa sechs Millionen Euro teure Gerät ist eines von zwei Geräten dieser Art, die von der DFG für die deutsche Forschung beschafft werden. Ein zweites wird an der Technischen Universität München installiert.

Als weitere Entwicklung der NMR-Technologie gilt die so genannte Kryoprobentechnologie, die zu einer dramatischen Steigerung der Empfindlichkeit führen und somit die gegenwärtig noch größeren Probenmengen für NMR-Untersuchungen weiter reduzieren wird. Hierbei wird die Weiterleitung der aufgenommenen Signale bei etwa – 240 Grad Celsius durchgeführt, was die Verluste durch Leiterwiderstände reduziert und somit die Empfindlichkeit der NMR-Experimente erhöht.

Neben der eigentlichen Untersuchung der Lösungsstruktur von biologischen Makromolekülen vermittelt die NMR-Technologie Informationen zu biologischen Problemstel-

lungen, die durch andere Verfahren nicht erhalten werden können:

Proteinfaltung

Die richtige Faltung eines Proteins zu einer dreidimensionalen Struktur ist essentiell für seine Funktion und direkt mit der Intensität und der Regulation biologischer Aktivität gekoppelt **1**. Eine Störung des Faltungsvorgangs führt deswegen zu einem Ausfall der Funktionen in lebenden Systemen. Tatsächlich gibt es eine Reihe von Krankheiten, wie die zystische Fibrose oder die Creutzfeldt-Jakob-Krankheit, die auf Grund von fehlerhaft gefalteten Proteinen entstehen. Da die Faltung außerdem eine notwendige Voraussetzung für die Bildung der Nukleinsäuren ist und für die Assoziation von Komplexen zwischen Proteinen und Protein-RNA-Molekülen in Viren erforderlich erscheint, ist das Verständnis des Faltungsprozesses auch von großer Bedeutung für die Arzneimittelforschung, um Proteine mit neuen Funktionen entwerfen zu können. Aber auch die Entfaltung von Proteinen ist wichtig für ihre biologische Funktion. Einige Proteine »arbeiten« nur, wenn sie entfaltet sind, andere Proteine »organisieren« eine korrekte Faltung anderer Proteine, indem sie direkt in den Faltungsprozess eingreifen. Entfaltete Proteine neigen zur Aggregation – sie bilden Fibrillen und so genannte Plaques, die zum Beispiel für Krankheiten wie Alzheimer oder BSE charakteristisch sind. Die NMR-Spektroskopie ist in besonderer Weise geeignet, die Faltung oder Entfaltung von Proteinen zu beschreiben. Mit ihrer Hilfe können diese Strukturen in Lösung bestimmt und gleichzeitig die dynamischen Parameter, die für den Faltungsprozess verantwortlich sind, charakterisiert werden. Die Untersuchung der Strukturen und ihrer Dynamik von Intermediaten oder nicht-nativen Zuständen der Proteine steht im Mittelpunkt der Arbeiten von Prof. Dr. Harald Schwalbe **2**.

Genregulation

Protein-DNA- und Protein-RNA-Wechselwirkungen regulieren die Expression der genetischen Information. Es gibt mehrere Regulationsebenen bei der Transkription, der Übertragung der genetischen Information von DNA auf die RNA, und der Translation, der Informations-



Die Mitglieder des neuen Zentrums für Biomolekulare Magnetische Resonanz (von links): Prof. Dr. Harald Schwalbe, Prof. Dr. Clemens Gaubitz, Prof. Dr. Thomas Prisner und Prof. Dr. Heinz Rüterjans.

Was sind NMR und EPR?

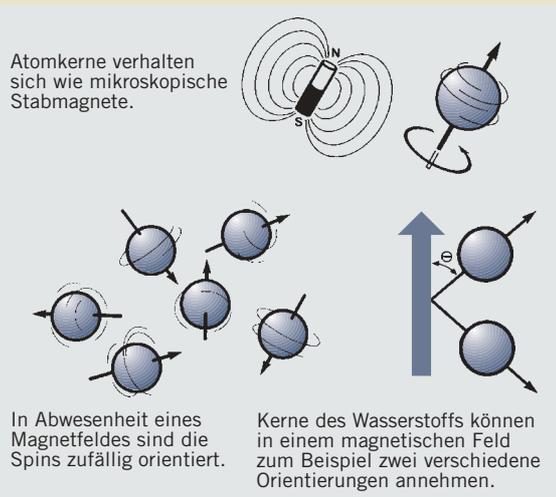
Während die EPR (Electron Paramagnetic Resonance)-Spektroskopie die Eigendrehung, den Spin, von einzelnen »nicht gepaarten« Elektronen von Übergangsmetallen oder radikalischen Verbindungen als Sonde verwendet, nutzt die Kernresonanzspektroskopie (Nuclear Magnetic Resonance, NMR) den Spin verschiedener Atomkerne wie dem Wasserstoff. Das Skelett der Bio-

Magnetfeld versuchen sie, sich dem Feld entsprechend auszurichten; sie rotieren wie Kreisel um die Achse des äußeren Magnetfeldes. Ein Kreisel kann jeden beliebigen Winkel zur Schwerkraftachse einnehmen. Die Quantengesetze erlauben dem Spin dagegen nur bestimmte Winkel zur Richtung des äußeren Magnetfeldes – die Atomkerne können deshalb nur zwischen diskreten Werten des Spins, also von Einstellung zu Einstellung umklappen **1**.

Wenn man in der NMR-Spektroskopie Radiowellen genau mit der Energie einstrahlt, die der Kreiselfrequenz entspricht, ist es möglich, Kerne, die in einer erlaubten Einstellungsrichtung rotieren, in eine andere erlaubte Einstellungsrichtung zu zwingen. Diese Radiowellen liegen in dem Ultrakurzwellenbereich, den wir auch zum Radiohören verwenden. Die Energie für diesen Übergang, die dem Radiofrequenzfeld entnommen wird, kann gemessen werden. Die Energieabsorption ergibt ein Signal für die jeweilige Kernsorte. Das gleiche grundlegende Prinzip wird in der EPR-Spektroskopie an den ungepaarten Elektronen des Moleküls verwendet. Dort sind die verwendeten Frequenzen allerdings dem Mikrowellenbereich zuzuordnen. Mikrowellenfrequenzen werden auch für Satellitenübertragungen eingesetzt. Der den Radiowellen entnommene Energiebetrag ist abhängig vom äußeren Magnetfeld, das am Kernort wirkt. Hätten Atomkerne keine Hülle aus Elektronen, wäre das entstehende Spektrum langweilig: Sämtliche Wasserstoffkerne würden nur einen Ausschlag im Spektrum liefern. Durch die Elektronenhülle um die Atomkerne wird das außen angelegte Magnetfeld abgeschwächt, die Kerne »sehen« ein unterschiedliches Magnetfeld. Deswegen absorbieren sie auch nicht alle bei derselben Radiofrequenz Energie. Je nach Struktur der Moleküle unterscheiden sich die Elektronenhüllen und damit die NMR-Signale der einzelnen Atomkerne (auch der gleichen Sorte) – ein Spektrum entsteht. Aus der Position des Signals im Spektrum lässt sich auf die Anordnung des betreffenden Atoms im Molekül schließen.

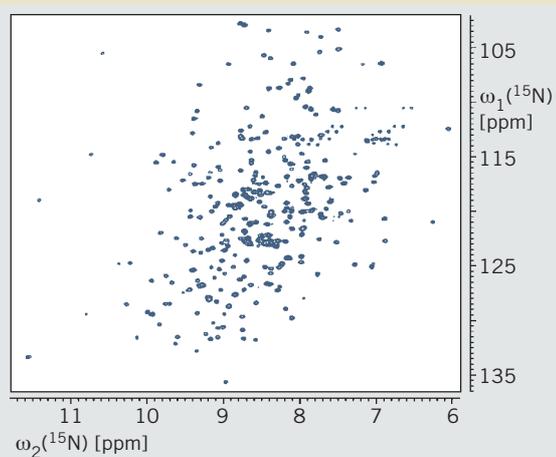
Um die einzelnen Signale zu trennen, werden die Spektren zwei- oder dreidimensional aufgelöst. In der mehrdimensionalen NMR-Spektroskopie wird ausgenutzt, dass die Atomkerne, die wie Elementarmagnete wirken, auf zwei Weisen miteinander wechselwirken können: Entweder über die Bindungselektronen, die für die chemische Bindung sorgen, oder durch Energieaustausch über den Raum, so wie zwei Magnete Energie austauschen, je nachdem, ob sie parallel oder antiparallel mit ihren magnetischen Polen zueinander ausgerichtet sind. Immer dann, wenn zwei benachbarte Atomkerne über die Bindungen oder über den Raum miteinander »sprechen« können, ist in der zweidimensionalen NMR-Spektroskopie mit einem so genannten Kreuzsignal zu rechnen, das dann diese Kommunikation der Atomkerne anzeigt **2**.

Die mehrdimensionale NMR-Spektroskopie ist nur nach entsprechender Anreicherung der Proteine oder Nukleinsäuren mit den stabilen Isotopen ¹³C und ¹⁵N möglich. Mit geeigneten, in den stabilen Isotopen angereicherten Medien werden Proteine mit bakteriellen Systemen oder durch »in vitro«-Verfahren exprimiert und in den ¹³C-, ¹⁵N-Isotopen angereichert. Selbst wenn es gelingt, die einzelnen Resonanzen oder Kreuzsignale in mehrdimensionalen Spektren getrennt darzustellen, müssen die Signale der miteinander wechselwirkenden Atome des Proteins noch zugeordnet werden. Die Information aus dem Spektrum kann nur dann verarbeitet werden, wenn bekannt ist, von welchen Atomen die Signale stammen. Die Zuordnung der Kreuzsignale kann inzwischen mit entsprechenden Computerprogrammen automatisch vorgenommen werden. Die aus entsprechenden NMR-Parametern abgeleiteten Abstände zwischen Wasserstoffatomen und Bindungswinkel oder Orientierungsparameter werden im Computer in die räumliche Struktur des Proteins oder der Nukleinsäure umgesetzt.

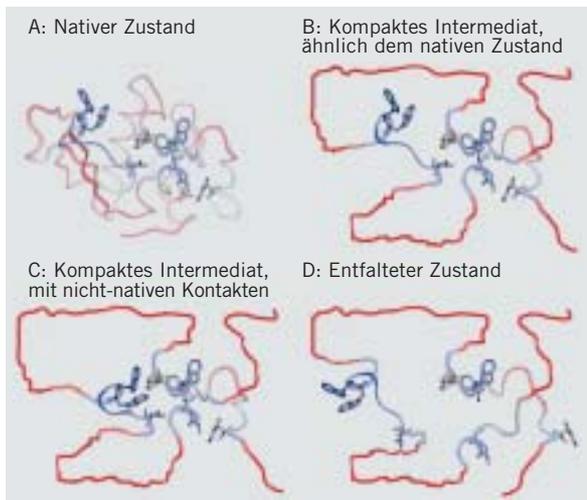


1 Orientierung der Atomkerne in einem magnetischen Feld.

moleküle besteht aus Kohlenstoff (C) und aus Stickstoff (N). Die häufigsten Kohlenstoffatome mit zwölf Kernteilchen (¹²C) ergeben zwar kein Kernresonanzsignal, dafür aber die schwerere Version ¹³C, beim Stickstoff die gegenüber ¹⁴N schwerere Version ¹⁵N. Diese Atomkerne oder auch ungepaarte Elektronen verhalten sich wie kleine Magnete: In einem



2 Zweidimensionales (2D) Korrelationsspektrum eines Proteins, in dem jeder Peak von den aneinander chemisch gebundenen Wasserstoff- und Stickstoff-Atomen einer Aminosäure herrührt.



2 Damit Proteine ihre Funktion ausüben können, müssen sie in die richtige dreidimensionale Struktur falten. Wie dies geschieht und welche Intermediate gebildet werden, kann mit Hilfe der NMR-Spektroskopie untersucht werden. Abgebildet sind die Strukturen des Enzyms Lysozym in den verschiedenen Zuständen des Faltungsprozesses. Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Chris Dobson (University Cambridge, UK) und Prof. Dr. Taji Imoto (University of Fukuoka, Japan) durchgeführt^{2/}.

übertragung von der Nukleinsäure zum Protein. Je nach Umgebung und Entwicklungsstadium regulieren bestimmte Signale, welche Gene zu einem bestimmten Zeitpunkt in Zellen gebildet werden. Es ist deswegen wichtig, die Struktur der entsprechenden DNA- und RNA-Bindungsproteine aufzuklären und ihre Wechselwirkungen mit dem Zellbestandteil, an dem die Reaktion stattfindet, zu verstehen. Das Verständnis dieser Vorgänge könnte zu neuen Verbindungen führen, die dazu beitragen könnten, fehlerhafte regulatorische Kreisläufe zu reparieren. Es ist bekannt, dass bestimmte Mutationen, die mit chronischen Krankheiten oder Geburtsfehlern in Verbindung gebracht werden, in nicht-kodierenden Regionen der Gene oder in Proteinen, die an diese

Stellen binden, auftreten. Auch für die Wechselwirkung zwischen Proteinen und Nukleinsäuren hat Prof. Dr. Harald Schwalbe mit seiner Gruppe wichtige Vorarbeiten geleistet, die inzwischen im neuen DFG-Sonderforschungsbereich 579 »RNA-Liganden-Wechselwirkungen« gefördert werden 3/.

Analyse von Membranproteinen

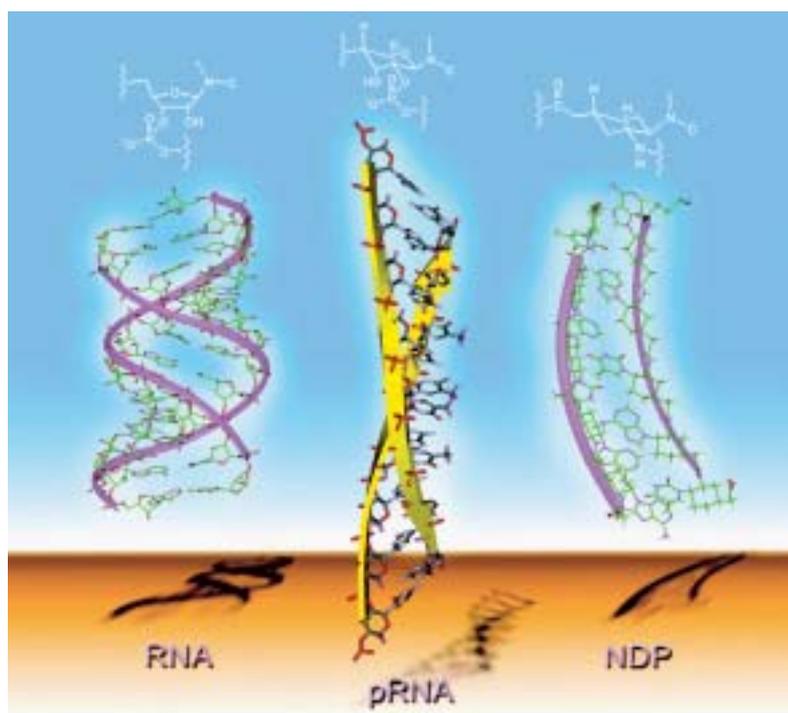
Etwa 30 Prozent der im menschlichen Genom kodierten Proteine sind membrangebundene oder membranassoziierte Proteine. Viele Moleküle müssen mit Hilfe von Rezeptoren oder Kanälen durch die Membranen geschleust werden. Auch sind wichtige Prozesse der Photosynthese und der Energiegewinnung in biologischen Systemen in und an Mem-

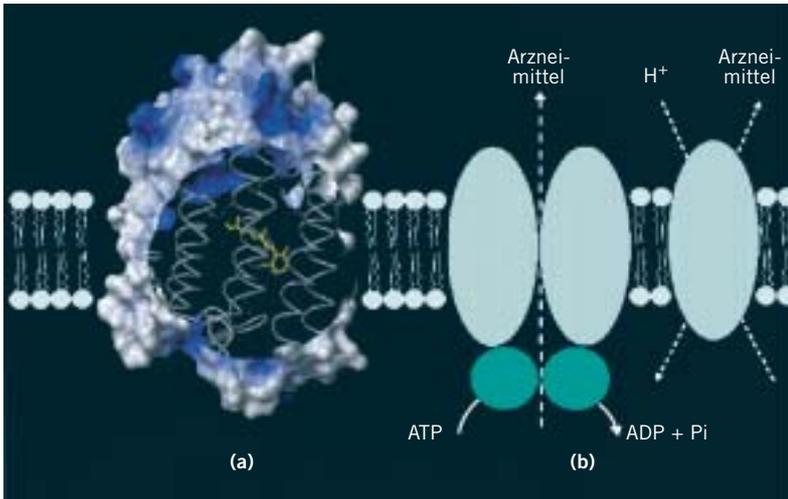
branen lokalisiert. Einige Arzneistoffe binden an membrangebundene Rezeptoren und beeinflussen so ihre Funktion. Deswegen ist die Strukturaufklärung von membrangebundenen Proteinen von großer Bedeutung für die pharmazeutische Industrie. Da die normale NMR-Spektroskopie vor allem auf die Untersuchung von gelösten Proteinen ausgerichtet ist, wurde jetzt mit ersten Anwendungen dieser Techniken für die Untersuchung von membrangebundenen Systemen begonnen. Mit Hilfe der so genannten Festkörper-NMR-Spektroskopie kann untersucht werden, wie Arzneimittel an Membranproteine gebunden sind. Die rasante Entwicklung dieser Technik lässt vermuten, dass es möglich sein wird, mit Hilfe der Festkörper-NMR hochaufgelöste Strukturen von Membranproteinen zu erhalten. Im Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz der Universität Frankfurt arbeitet Prof. Dr. Clemens Glaubitz mit seiner Gruppe daran, diese Methodik für die Charakterisierung von rezeptor-gebundenen Liganden sowie zur Bestimmung der Struktur kleinerer membrangebundener Proteine weiter voranzutreiben 4/.

Dynamik von Proteinstrukturen

Für die Untersuchung der Bewegungsvorgänge in Proteinstrukturen, also die Dynamik von Proteinen, ist die NMR-Methodik einzigartig. Mit ihrer Hilfe können sogar Bewegungsvorgänge im Zeitfenster von Nanosekunden erfasst werden. Um die Konformationszustände von Aminosäureseitengruppen sowohl im Zentrum als auch an der Oberfläche von Proteinen sowie die Ladungszustände von ionisierbaren Gruppen oder die Koordinationspartner der Kofaktoren zu erfassen, werden die Lebenszeiten der jeweiligen Zustände bestimmt. Die Bindung von Liganden in der Katalyse von Enzymen und an der Proteinoberfläche sowie die Stabilität der nativen Proteine in Lösung sind abhängig von der Konformation, besonders der Seitengruppen und ihrer Dynamik. Genaue Untersuchungen zur Abhängigkeit der NMR-Relaxationszeiten von der Temperatur und der Magnetfeldstärke erlauben hier Einblicke in die Dynamik im Sub-Nanosekundenbereich. Des Weiteren liefern Austauschprozesse einzelner Atome mit dem Lösungs-

3/ Die dreidimensionalen Strukturen von Ribonukleinsäuren (RNA), von Pyranosyl-Ribonukleinsäuren (pRNA) und von Nucleo-Delta-Peptiden (NDP) sind hier abgebildet. Das Molekül pRNA könnte am Anfang der Evolution des Lebens gestanden haben. NDPs sind nicht-natürliche Biopolymere mit großer Bedeutung für die Chiptechnologie und für Nanomaterialien. Die Strukturen wurden in Zusammenarbeit mit Prof. Dr. Gerhard Quinkert (Universität Frankfurt) und Prof. Dr. Albert Eschenmoser (ETH Zürich und Scripps Research Institute, LaJolla, USA) untersucht^{3/}.





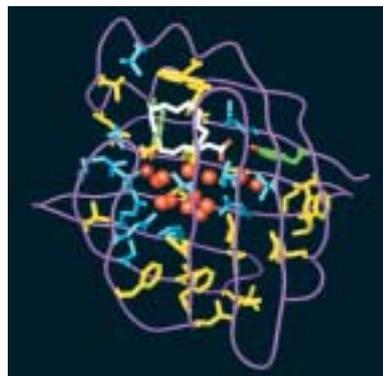
4 Die Festkörper-NMR-Spektroskopie ist hervorragend dazu geeignet, Membranproteine direkt in ihrer Membrenumgebung zu untersuchen. Bakteriell Rhodopsin (a), eines der am besten charakterisierten Membranproteine, bietet sich als stabiles Testsystem für neue Verfahren an. So konnte mit einer neuen Hybridmethode Struktur und Orientierung des Liganden Retinal direkt in der Membran bestimmt werden⁴⁴. Es ergab sich eine sehr gute Übereinstimmung mit hoch aufgelösten Kristallstrukturen. Im Schwerpunkt der aktuellen Forschung werden jedoch neben methodischen Arbeiten und Studien zu photochemischen Prozessen in der Membran Multidrug-Transportproteine untersucht⁴⁵. Diese »Multidrug-Pumpen« benutzen die Energie der ATP Hydrolyse oder auch Protonengradienten (b) für den Transport von »Drugs«. Die Mechanismen von Wirkstofferkennung und Transport sind noch völlig unverständlich; deren Aufklärung ist jedoch von großer Bedeutung für die pharmakologische Forschung.

mittel Wasser in speziell markierter Form (deuteriertes Wasser oder $^2\text{H}_2\text{O}$) Aussagen darüber, wie Proteine »atmen«, wie sie also durch langsamere Bewegungen von ganzen Teilen, den so genannten Domänen, ihre Konformation ändern. Die Zeitskala dieser Domänenbewegung bedingt die Selektivität der Bindung von Liganden an bestimmte Bindungstaschen der Proteinstrukturen 5 6.

Mit der NMR-Methodik kann man versuchen, eine Korrelation zwischen der Funktion und der Dynamik von Proteinen zu verstehen. In der Zelle finden sich Proteine gelöst in Wasser. Die NMR-Spektroskopie konnte in den letzten Jahren die Lebensdauer von Wassermolekülen an der Oberfläche der biologischen Makromoleküle bestimmen. Solche Wassermoleküle sind in vielen Fällen für die Bindung von Liganden oder für andere Erkennungsprozesse, die über Protein-Protein- oder Protein-DNA-Komplexe vermittelt werden, wichtig. Wassermoleküle an der Oberfläche von Proteinen und Nukleinsäuren sind ebenfalls integraler Bestandteil dieser Strukturen und beeinflussen die funktionellen Eigenschaften über Wasserstoffbrücken, elektrostatische und hydrophobe Wechselwirkungen. Neben der Ermittlung von Proteinstrukturen bearbeiten Prof. Dr. Heinz Rüterjans und seine Gruppe den Aspekt der Dynamik von Proteinstrukturen in Lösung 5 6.

Arzneistoffentwicklung

Die Wechselwirkung von kleinen Molekülen mit Proteinen ist ein Schwerpunkt in der pharmazeutischen Industrie. Auch für dieses Forschungsfeld eignet sich die NMR-



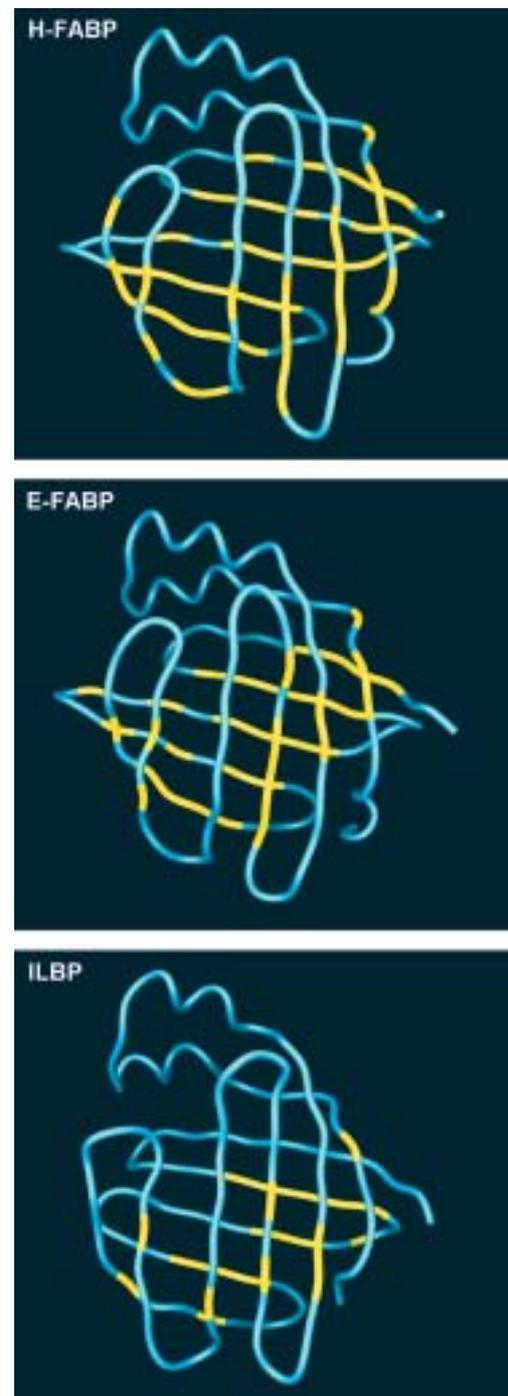
5 Struktur des »Fettsäurebindungsproteins« aus humanem Herz (H-FABP). Die interne Bindungstasche wird von Aminosäureseitenketten eingeraht, die entweder einen hydrophoben (gelb) oder hydrophilen (hellblau) Charakter oder aber beides (grün) aufweisen. Der gebundene Fettsäureligand (weiß) befindet sich im oberen Teil der Tasche, während sich darunter ein eng verknüpftes Netzwerk von gebundenen Wassermolekülen (rote Kugeln) befindet⁶⁶.

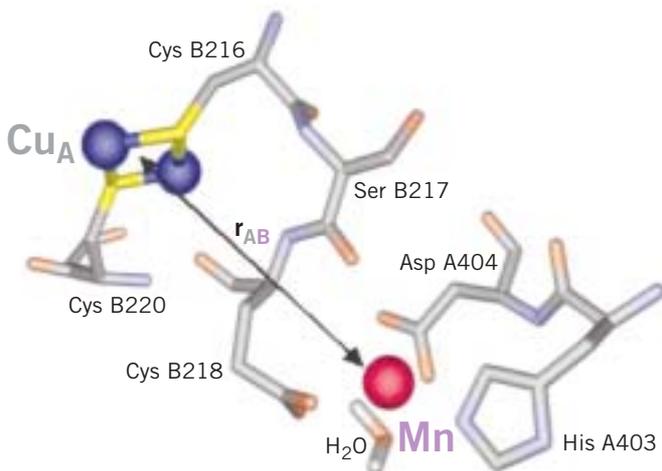
Methodik gut. Durch die Entwicklung von so genannten Durchflusszellen lassen sich in einem »Screening«-Verfahren an »Targets« bindende Verbindungen herausfiltern. Diese kleinen Moleküle können unterschiedlich stark in Taschen von Proteinen gebunden sein, und die NMR-Spektroskopie kann über ein breiteres Spektrum der Bindungsstärke den Ort der Bindung genau bestimmen. Voraussetzung für diese Untersuchungen sind jeweils die Strukturen der Targetproteine. Die Universität Frankfurt konnte in einer Kooperation mit der Firma Aventis diese Verfahren mehrfach erproben und demonstrieren.

EPR-Spektroskopie

Für die Untersuchung der Feinstruktur der Umgebung paramagne-

6 Aus »Relaxationszeitmessungen« und dem chemischen Austausch »labiler« ^1H -Atome gegen ^2H -Atome des Lösungsmittels $^2\text{H}_2\text{O}$ können mit Hilfe der NMR-Spektroskopie Bewegungsvorgänge bestimmt werden. Im Bild sind Modelle verschiedener »intrazellulärer Lipidbindungsproteine« aus unterschiedlichen Organen dargestellt. Gelb hervorgehoben sind solche Regionen des Proteins, die auf Grund einer geringeren ausgeprägten Flexibilität der Struktur einen verlangsamten Austausch ^1H gegen ^2H aufweisen. Während die »Fettsäurebindungsproteine« aus Herz (H-FABP) und Epidermis (E-FABP) hauptsächlich Fettsäuren binden, bevorzugt das »Lipidbindungsprotein« aus dem Ileum (ILBP) Gallensäuren als Liganden⁷⁷.





■ Mit der Multifrequenz-EPR-Spektroskopie konnte die Kopplung zwischen dem Mangan-Ion (Mn) und dem binuklearen Kupferzentrum (Cu_A) in der Cytocrom c-Oxidase bestimmt werden. Daraus wurden der räumliche Abstand, die relative Lage und die für Elektronentransfer-Reaktionen wichtige elektronische Kopplung zwischen den beiden Zentren abgeleitet ^{18/}.

tischer Zentren in Proteinen gewinnt die EPR-Spektroskopie steigende Bedeutung. Die so genannte ESE-EM- (Electron Spin Echo Envelope Modulation) und ENDOR-Technik (Electron Nuclear Double Resonance) bietet Informationen über die strukturelle Anordnung der Aminosäuren rund um ein paramagnetisches Zentrum. Hierbei können unmittelbar gebundene und etwas weiter entfernte Liganden beobachtet werden. Mit diesen Techniken lassen sich Einblicke gewinnen in die Feinstruktur von Bindungen und Wechselwirkungen der unmittelbaren Nachbarschaft der paramagnetischen Zentren, unter anderem zu den Orientierungen und Abständen zwischen mehreren Zentren in Enzymsystemen, die auch membrangebunden sein können. Insbesondere gepulste EPR-Experimente bei sehr hohen Magnetfeldstärken

sind zur Aufklärung dieser Strukturen wichtig. Außerdem ermöglichen die gepulsten EPR-Techniken die Untersuchung von dynamischen Effekten der paramagnetischen Zentren bei Elektronentransfer- oder katalytischen Reaktionen. In Frankfurt vertritt Prof. Dr. Thomas Prisner mit seiner Gruppe diese spezielle Technik. Besonders durch die Entwicklung neuer Methoden in seinem Arbeitskreis – in Frankfurt wurde eines der weltweit leistungsfähigsten gepulsten Hochfeld-EPR-Spektrometer entwickelt – spielt die EPR eine zentrale Rolle im SFB 472 »Molekulare Bioenergetik« und ist zu einem besonderen Werkzeug der Strukturforschung geworden ^{17/}.

»In vivo«-NMR-Spektroskopie

Neben der Bildgebung durch die NMR-Tomographie (MRI, Magnet

Literatur

^{11/} Scharff et al., 2001, Structure, 9, 493–502.
^{12/} Angew. Chem., 2001, S. 4378–4381; Science, 2002, S. 1719–1722.
^{13/} ChemBioChem, 2002, S. 93–99.
^{14/} Glaubitz et al., J. Am. Chem. Soc. 1999, 122, 5787–5794.
^{15/} Glaubitz et al., FEBS Letters, 2000, 480, 127–131.
^{16/} Lücke et al., 2002, Protein Sci., in press; Lücke et al. 2001, Biochem. J. 354, 259–266.
^{17/} Gutiérrez-González et al., 2002, Biochem. J. 364, 725–737; Lücke et al. 1996, Structure 4, 785–800.
^{18/} Käß, H., MacMillan, F., Ludwig, B., Prisner, T., 2000, Biochemistry, 104, 5362–5371.

Großforschungseinrichtung der Europäischen Union

Das »Frankfurt University Centre for Biomolecular MR« (UNIFRAN-MRLSF) bietet Strukturbiologen und -chemikern in der Europäischen Gemeinschaft Zugang zu seinen Forschungseinrichtungen. Dieser Zugang wird in den Verträgen des 5. und 6. Rahmenplans der Europäischen Union mit jährlich etwa 230 so genannten Spektrometertagen über die Europäische Kommission finanziell gefördert und gilt für die NMR- und EPR-Spektrometer. Darüber hinaus ermöglicht das Zentrum den europäischen Forschern die Arbeit in den biochemisch und chemisch präparativen Einrichtungen der beteiligten Institute sowie einen Zugang zum Computercluster. Neben der Bestimmung von Lösungsstrukturen von biologischen Makromolekülen wird die Dynamik dieser Strukturen, die präparative Gewinnung und die Anreicherung der Proteine, der RNA und DNA mit stabilen Isotopen im Frankfurter Zentrum durchgeführt. Die Isolation und Charakterisierung biologischer Makromoleküle, besonders von Proteinen mit biochemischen und physikalischen Methoden, ist in vielen Projekten eingeschlossen. Einige Nutzer bewerben sich um den Zugang zur neuesten

NMR- und EPR-Technik auf Grund der hohen Frequenzen der Frankfurter NMR-Geräte. Andere Nutzer mit mehr biochemischer Orientierung streben eine Zusammenarbeit bei der Bestimmung von Lösungsstrukturen eines interessanten Proteins an. Dabei haben sie zumeist ein bereits kloniertes und in bakteriellen Systemen gebildetes (exprimiertes) Protein »im Gepäck«. Mit der Erfahrung der Mitarbeiter der Large Scale Facility (LSF) Frankfurt wird dieses mit Hilfe bakterieller Systeme oder der »in vitro«-Synthese mit den stabilen Isotopen angereichert und seine Struktur durch NMR-Spektroskopie bestimmt. Neben der biochemischen Präparation und der NMR- oder EPR-Analyse benötigt die Auswertung der Daten zur Strukturbestimmung viel Zeit. Die europäische Großforschungseinrichtung wird außerdem durch mehrere so genannte RTD (Research and Technology Development)-Projekte gefördert, die zu einer Verbesserung der jeweiligen NMR- und EPR-Techniken und zu einer rascheren Durchführung der Strukturbestimmung führen sollen. Die Europäische Union unterstützt darüber hinaus die Bildung von NMR-Netzwerken der Strukturforschung durch die Finanzierung von Tagungen, Workshops und Diskussionen am

Runden Tisch, die inzwischen zu einer allgemeinen Förderung der Strukturforschung durch NMR- und Kristallstrukturanalysen erweitert wurde. Der Zugang zur LSF Frankfurt wird mit einem Antrag eingeleitet, der zunächst von einer internen Kommission ausgewählt und korrigiert wird. Nach den Ergänzungen der Vorkommission wird der Antrag an ein internationales Gremium von Gutachtern geschickt. Nach Zustimmung dieser Gutachter werden die Anträge zur Genehmigung an die Europäische Kommission nach Brüssel gesandt. Langfristig ist geplant, das Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz der Universität Frankfurt als unabhängige Einheit auszugründen. Durch Zuwendungen der Landesregierung für Geräteinvestitionen und für die räumliche Erweiterung wurden hervorragende Bedingungen für die Arbeit des Zentrums geschaffen. Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat das Zentrum in erheblichem Umfang durch die Beschaffung von Geräten unterstützt. Diese Ausstattung war die Voraussetzung für die weitere Förderung des Zentrums durch die Europäische Gemeinschaft.

Resonance Imaging) lässt sich die NMR-Technik einsetzen für die Untersuchung von Stoffwechselprozessen in lebenden Systemen. In Pflanzen und Tieren, aber auch beim Menschen können mit stabilen Isotopen (^{13}C oder ^{15}N) markierte Metaboliten in den entsprechenden Stoffwechselvorgängen verfolgt werden. Professoren des Fachbereichs Medizin der Universität Frankfurt und des Max-Planck-Instituts für Hirnforschung haben zu-

sammen mit Prof. Dr. Heinz Rüterjans vom Zentrum für Biomolekulare Magnetische Resonanz ein Großgerät (drei Tesla) für die funktionelle Bildgebung durch magnetische Resonanz (fMRI) von der Deutschen Forschungsgemeinschaft erhalten. Mit diesem Gerät sollen hauptsächlich Hirnaktivitäten lokalisiert und neurophysiologische Antworten auf kognitive, emotionale oder sensorische Stimulationen untersucht werden. Besonders die

Metaboliten des Glukosestoffwechsels in Neuronen und Gliazellen sind das Ziel von geplanten Untersuchungen. ◆

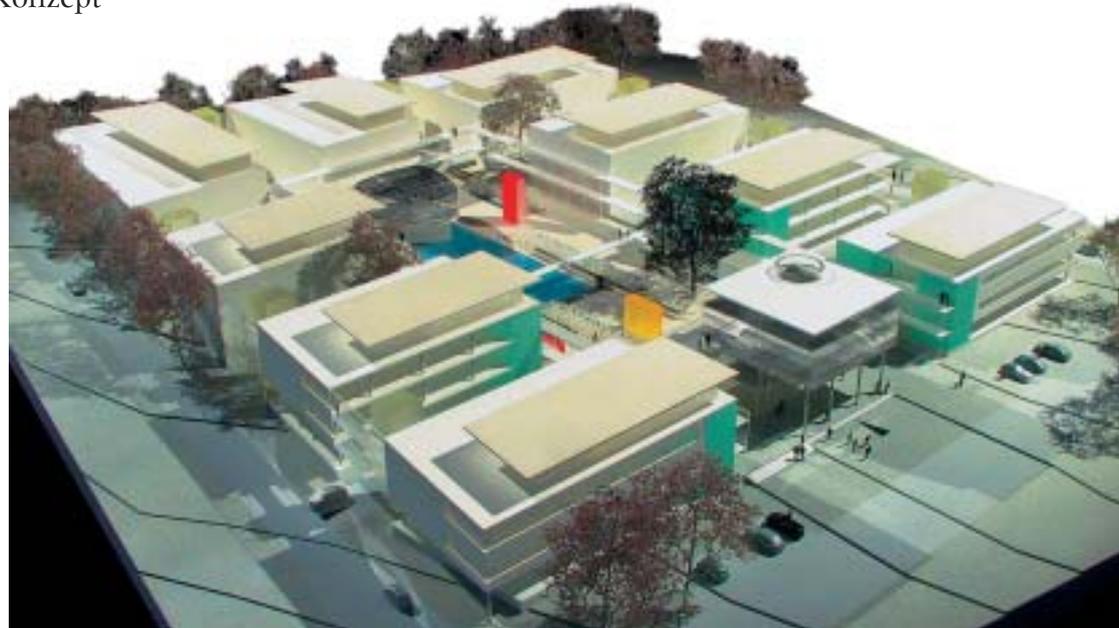
Der Autor:

Prof. Dr. Heinz Rüterjans beschäftigt sich seit 1965 mit Proteinstrukturen und ihrer Dynamik, Protein-Nukleinsäure-Wechselwirkungen sowie den Mechanismen enzymatischer Reaktionen.

Start frei für Start-Ups!

Das Frankfurter Innovationszentrum Biotechnologie und sein Konzept

Der Niederurseler Hang – auf dem auch der Campus Riedberg der Johann Wolfgang Goethe-Universität zu finden ist – entwickelt sich konsequent zu einem Mekka für Biotech-Aktivitäten. Das Biozentrum der Universität Frankfurt sowie das neue Max-Planck-Institut für Biophysik sollen ab Spätherbst nächsten Jahres einen neuen Nachbarn bekommen: das Frankfurter Innovationszentrum Biotechnologie – abgekürzt FIZ. Nun konnte eine wesentliche Hürde genommen werden: Anfang Juli 2002 gründeten das Land Hessen, die Stadt Frankfurt und die Industrie- und Handelskammer Frankfurt gemeinsam die FIZ – Frankfurter Innovationszentrum Biotechnologie Gesellschaft mbH. Sie übernimmt als Betreiberin als Management des Zentrums für neu gegründete und junge Biotechnologie-Firmen. Das FIZ ist nach den Worten des hessischen Ministerpräsidenten Roland Koch ein zentraler Baustein in der Strategie von Land und Stadt, den südhessischen Raum zu einer der führenden Bio-Regionen Europas zu entwickeln. Bereits im Jahr 2000 hatte eine Machbarkeitsstudie der Fraunhofer-Managementgesellschaft gezeigt, dass hier im Rhein-Main-Gebiet ein dringender Bedarf für eine Transferstelle in Sachen Biotechnologie besteht. Nahezu alle Methoden biologischer Strukturfor-



Region vertreten, stellte die Fraunhofer-Studie fest. Weder personell noch apparativ kann ein anderer Standort Frankfurt so leicht das Wasser reichen. Die Rhein-Main-Region verfügt über eine sehr gute Wissenschaftslandschaft, konstatiert auch der Vorsitzende des Vereins Bio-Tec Frankfurt/Rhein-Main e. V., Prof. Dr. Axel Kleemann. Es gelte jetzt aber, die einzelnen Innovationspotenziale des Standorts Frankfurt und der Rhein-Main-Region zu vernetzen, zu bündeln sowie Anreize für neue Projekte zu schaffen.

Kontaktstelle zur internationalen Life-Science-Industrie

Mit Gründung der Betreiberin übernahm zugleich Dr. Christian Garbe die Aufgabe des Geschäftsführers. Garbe, der sowohl

über Erfahrungen in der Life-Science-Industrie als auch im Bankenbereich verfügt, hat die Aufgabe übernommen, das Zentrum zu vermarkten sowie ein Biotechnologie-Netzwerk aufzubauen. Das FIZ hat nach seiner Auffassung sehr gute Zukunftschancen, sofern dort naturwissenschaftliche Erkenntnisse in kommerzielle Produkte umgesetzt werden. Viele marktrelevante Ideen fänden leider den Weg zum Markt nicht, wie er auch in einem kürzlich erschienenen Buch^{1/1} feststellt. Denn naturwissenschaftliche Forschung müsse sich auch am kommerziellen Erfolg messen lassen, so der promovierte Ökonom. Hier soll das FIZ ansetzen und zu einem erfolgreichen Spagat zwischen Wissenschaft und Wirtschaft beitragen. Dabei muss das FIZ sowohl als

So soll das Frankfurter Innovationszentrum Biotechnologie (FIZ) einmal aussehen, das ab November 2002 auf dem Campus Riedberg gebaut wird.

Kontaktstelle zur internationalen Life-Science-Industrie wie auch zur Finanzwelt fungieren. Schließlich finden sich in Frankfurt die internationale Pharmaindustrie und die Finanzwelt quasi vor der Haustür. Seiner Ansicht nach geht es jetzt – neben hervorragenden wissenschaftlichen Erkenntnissen und marktreifen Produkten – vor allem darum, die Finanzierung der Biotechnologie-Branche tragfähig und nachhaltig, mit entsprechenden



Fachmann für Start-Ups: Dr. Christian Garbe, seit Juli 2002 Geschäftsführer des Frankfurter Innovationszentrums Biotechnologie.

Renditen für Investoren, zu gestalten. Dies sei von entscheidender Bedeutung, da auch diese Branche auf der Kapitalmarktseite stark ins Strudeln geraten ist.

Existenzgründer im Hightech-Bereich, junge Biotechnologieunternehmen, aber auch große und zukunftsweisende Kooperationsprojekte mit Unternehmen der Wirtschaft sollen im FIZ ein Zuhause finden, wenn es nach dem Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Professor Dr. Rudolf Steinberg, geht. Schließlich ist ein Firmensitz in direkter Nachbarschaft zur naturwissenschaftlichen Infrastruktur einer Universität sowie anderen Forschungseinrichtungen ein enormer Pluspunkt für junge Unternehmen. Die Lage in unmittelbarer Nachbarschaft der naturwissenschaftlichen Institute der Universität und des neuen Max-Planck-Instituts für Biophysik gewährleiste einen Wissensaustausch in Campus-Atmosphäre. Ergebnisse aus der Grundlagenforschung könnten so rasch und effizient in Produkte und Dienstleistungen umgesetzt werden.

Aber auch die Nähe zu den Wirtschaftswissenschaftlern und Juristen der Universität Frankfurt wird Garbe suchen. Denn der dort vorhandene Sachverstand zu Fragen wie Unternehmensgründung oder Corporate Finance kann sicher zum Vorteil junger Unternehmen genutzt

werden. Gerade Steuer- oder auch Patentfragen sind für junge Unternehmen im Intellectual-Property-Business oft entscheidend. Garbe, der sich in seiner neuen Aufgabe auch als Start-up-Unternehmen sieht, wünscht sich idealerweise einen »gesunden« Mietermix aus zehn bis zwölf Start-up-Unternehmen und vier bis fünf bereits etwas größeren Firmen. Die kleineren Biotech-Firmen, die ohne »Overhead« oft sehr spezifische Wirkstoffe für Arzneimittel entwickeln, seien in Zukunft gerade gegenüber großen Pharmaunternehmen konkurrenzfähig. Denn deren »Blockbuster-Strategie« – sich also auf wenige Substanzen mit einem hohen Umsatzpotenzial zu beschränken – führt zu einer starken Abhängigkeit und hat sich nach Garbes Meinung überlebt. Auch in der Bioinformatik oder auf dem Gebiet der Proteomics erhofft er sich weitere Fortschritte – nicht zuletzt wegen der Nähe zum Max-Planck-Institut für Biophysik.

Gute Vermietungschancen für das FIZ

Mit einer raschen Belegung der Büros, Labors und Nutzflächen des FIZ ist zu rechnen. Kleemann geht jedenfalls davon aus, denn zur Zeit hätten junge Unternehmen große Schwierigkeiten, geeignete kostengünstige Räume zu finden. Sie stehen bereits in den Startlöchern und warten nur auf die Fertigstellung des FIZ. Konkretes Interesse sowohl von Firmen vor Ort als auch aus anderen Regionen besteht, und Vermietungen könnten theoretisch ab sofort erfolgen, bestätigt auch Garbe, der im übrigen die Konkurrenz anderer Standorte wie etwa Gießen oder Darmstadt, auch innerhalb Frankfurts, im Blick hat.

Der Standort Frankfurt erfüllt auch nach Ansicht von Infraser-Höchst-Geschäftsführer Dr. Dieter Kreuziger die wichtigsten Voraussetzungen für einen erfolgreichen Marktzugang und die schnelle Umsetzung von Innovationen in den Produktionsmaßstab. Es gibt hier hochqualifizierte Wissenschaftler, eine wissenschaftliche Tradition auf dem Gebiet der Biologie, der Chemie und der Informationstechnologie, einen Finanz- und Dienstleistungsmarkt und nicht zuletzt Produktionserfahrung für Chemie-, Biologie- und Life-Science-Produkte. Das sieht auch Garbe, für den der

Industriepark Höchst interessante Synergien für Firmen im FIZ bietet, vor allem wenn erst ein-mal Verfahrensentwicklung und Produktion der Produkte anstehen.

Architektur und Kosten

Das künftige Gebäude des FIZ plant und baut eine Arbeitsgemeinschaft, bestehend aus dem Münchener Architekturbüro Henn sowie dem Betreiber des Industrieparks Frankfurt Höchst, Infraser, und der Süd Leasing Immobilien GmbH. Sie hatte im Investorenwettbewerb um das FIZ, an dem sich 37 Architekten und Finanzierungskonsortien beteiligt haben, den mit 12 000 Euro dotierten ersten Preis gewonnen. Der Entwurf einer aus verschiedenen Modulen bestehenden Campusanlage sei attraktiv und gleichzeitig funktional und wirtschaftlich. Zunächst werden vier Laborgebäude mit insgesamt 5000 Quadratmeter Mietfläche sowie ein Eingangspavillon entstehen. Herzstück der Campusanlage wird ein begrünter, zur Kommunikation und Kreativität anregender Innenhof sein. Daran angelehnt und miteinander verbunden sind die einzelnen Mietbereiche, deren Raumgrößen sehr flexibel gestaltet werden können.

Der Grundstein für das FIZ soll noch im November 2002 gelegt werden. Bei einer Bauzeit von knapp über einem Jahr könnten – wenn alles glatt läuft – die ersten Unternehmen schon im Herbst 2003 in das neue Biozentrum einziehen. Mit der ersten Ausbaustufe, deren Investitionsvolumen bei über 20 Millionen Euro liegt, stehen jungen Biotech-Unternehmen dann Büro- und Laborräume zu günstigen Mieten zur Verfügung – Laborflächen mit den Sicherheitsstufen S1 und S2 für gentechnisches Arbeiten inklusive. Auf Grund der starken Nachfrage kann allerdings damit gerechnet werden, dass relativ schnell ein zweiter Bauabschnitt in Angriff genommen werden muss. Auch der Architektenentwurf sieht bereits eine Erweiterung um fünf weitere Module vor. Dies wäre – zumindest räumlich – kein Problem. Denn das für das FIZ reservierte Gelände ist groß genug. ♦

Die Autorin

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

Literatur

/1/ Christian Garbe, Helmut Menhardt, Stefan Schreiber: Chance Biotechnologie – Leitfaden für Investoren, FAZ Buchverlag, Frankfurt Juni 2002, ISBN 389 84308 20, 302 Seiten, 39 Euro.

Aus Zwei wird Eins

Neubau des Max-Planck-Instituts für Biophysik auf dem Campus Riedberg

Sonne spiegelt sich in der großen Glasfassade, ein blauer Spätsommerhimmel wölbt sich über dem Neubau des Max-Planck-Instituts für Biophysik (MPI), das von Ferne betrachtet an einen vor Anker gegangenen Ozeandampfer erinnert. Voraussichtlich wird dieser noch Ende des Jahres auf dem Campus Riedberg vom Stapel laufen und die bisherigen beiden Standorte des Max-Planck-Instituts zusammenführen. Eine gute Sache, wie die überwiegende Zahl der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter meint.

Eine Villa atmet Wissenschaftsgeschichte

Bisher ist das MPI in der alten Villa Speyer in der Kennedyallee sowie im so genannten »blauen Turm« in der Heinrich-Hoffmann-Straße untergebracht. Vor allem die 1905 erbaute großbürgerliche Villa in der Kennedyallee atmet Wissenschaftsgeschichte. Hier arbeitete ab 1934 der Biophysiker Boris Rajewsky, Schüler und langjähriger Kollege von Friedrich Dessauer. Letzterer hatte mit Hilfe der Oswalt-Stiftung im Jahr 1921 das Institut für physikalische Grundlagen der Medizin an der Universität Frankfurt als Vorläufer des heutigen Max-Planck-Instituts gegründet. Dessauer, Reichstagsabgeordneter der Zentrums- und entschiedener Gegner der Nationalsozialisten, emigrierte 1934.

Das heutige Max-Planck-Institut für Biophysik wurde 1937 als Institut der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft, der Vorläuferorganisation der Max-Planck-Gesellschaft, gegründet. Bei einer solch langen, mit der Villa verknüpften Geschichte wundert es nicht, dass bei aller Aufbruchstimmung bei einigen Mitarbeitern auch leise Wehmut mitschwingt, wenn sie über den bevorstehenden Umzug sprechen. Man hört Sätze wie



»Also die alte Magnolie vor meinem Fenster werde ich sicherlich vermissen ...« oder »Den Charme der alten Villa wird kein Neubau erreichen ...«. Nun ist leider so ein altes Gemäuer auf Dauer als Stätte modernster naturwissenschaftlicher Forschung nur schwer haltbar. Nicht nur die überalterte Bausubstanz führt zu Einschränkungen, vor allem auch die technische Gebäudeausstattung müsste von Grund auf saniert werden. Auch deshalb hatte sich die Max-Planck-Gesellschaft zu einem Institutsneubau entschieden und die denkmalgeschützte Villa verkauft, erläutert Dr. Klaus Hartung, Wissenschaftler am MPI und Baukoordinator für den Neubau. Die Villa Speyer wird – voraussichtlich ab März 2003 – in ein 166 Zimmer-Luxushotel umgewandelt. Dann, wenn auch die letzten Max-Planck-Wissenschaftler das Feld geräumt und in ihrem neuen Gebäude auf dem Riedberg bereits heimisch geworden sind.

Im Neubau: Alle Abteilungen unter einem Dach

Statt einer viel zu teuren umfassenden Sanierung beider Institutsgebäude ziehen also in absehbarer Zeit die Mitarbeiter der drei Abteilungen »Biophysikalische Chemie«, »Mole-

kulare Membranbiologie« sowie »Strukturbiologie« in den Neubau auf den Riedberg, der in der letzten Zeit merklich Gestalt angenommen hat. Bis zu 210 Mitarbeiter können hier in Zukunft arbeiten, gut 170 sind es zur Zeit. Drei Abteilungsdirektoren, etwa 30 wissenschaftliche Mitarbeiter, mehr als 50 Doktoranden und zahlreiche technische Assistenten sowie Verwaltungsmitarbeiter werden zum Jahresende den Standort wechseln. Die Zusammenlegung wird sicher zu noch intensiverem wissenschaftlichem Austausch zwischen den einzelnen Bereichen führen. Von besonderem Vorteil ist die unmittelbare Nähe zu den naturwissenschaftlichen Instituten der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Die traditionell guten Beziehungen werden von der Kürze der Wege zusätzlich profitieren.

Vielfältige Kooperationsmöglichkeiten

Wie eng die Kooperation schon ist, machen die »Doppelfunktionen« einiger Max-Planck-Direktoren deutlich: Bereits jetzt ist der derzeitige Geschäftsführende Direktor des Max-Planck-Instituts für Biophysik, Prof. Dr. Ernst Bamberg, auch Professor an der Johann Wolfgang Goethe-Universität und Nobel-

Von Ferne betrachtet erinnert der Neubau des Max-Planck-Instituts für Biophysik an einen Ozeandampfer. Zum Jahresende werden gut 170 Mitarbeiter aus den bisherigen beiden Standorten des Instituts dort auf dem Campus Riedberg »an Bord gehen«.

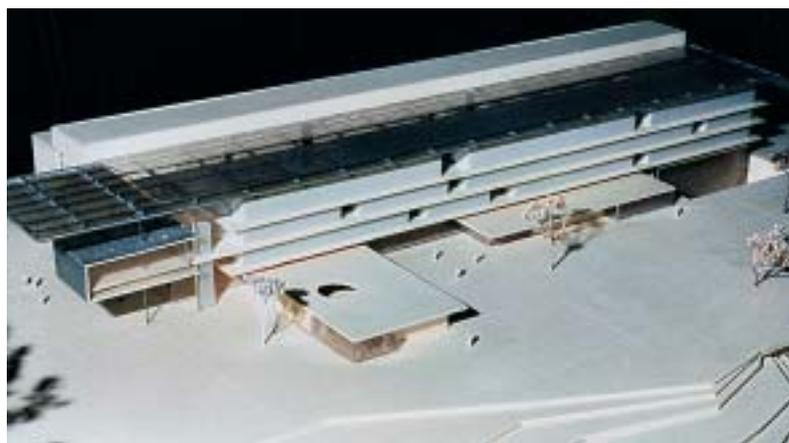


Die Villa Speyer an der Frankfurter Kennedyallee ist einer der beiden bisherigen Standorte des Max-Planck-Instituts für Biophysik. Ab Frühjahr 2003 soll sie vollkommen renoviert und zu einem Luxushotel umgebaut werden.

preisträger Hartmut Michel hat eine außerordentliche Professur an der Universität. So arbeitet etwa die Abteilung von Michel mit Prof. Dr. Bernd Ludwig vom Institut für Biochemie der Universität zusammen. Auch der dritte Direktor, Prof. Dr. Werner Kühlbrandt, sowie die unabhängige Nachwuchsgruppe um Dr. Volkhard Helms pflegen enge Kontakte zu den Naturwissenschaftlern der Universität. Die Kooperation beschränkt sich nicht nur auf die Ausbildung von Doktoranden und Diplomanden sowie die Förderung von Habilitanden, auch Praktika für Studierende der Biochemie werden vom Max-Planck-Institut durchgeführt.

Die Max-Planck-Wissenschaftler widmen sich in den drei Abteilun-

Prinzipien und molekularen Prozesse des Lebens und der daran beteiligten Makromoleküle. Sie wollen Struktur und Funktion von Proteinen in den Membranen von Zellen aufklären – vorzugsweise mit Experimenten auf molekularer Ebene – und die Frage beantworten, wie Stoffe in eine Zelle hinein- oder aus der Zelle herauskommen. Ziel ist es unter anderem, solche molekularen Mechanismen wie etwa die Photosynthese oder die Atmung im Detail verstehen zu lernen. Für ihre Grundlagenforschung benutzen die Forscher ein breites Spektrum biochemischer und biophysikalischer Methoden und wenden das ganze Instrumentarium der Molekularbiologie, Proteinchemie und Kristallisa-



So sieht das Architekturmodell des neuen Max-Planck-Instituts für Biophysik aus.

gen des Instituts der Proteinforschung – einem Gebiet, das auch im Biozentrum der Universität eine Rolle spielt. Sie erforschen in den drei Abteilungen des Instituts die fundamentalen physikalischen

tion von Membranproteinen an. Um die Strukturen der beteiligten Moleküle zu entschlüsseln benutzen sie neben der Röntgenanalyse auch die Kryoelektronenmikroskopie und spektroskopische Metho-

den. Die Untersuchung der Funktion der Proteine schließlich erfolgt mit Hilfe physikalisch-chemischer und elektrophysiologischer Methoden entweder an künstlichen Membransystemen oder an ganzen Zellen. Die Ergebnisse aus der Grundlagenforschung können in anderen Disziplinen, etwa der Pharmazie oder der Medizin, Verwendung finden. Da eröffnen sich auch Kooperationsperspektiven mit dem auf dem Riedberg geplanten biotechnologischen Gründerzentrum FIZ.

Architektur und Kosten

Der 32,7 Millionen Euro teure MPI-Neubau liegt direkt am zentralen Platz des Campus. Das nördlich der Chemieinstitute und nordöstlich des Biozentrums gelegene rund 11 000 Quadratmeter große Areal mit leichter Hanglage gehört dem Land Hessen, das es der Max-Planck-Gesellschaft für 99 Jahre zur zinslosen Erbpacht überlässt. Die Mittel für den Neubau stammen zum einen aus dem Verkauf der Gebäude am alten Standort. Den Rest übernimmt die Max-Planck-Gesellschaft, die je zur Hälfte von Bund und Ländern finanziert wird. Das Land Hessen hat sich mit einer Sonderfinanzierung in Höhe von gut 700 000 Euro an den umfangreichen Erschließungskosten beteiligt. Das neue Gebäude mit seinen 5800 Quadratmetern bietet Raum für insgesamt vier Abteilungen und gliedert sich in einen dreigeschossigen Nordtrakt mit den Laboratorien und einen viergeschossigen Südtrakt für die Büros der Wissenschaftler sowie für die Verwaltung. Der Bau nach dem Entwurf des Architekturbüros Auer + Weber öffnet sich im Süden zur Landschaft hin. Hier sind auch Cafeteria, Hörsaal, Werkstatt und die Bibliothek untergebracht.

Außerdem haben die Studierenden und Doktoranden hier ihre Schreibtische. Ein Gästehaus mit zehn Appartements steht für die zahlreichen internationalen Gäste des Instituts zu Verfügung. Über die vielen Vorzüge des neuen Gebäudes wird die alte Villa in Frankfurt mit ihrem blühenden Magnolienbaum vor der Tür vermutlich bald vergessen sein. ◆

Die Autorin

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

Denkräume für neues Wissen

Frankfurter Initiative zur Erforschung und Gestaltung medienbasierter Wissenskulturen

Vielen wird der Satz geläufig sein: »Wissen heißt zu wissen, in welchem Buch das Gesuchte steht und wo das Buch steht.« Bibliotheken, Gutenberg-Galaxis und Lehrbücher sind damit angesprochen, kursorisches Lesen, Buchwissen ebenso. Bücher werden nicht verschwinden. Aber Wissen wird immer umfangreicher in elektronischen Medien beheimatet, ist nicht mehr nur schriftsprachliches, sondern bildsprachliches Wissen, nicht mehr in einer Bibliothek konzentriert, sondern weltweit verstreut: netzbasiertes und in Netzregionen bevorratetes Wissen. Wir erleben derzeit in allen Gesellschaften, die Computertechnologien anwenden, rasante Veränderungen der Bedingungen von Wissensentstehung, Wissensspeicherung, -vermittlung und -anwendung. Mit der globalen technologischen Standardisierungen, vorangetrieben beispielsweise von Internet Society, World Wide Web Consortium oder Direction 13 der Europäischen Union, treten gleichzeitig Kommerzialisierung und Individualisierung von Wissen auf. Die Prozesse scheinen chaotisch, instabil, nehmen technologisch überraschende Wendungen und wirken extrem uneinheitlich.

Zahlreiche offene Fragen entstehen: Was ist in einem kulturell kontinuierlichen Sinne wissenswert? Wie kann verstreutes Wissen in Lernprozesse eingebettet werden? Wie können exzellente Bedingungen für innovative Wissensangebote geschaffen werden? Wie sind die Unterschiede zwischen Wirtschaft, Wissenschaft, experimentellem Wissen, angewandtem Wissen zu beschreiben, wenn die gewohnten Grenzen zwischen diesen fuzzy, unscharf werden? Wie lassen sich in Zukunft reale Lernorte zwischen medialen Netzwerken der Wissensverbreitung, konkreten Lern- und Arbeitssituationen und individuellen Wissensentwicklungen bestimmen? Welches sind die günstigsten

medialen Bedingungen dafür? Und: wer kann diese verantwortlich und wodurch legitimiert erbringen? Dies sind nur wenige Kernfragen an wissenschaftliche Forschung, die sich als Medien-, Software- und Wissenskritik positionieren müsste. Aufregend dabei ist, dass Wissenschaft selbst aktiver Teil dieser Transformationen ist. Selbstreflexivität ist gefordert und ein pragmatisches Verständnis der Wissensrealität.

Globale Wissenskonkurrenzen, regionale Wissensentwicklung

Die hiermit verbundenen Anforderungen sind enorm: ökonomische und institutionelle Veränderungen erlauben nicht mehr, überlieferte Vorstellungen von Wissensentstehung, -vermittlung und -anwendung beizubehalten. Die großen Ausdrücke »globale Ideenökonomien«, »Wissenskulturen«, »global vernetzte Wissensräume« und »transkulturelle Kommunikation« sagen: zu wissen, wo ein gesuchtes Buch steht, ist nur noch eine der zahlreichen erforderlichen Fähigkeiten, um an sozialen, ökonomischen und globalen Wissenswettbewerben teilnehmen zu können. Es stellen sich die Forderungen, soziale Kompetenzen in enger Verbindung mit Medienkompetenzen und Wissenskompetenzen zu entwickeln.

Die Wissensareale rücken zeitlich und sachlich eng zusammen. Die Kooperationen von wissenschaftlichen, wirtschaftlichen, sowie anwendungs- und nutzungsgebundenen Wissenskulturen liefern auch die Bausteine für veränderte Aufgaben und Strukturen der Universitäten. Wissensentwicklung und -vermittlung stehen unter anderem unter den netzmedialen Anforderungen der Beteiligung, der Transparenz und der zeitnahen Anwendung. Globale Wissensdynamiken bestimmen die Regionen des Wissensanerkennung; Regionen der Wissensent-



wicklung müssen sich auf globale Wissenskonkurrenzen einlassen.

CCID: Verbund aus Wissenschaft, Wirtschaft und Kunst

Eine Gruppe von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Universität Frankfurt hat sich im Verbund mit Mediengestaltern daran gemacht zu erforschen, wie sich Wissen und wissenskulturelle Prozesse gegenwärtig organisieren. Sie gründeten zum Jahreswechsel 2001/2002 das Center for Media, KnowledgeCulture, Imagination, and Development (CCID) als An-Institut der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Es ist ein Verbund aus Wissenschaft, Wirtschaft und Kunst und versteht sich auch als eine Initiative des Fachbereichs Sprach- und Kulturwissenschaften. Es wird getragen von dem Medien- und Kommunikationswissenschaftler Prof. Dr. Manfred Faßler (Initiator und Gründer dieses Vorhabens), der Kunstpädagogin Prof. Dr. Birgit Richard und der Kulturanthropologin Prof. Dr. Gisela Welz, dem Medienforscher Prof. Dr. Klaus Neumann-Braun (ehemals Universität Frankfurt, jetzt Landau) und der Cream01 Federation, einer Münchener Medienkunst/Medienentwicklungsfirma, vertreten durch Cyrill Gutsch. Im Zentrum der Grün-



dungsinteressen stehen wissenschaftliche, künstlerische, medien- und technokulturelle Fragen am Beginn des 21. Jahrhunderts. Das An-Institut ist als transdisziplinäre Einrichtung mit vorrangig europäischer Orientierung organisiert. Es hat fünf Forschungs- und Entwicklungsbereiche: Medienkulturen und Netzwerkforschung (Faßler), Mediengestaltung und Cross Intelligence (Gutsch), Transformationsforschung und Transkulturalität (Welz), Medienästhetik (Richard), Mediennutzungsforschung (Neumann-Braun).

Durch die fortschreitende Integration von Wissensbeständen in die netztechnischen Kommunikationsumgebungen wird Wissen oft und umfangreich von den überlieferten Institutionen gelöst und in Netzwerke eingebracht. Parallel dazu entsteht eine Privatisierung, der Sektor des öffentlichen Wissens wird eingeschränkt, und es bildet sich eine verstärkte Eigentumsbildung von Wissen heraus. Zentral für die Arbeit des CCID ist die These: Die Phase technikeuphorischer Gestaltung ist vorüber. Das wissenschaftliche Nachhinken muss rasch behoben werden. Dies erfordert eine neue Verbindung von entwicklungsbezogener Medienkompetenz, kulturellen Konzepten, ästhetischen Maßstäben und Optionen für hinreichend komplexe Umwelten. Für Frankfurt heißt dies, einen transdisziplinären Schwerpunkt für Medienforschung zu entwickeln. Das CCID könnte einen solchen Einstieg in ein Frankfurter Institut für Medienforschung bilden.

Die europäische Wissensregion FrankfurtRheinMain

Dieser Ansatz war es auch, der das CCID in Verbindung mit der Idee ei-

ner netzbasierten Wissensregion FrankfurtRheinMain brachte. Es ist ein Projekt, das im Rahmen der Metropolitana, einer Wirtschaftsinitiative für die regionale Entwicklung, aufkam und vom Präsidenten der Johann Wolfgang Goethe-Universität, Prof. Dr. Rudolf Steinberg, dem CCID angetragen wurde. Die Einbindung der Forschungs- und Entwicklungsüberlegungen in die Region wurde von allen Beteiligten als Chance gesehen, den globalen Prozessen eine lokale Beheimatung und Gesichter zu geben. Diese Verbindung von anonymen weiträumigen Prozessen, konkreten Anforderungen und Anwendungen sowie Menschen, die die Wissensentwicklung verantworten und gestalten, ist zugleich ein wichtiges Experiment. Es lokalisiert Wissen zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Kunst.

Die Konzeptionsphase ist inzwischen abgeschlossen. Die Wissensregion FrankfurtRheinMain ist eine zukunftsfähige Umsetzung der Forschungs- und Entwicklungsideen des CCID, die unter dem Projekttitel »ZUKUNFTSREGION 2012« geführt werden. Am Anfang des Umsetzungsprozesses steht die Entwicklung einer visuellen, dynamischen Wissenslandschaft, auf der der Stand der Wissensentwicklung, -vermittlung und -anwendung abgefragt werden kann. Dieser komplexe Web-Auftritt der Wissensregion FrankfurtRheinMain wird als Lern- und Entwicklungsraum verstanden. Es ist eine Aufforderung an die Region, sich über das versammelte Wissen neu kennen zu lernen. Die medientechnische Umsetzung ist in Kooperation mit Unternehmen vor Ort geplant. Erste Zielsetzung der Vernetzung von Wirtschaft, Wissenschaft und Kunst ist es: Eine Region lernt sich neu kennen. Zu wissen, was die Menschen einer Region können, ist für die Zukunft der Region entscheidend. Zu wissen, was in der Region getan werden muss, gibt den Menschen Ideen für ihren Lebensort. Das Projekt Wissensregion FrankfurtRheinMain bietet Überblicke und spezifische Einblicke in regionale Wissensfelder und bietet Räume an für die Entwicklung neuer Ideen und Wissensarten.

Zweite Aufgabe ist es, die Qualitäten der WissensRegion zu erkennen. Der globale Wettbewerb um den Zugang zu den Quellen von

Wissen und um die Integration von Wissensfeldern verstärkt sich. Qualität von Wissensstandorten und Vernetzungen bestimmen die Dynamik dieser Konkurrenzen. Unter diesen Bedingungen wird die regionale Nähe und Kooperation ein wichtiges landespolitisches, wirtschaftliches und wissenschaftliches Gut. Dabei stützen sich die Entwicklungskonzepte der Wissensregion FrankfurtRheinMain auf drei Konkurrenzvorteile der Region:

- vielfältige und historisch gewachsene maßgebliche Beteiligung von Wissenschaft, Wirtschaft und Kunst an den Prozessen der Wissensentwicklung (Partizipationsvorteil)
- die Prozesse des Wissenstransfers und der Wissensanwendung können zeitnah zur Wissensentwicklung gestalten werden (Zeit- und Transfervorteil)
- die starke Differenzierung der Wissensregion FrankfurtRheinMain bildet eine ausgezeichnete Grundlage für intelligente und innovative Weiterentwicklungen im Grundlagenbereich ebenso wie im Feld professioneller Umsetzung und produktionspezifischer Anwendung (Komplexitätsvorteil)

Dritte Aufgabe ist es, Denkräume für neues Wissen zu öffnen, zu moderieren und zu intensivieren. Wissen ist das produktivste Querschnittsfeld der Region. Es mit den weltweit neu entstehenden Wissensarten und deren transkultureller Organisation im Internet zu verbinden, ist die vornehmste Aufgabe des Projektes. Dies heißt auch, nicht nur Online-Kommunikationen auf hohem Niveau zu begleiten. Dazu gehört auch, junge Talente mit exzellenten Forscherinnen und Forschern, Produktentwicklern und Investitionsentscheidern zusammenzubringen.

Durch die Vernetzung von wissenschaftlichen, künstlerischen und wirtschaftlichen Wissensfeldern werden Anwendungsnähe, Reflexion, Entwurfsmöglichkeit, Zielorientierung und Fiktionalität in neuer Weise aufeinander bezogen werden können. Tagungen und Konferenzen werden dies ermöglichen. ♦

Information über Center for Media, KnowledgeCulture, Imagination, and Development (CCID): www.ccid.de

Der Autor

Prof. Dr. Manfred Faßler hat seit September 2000 eine Professur für Medienanthropologie am Institut für Kulturanthropologie und Europäische Ethnologie inne. Er ist der Initiator des Center for Media, KnowledgeCulture, Imagination, and Development (CCID), einem An-Institut der Universität Frankfurt.

Ein Mathematiker mit universalem Anspruch

Über Max Dehn und sein Wirken am Mathematischen Seminar

Für eine erste Blüte der Mathematik in Frankfurt gab Max Dehn (1878–1952) in den Jahren ab 1921 bis 1935 entscheidende Impulse. Seine völlig neuen Ideen zur Knotentheorie und zur Topologie beeinflussten die Entwicklung der Mathematik weit über Deutschland hinaus. 1935 fand sein Wirken in Frankfurt durch den Terror der Nationalsozialisten ein jähes Ende. Nach einer gefährvollen Flucht über Norwegen, Finnland, die Sowjetunion und Japan erreichte Dehn schließlich, 62-jährig, die Vereinigten Staaten von Nordamerika. Eine seinen Fähigkeiten entsprechende Stellung konnte er dort nicht mehr erlangen. Sein fünfzigster Todestag in diesem Jahr ist Anlass für diese Rückschau.



Max Dehn begann seine akademische Karriere sehr früh: Mit erst 23 Jahren legte er 1901 seine Habilitationsschrift vor, in der es ihm als erstem Mathematiker gelang, eines der berühmten Hilbertschen Probleme zu lösen (siehe »Die Hilbertschen Probleme«, S. 87, und »Das dritte Hilbertsche Problem«, S. 88). An Hilberts Wirkungsstätte, der Universität Göttingen, traf sich um die Jahrhundertwende die Elite des Fachs; auch der 1878 geborene Max Dehn studierte dort und promovierte 1899 bei Hilbert über ein Thema aus der Geometrie. Und Hilberts fruchtbare Anregungen begleiteten Dehn auch nach seinem Studium als Assistent in Karlsruhe und in Münster, wo er habilitiert wurde.

Dehn wurde Privatdozent in Münster (1902–1911), zwischenzeitlich Lehrstuhlvertreter in Kiel (1905), und erhielt am 16. September 1905 das Prädikat »Professor«. 1911 wurde Dehn »etatmäßiger außerordentlicher Professor« in Kiel, 1913 ordentlicher Professor an der Technischen Hochschule Breslau. Dass er von 1915 bis 1918 an der Front in Frankreich Kriegsdienst leistete, sollte sich 1933 als wichtig erweisen. Schließlich erhielt Dehn am 19. Juli 1921 ein Ordinariat in Frankfurt als Nachfolger von Ludwig Bieberbach und hat dort eine Blütezeit des Frankfurter Mathematischen Seminars mitgestaltet.

Zur Beschreibung dieser Blütezeit und der Rolle Dehns sei stell-

vertretend für viele André Weil zitiert, einer der bedeutendsten französischen Mathematiker des 20. Jahrhunderts. Weil war 1926 und 1952 jeweils für längere Zeit in Frankfurt am Main. Er berichtet in seinen Memoiren »Souvenirs d'apprentissage«^{11/} über das Frankfurter Mathematische Seminar: »Es herrschte dort eine ganz außergewöhnliche Atmosphäre ... Um Max Dehn hatten sich Hellinger, Epstein und Szász geschart; Siegel war als letzter hinzugekommen. Von ihnen spreche ich hier nicht ohne ein Gefühl herzlicher Dankbarkeit.« Weil vergleicht Max Dehn mit Sokrates und bringt den Begriff »Weisheit« ins Spiel: »Der Weise hat kein Spezialgebiet. Das soll aber bei weitem nicht heißen, dass Dehn nicht ein Mathematiker von großem Talent gewesen wäre, er hat ein Werk von hoher Qualität hinterlassen. Aber für einen solchen Mann ist die Wahrheit unteilbar, und die Mathematik ist nur einer von vielen Spiegeln, in denen sich diese reflektiert – vielleicht mit größerer Reinheit als anderswo. Als Universalgelehrter besaß Dehn fundierte Kenntnisse der griechischen Philosophie und Mathematik. Hellinger war ähnlich veranlagt, wenn auch weniger feurig. Sicher hätte er auf seine Umgebung nicht jene moralische Autorität ausüben können, wie sie Max Dehn allein durch seine Anwesenheit bewirkt hatte, aber beide Männer waren dafür geschaffen, sich zu

verstehen. Sie wurden mit großem Können von Epstein und Szász unterstützt, und sie alle waren stolz, Siegel an ihrer Seite zu wissen. Nirgendwo sonst bin ich je einer Gruppe von so harmonisch zusammenarbeitenden Mathematikern begegnet.«

André Weil kommentiert zwar nicht Dehns eigentlich mathematisches Werk, er setzt aber diesen Bericht über dessen persönliche Ausstrahlung fort mit einem Absatz über seine Aktivität auf dem Gebiet der Mathematikgeschichte: »Dehn war ein Humanist, der in der Mathematik ein Kapitel der Geschichte menschlichen Denkens sah – und sicher kein unwesentliches –, und so konnte es gar nicht ausbleiben, daß er einen völlig neuen Beitrag zur Geschichte der Mathematik leistete und seine Kollegen und Schüler daran beteiligte. Dieser Beitrag, oder besser gesagt, diese Schöpfung war das historische Seminar am mathematischen Institut der Frankfurter Universität. Nichts konnte dem Anschein nach einfacher und zugleich anspruchsvoller sein. Ein Text wurde ausgewählt und im Original gelesen, und man bemühte sich dabei, nicht nur die eigentliche Aussage, sondern auch die zugrundeliegenden Gedankengänge herauszuarbeiten.«

Willy Hartner, später Ordinarius für Geschichte der Naturwissenschaften an der Universität Frankfurt, erinnert sich in^{12/}: »Im Gegen-

Als Universalgelehrter besaß Max Dehn fundierte Kenntnisse der griechischen Philosophie und Mathematik. Seine Bedeutung für die Mathematik, die er auch während seiner Frankfurter Zeit entfaltete, liegt auf drei Gebieten: Grundlagen der Geometrie, Gruppentheorie und Topologie. Nach seiner Vertreibung durch die Nazis fand er schließlich Aufnahme in den USA, wo 1950 auch dieses Foto entstand.



Studentenausweis von Ruth Moufang: Als eine der erste Studentinnen begann Ruth Moufang 1925 ihr Mathematikstudium in Frankfurt, 1930 promovierte sie bei Max Dehn, von 1934 bis 1936 hatte sie einen Lehrauftrag an der Universität Frankfurt und habilitierte sich. Eine Stellung als Privatdozentin wurde ihr mit der Reichs-Habilitations-Ordnung 1937 verwehrt. Erst 1951 erhielt sie das planmäßige Extraordinariat an der Johann Wolfgang Goethe-Universität, das 1957 in einen ordentlichen Lehrstuhl umgewandelt wurde.

Willy Hartner – später Professor für Geschichte der Naturwissenschaften – gewährte während der November-Pogrome 1938 jüdischen Kollegen, unter ihnen auch Max Dehn, Unterschlupf. Nach dem Krieg sorgte er dafür, dass viele Emigranten auf ihre Lehrstühle zurückkehren konnten oder zumindest ihre Emeritenbezüge bekommen konnten, was wie im Fall Dehn häufig sehr schwierig war.



satz zu Hellinger liebte er es, ... zu improvisieren und sich der Überfülle der auf ihn einströmenden Gedanken zu überlassen. ... Bei aller Anerkennung seiner Meisterschaft war dies für uns, seine unerfahrenen Zuhörer, etwas schwierig ... Sehr verzagt bat ich ihn also um ein kurzes Gespräch. Es dauerte gut zwei Stunden, bei elendem Inflationenkaffee, zum Preis von etwa einer Milliarde Mark in der ‚Professorenmensa‘, und ich war aufs angenehmste überrascht, daß Dehn ohne jedes Zeichen der Verärgerung ... auf mein Anliegen einging. ... Der Rest des Gesprächs galt dann ganz anderen Dingen. Es ging um Kunst, Musik, Sprachen, klassische und moderne, ... schließlich auch um die politische Situation. ... Es war der Anfang einer lebenslangen Freundschaft, die in noch weit schwererer Zeit ihre Bewährung fand.«

Dehn hatte in seiner Frankfurter Zeit drei bedeutende Schüler:

- Ott Heinrich Keller (1906–1990), promoviert 1929, ab 1952 ordentlicher Professor in Halle
- Wilhelm Magnus (1907–1990), promoviert 1931, habilitiert 1933, später Professor in Königsberg, Göttingen und schließlich in New York
- Ruth Moufang (1905–1977), die für die Universität Frankfurt am wichtigsten wurde^{13/}; sie wurde 1930 promoviert und habilitierte sich 1936; die *venia legendi* wurde ihr vom Preußischen Wissenschaftsminister verweigert – unter ausdrücklichem Hinweis auf »erzieherische und Führeigenschaften«, welche den Dozentenstatus auf »einen ausschließlich männlichen Hochschullehrernachwuchs« beschränke. Ruth Moufang verließ die Universität, um eine Industrietätigkeit aufzunehmen, kehrte aber nach dem Krieg an das Mathematische Seminar zurück; sie erhielt als erste Frau in Deutschland eine Professur im Fach Mathematik an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt.

In der Mathematik seiner Zeit voraus

Max Dehn hat durch seine tiefen und originellen Ideen auf drei verschiedene Gebiete befruchtend gewirkt, nämlich auf die Grundlagen der Geometrie, die Topologie und die Gruppentheorie – so schreibt Carl Ludwig Siegel^{14/}. Zur Geometrie ist vor allem seine Habilitationsschrift zu nennen, in der er Hilberts

drittes Problem löste (siehe »Das dritte Hilbertsche Problem«, Seite 88), und zwar bereits im Jahr 1900. Zur Lösung verwendete er zahlen-theoretische Argumente, dies greift also weit über das Methodenrepertoire der Elementargeometrie hinaus.

Obwohl Dehn immer wieder auf die Grundlagen der Geometrie zurückkam – so regte er bedeutende geometrische Arbeiten seiner Studentin Ruth Moufang an –, wandte er sich mit seinen eigenen Aktivitäten einem neuen, aufblühenden Zweig der Mathematik zu: der Topologie. Seine Neigung zum Geometrisch-Anschaulichen führte ihn insbesondere zur Beschäftigung mit Flächen und mit dreidimensionaler Topologie. Nach John Stillwell^{15/} steht Dehns Name heute für viele Konzepte in der Topologie, in verwandten Gebieten der Geometrie und in der kombinatorischen Gruppentheorie: Dehns Lemma, Dehn Surgery, Dehn Filling, Dehn Twists und die Dehn-Invariante. Bemerkenswerterweise sind die meisten dieser Konzepte erst nach Dehns Tod 1952 in ihrer Bedeutung erkannt und zur Reife gebracht worden. Ein Grund dafür lag darin, dass Dehn häufig seiner Zeit voraus war. Er arbeitete über Topologie und kombinatorische Gruppentheorie, bevor diese als wichtig angesehen wurden.

Verfolgung und Exil

Max Dehn, Ernst Hellinger, Paul Epstein und Otto Szász waren jüdischer Abstammung. Durch das Ge-

setz mit dem euphemistischen Namen »zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums« vom 7. April 1933 verlor Szász sofort seine Professur und war zur Emigration in die USA gezwungen, die anderen durften als »Frontkämpfer« des Ersten Weltkriegs zunächst im Amt verbleiben; unter dem Druck der Universitätsverwaltung sagten Dehn und Hellinger jedoch vom Sommersemester 1933 an ihre Vorlesungen ab. Siegel versuchte, sie wenigstens noch an Kolloquien teilnehmen zu lassen, aber im Laufe der nächsten Jahre wurde die Situation zunehmend schwieriger. Als der Mathematiker Theodor Vahlen, dessen Buch »Abstrakte Geometrie« Dehn im Jahre 1905 vernichtend kritisiert hatte, »im Frühjahr 1935 ins Reichserziehungsministerium berufen

wurde, wusste Dehn, daß seine Tage an der Frankfurter Universität gezählt waren«, schrieb Willy Hartner in seinem Nachruf auf Dehn in der Frankfurter Allgemeinen Zeitung am 8. Juli 1952, und er fuhr fort: »Was er vorausgesehen hatte, trat unverzüglich ein: Mit Wirkung vom 1. April 1935 wurde er, vor Inkrafttreten der Nürnberger Gesetze, unter dem fadenscheinigen Vorwand, daß sein Lehrstuhl aus Sparmaßnahmen einzuziehen sei, in den Ruhestand versetzt.«

In den Pogromen nach der »Reichskristallnacht« 1938 wurde Dehn festgenommen, kam jedoch wegen Überfüllung der Gefängnisse zunächst wieder frei und fand bei Hartner Unterschlupf. Siegel^{14/} schreibt hierzu: »Man könnte jetzt wieder sagen, Herr Professor Hart-



(Oben) Ausflug des Mathematischen Seminars in den nahen Taunus um 1930. Auf diesem Foto, das der amerikanische Mathematiker James L. Rovnyak bei seinen Recherchen zu Ernst Hellinger aufgespürt hat, lassen sich heute nur noch einige Wissenschaftler eindeutig identifizieren: Ernst Hellinger (ganz links), Otto Szász (links sitzend), Ruth Moufang (rechts).



Carl Ludwig Siegel gehörte schon vor dem Zweiten Weltkrieg zu den überragenden Persönlichkeiten am Mathematischen Seminar der Universität Frankfurt, seine Methoden in der Zahlentheorie und Analysis werden heute noch verwendet. Dehn hatte ein »Seminar über die Geschichte der Mathematik« angeregt, das er gemeinsam mit Siegel und Hellinger für ausgewählte Studenten veranstaltete. »Erst später, nachdem wir in alle Welt zerstreut waren« erinnert sich Siegel, »wurde mir ... klar, welch ein seltenes Glück es ist, wenn die Fachkollegen sich uneigennützig und ohne persönlichen Ehrgeiz zu einer Gemeinschaft vereinigen, anstatt nur von ihrem Lehrstuhl aus zu dirigieren«.

ner hätte mit der Aufnahme der so Geflüchteten nur das für einen anständigen Menschen Selbstverständliche getan, aber damals waren die in diesem Sinne Anständigen in der Minorität, und so gehörte Mut dazu, sich eines von den nationalsozialistischen Machthabern Verfolgten anzunehmen.«

Die Ausreise aus Deutschland gelang 1939 über Kopenhagen nach

Die Hilbertschen Probleme

»Wer von uns würde nicht gern den Schleier lüften, unter dem die Zukunft verborgen liegt, um einen Blick zu werfen auf die bevorstehenden Fortschritte unserer Wissenschaft und die Geheimnisse ihrer Entwicklung während der künftigen Jahrhunderte!« So begann Hilberts Vortrag auf dem Internationalen Mathematikerkongress 1900 in Paris. Er stellte 23 zentrale mathematische Probleme seiner Epoche zusammen, die man als typische Triebfedern der zeitgenössischen Mathematik ansehen kann. Ein Blick auf diese Probleme und ihre wechselvolle Geschichte aus dem Abstand von hundert Jahren ist sehr aufschlussreich – auch der Vergleich mit den sieben Millennium-Problemen, die im Jahre 2000 formuliert wurden; hierbei ist charakteristisch, dass diese nicht mehr von einem Forscher, sondern von einem Gremium aus vier Wissenschaftlern formuliert wurden (darunter einem Physiker), und dass für ihre Lösung ein publikumswirksamer Preis von je einer Million Dollar ausgesetzt ist (Details zu den Millennium-Problemen unter www.claymath.org/prizeproblems).

Zu Hilberts Problemen gehören solche wie die Riemannsche Vermutung, über die wir zwar heute weit mehr wissen als die Mathematiker des Jahres 1900, die aber nach wie vor ungelöst ist; an Be-

deutung hat diese Vermutung nicht verloren – im Gegenteil, ihre Verallgemeinerungen sind sogar für Laufzeitabschätzungen der Informatik wichtig geworden. Andere Probleme sind von der Entwicklung ins Abseits gestellt worden, wie etwa die Frage nach der »richtigen« mathematischen Axiomatik für die Physik. Andere Fragestellungen wie Cantors Kontinuumshypothese haben im 20. Jahrhundert eine für Hilbert noch unvorstellbare Antwort gefunden: Die Kontinuumshypothese ist aus den in der Mathematik üblicherweise verwendeten Annahmen (»Axiomen«) weder beweisbar noch widerlegbar.

Schließlich gehören dazu Probleme wie das dritte und das siebte, die im 20. Jahrhundert gelöst wurden; zu beiden hat das Frankfurter Mathematische Seminar eine besondere Beziehung, die Lösung des dritten Problems (siehe »Das dritte Hilbertsche Problem«, Seite 88) markierte den Abschluss einer Entwicklung. Das siebte Hilbertsche Problem, die Transzendenz von $2^{\sqrt{2}}$ und ähnlicher Zahlen zu beweisen, wurde 1934 gleichzeitig, aber mit verschiedenen Methoden, von Siegels Doktoranden Theodor Schneider und von Alexander Osipov Gel'fond (UdSSR) gelöst. Beide bauten auf Vorarbeiten von Siegel auf und setzten eine anhaltend fruchtbare Entwicklung in Gang.

Literatur

^{/1/} Weil, André, Lehr- und Wanderjahre eines Mathematikers, Birkhäuser Verlag 1993, aus dem Französischen von Theresia Übelhör.

^{/2/} Hartner, Willy, Aufbau und Geschick der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Johann Wolfgang Goethe-Universität vor, während und nach dem Zweiten Weltkrieg, herausgegeben vom Präsidenten der Universität.

^{/3/} Moufang, Ruth und Magnus, Wilhelm, Max Dehn zum Gedächtnis, Math. Annalen 127, 215–227 (1954).

^{/4/} Siegel, Carl Ludwig, Zur Geschichte des Frankfurter Mathematischen Seminars, Vortrag am 13. Juni 1964 im Mathematischen Seminar anlässlich der 50-Jahrfeier der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt. Abgedruckt in Siegels Gesammelten Werken, Vol. III, 462–474.

^{/5/} Stillwell, John, Max Dehn, in History of Topology, ed. by I.M. James, Elsevier Science 1999, 965–978.

^{/6/} Dawson, John W. jr., Max Dehn, Kurt Gödel, and the Trans-Siberian Escape Route, Internat. Math. Nachrichten 189, 1–13 (2002).

^{/7/} Klemperer, Viktor, Ich will Zeugnis ablegen bis zum letzten, Tagebücher 1933–1941, 1942–1945, Aufbau-Verlag Berlin 1995.

Das dritte Hilbertsche Problem

Geht man von der Voraussetzung aus, dass sich der Flächeninhalt eines Rechtecks nach der Regel »Länge mal Breite« bestimmt, und dass Flächeninhalte bei Bewegungen ungeändert bleiben, so lässt sich auch der



Flächeninhalt beliebiger Polygone (Vielecke) auf elementarem Wege bestimmen: Zunächst zerlege man das Polygon in Dreiecke,

dann wird der Flächeninhalt der einzelnen Dreiecke ermittelt, indem man sie zunächst zu Parallelogrammen verdoppelt und anschließend durch Schneiden und Zusammenkleben in Rechtecke verwandelt.

Wenn man den Rauminhalt von Polyedern bestimmen will, lässt sich der erste Schritt leicht übertragen: Man zerlege das gegebene Polyeder in Tetraeder. Deren Rauminhalt ist zwar bekannt (Grundfläche mal Höhe, dividiert durch drei), aber auf Grund von Argumenten, welche weniger elementar sind als die skizzierten Zerlegungsverfahren für ebene Dreiecke; man

hat die Tetraeder durch immer kleinere Quader



auszuschöpfen (ein Grundprinzip der Integralrechnung) oder mit Hilfe des Prinzips von Francesco Bonaventura Cavalieri durch ein besonders einfaches Tetraeder gleicher Grundfläche und Höhe zu ersetzen, das sich dann als Baustein für die Zusammensetzung zu Quadern eignet. Dass sich dabei das Volumen nicht ändert, ist zwar richtig, aber nach Hilberts Vermutung nicht auf elementarem Wege beweisbar. Genauer stellt er die Aufgabe, »zwei Tetraeder gleicher Grundfläche und Höhe anzugeben, die sich auf keine Weise in kongruente Tetraeder zerlegen lassen, und die sich auch durch Hinzufügung kongruenter Tetraeder nicht zu solchen Polyedern ergänzen lassen, für die ihrerseits eine Zerlegung in kongruente Tetraeder möglich ist.«



Trondheim, wo Dehn an der dortigen Technischen Hochschule eine Professur vertrat. Die deutsche Besetzung Norwegens nötigte Dehn erneut, sich zu verstecken, schließlich Anfang 1941 – finanziert von norwegischen Kollegen – eine gefährvolle Flucht über die schwedische Grenze zu wagen und die mühsame Reise über Finnland, die Sowjetunion und Japan in die USA zu unternehmen ^{/6/}. Auch Hellinger emigrierte in die USA, nach einem sechswöchigen Aufenthalt im KZ Dachau freigekauft durch Vermittlung seiner schon vorher in die USA ausgewanderten Schwester. Epstein, der schon einmal aus politischen Gründen seine Stelle verloren hatte (in Straßburg, weil er den Ersten Weltkrieg auf deutscher Seite mitgemacht hatte), fühlte sich zu alt und zu krank für einen Fluchtversuch. Als er im August 1939 eine Vorladung zur Gestapo erhielt, nahm er eine tödliche Dosis Veronal; er hinterließ eine Notiz: »Ehe ich diesen Menschen in die Hände falle, tue ich diesen letzten Schritt.«

Durch Viktor Klemperers Erinnerungen ^{/7/} wissen wir, dass dies kein Einzelschicksal war. Max Dehn, nun 62-jährig, hatte das nackte Leben gerettet, musste aber wieder ganz von vorne beginnen. Es war für ihn nicht mehr möglich, eine seinen mathematischen Fähigkeiten und seiner hohen Bildung auch nur einigermaßen entsprechende Stellung zu finden, zumal wegen der bereits früher Emigrierten die Universitäten in den USA keine Möglichkeit mehr sahen, weiteren Emigranten angemessene Stellen anzubieten. Dehn nahm eine Lehrtätigkeit in Pocatello (Idaho, 1941 bis 1942, als Assistant Professor) auf, dann war er am Illinois Institute of Technology in Chicago (1942 bis 1943, Visiting Professor), als Tutor (!) am St. John's College in Annapolis (1943 bis 1944), zuletzt als Professor am Black Mountain College in North Carolina, wo er Mathematik, Philosophie und alte Sprachen unterrichtete; dort wurde er 1952 emeritiert. Seine Frau Antonie trug in dieser Zeit mit kunstgewerblichen Arbeiten zum Lebensunterhalt bei.

Durch seinen plötzlichen Tod am 27. Juni 1952 konnte Dehn nicht mehr seine Absicht verwirklichen, einer Einladung der Naturwissenschaftlichen Fakultät nach Frank-

Topologie – Die Lehre von den Deformationen

Die Topologie gehört im weitesten Sinne zur Geometrie und beschäftigt sich mit Eigenschaften von Figuren, Flächen oder Räumen, die bei stetigen Deformationen ungeändert bleiben. Beispiele: Warum zerlegt eine geschlossene »doppelpunktfreie« Kurve (das heißt eine Kurve ohne Kreuzungspunkte, aber im übrigen völlig beliebig) die Ebene in ein Innen- und ein Außengebiet? Warum gibt es auf der Erde – ganz egal, wie Windstärken und Windrichtungen verteilt sind – immer Orte absoluter Windstille? Warum kann man eine Kugeloberfläche – selbst wenn diese aus einem beliebig dehnbaren Material besteht – niemals in einen Torus (Fahrradschlauch) deformieren?

mit Hilfe seiner »Gruppenbilder«, dass die beiden nachstehenden »Kleeblattschlingen«, welche



Zwei nicht-äquivalente Kleeblattschlingen. Max Dehn fand heraus, dass ein Kleeblattknoten nicht ohne Zerschneiden in sein Spiegelbild umgeformt werden kann.

durch Spiegelung auseinander hervorgehen, nicht umkehrbar stetig ineinander deformiert werden können. Die dabei entwickelten Techniken gehören heute zum Grundbestand der »Knotentheorie«.

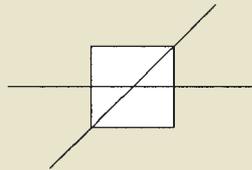
Solche Fragen lassen sich am besten mit Methoden der Algebra, genauer gesagt der Gruppentheorie, beantworten. Dehn fand 1914

Gruppen und Symmetrien

Gruppen sind Instrumente der Mathematiker – inzwischen aber auch der Physiker, der Kristallographen und der Chemiker –, um Symmetrien zu beschreiben. Beispielsweise besitzt ein Quadrat vier Drehungen (jene um 0° mitgerechnet, sie wird 1 genannt) und vier Spiegelungen, welche die Figur in sich überführen, also eine »Symmetriegruppe« aus acht Elementen. Der entscheidende Punkt: Wenn man solche Symmetriebewegungen hintereinander ausführt, ergibt sich wieder eine Symmetriebewegung; diese »Komposition« definiert somit eine »Multiplikation« der Gruppenelemente; anders als bei Zahlen kommt es allerdings auf die Reihenfolge der Faktoren an.

Die »kombinatorische Gruppentheorie« versucht, Gruppen aus »Erzeugenden«, das heißt aus möglichst einfachen Bestandteilen, aufzubauen. In der Symmetriegruppe des Quadrats lassen sich beispielsweise alle Bewegungen als Produkte (also Hintereinanderausführung) von zwei Spiegelungen a und b an den hier eingezeichneten Symmetrieachsen beschreiben.

Man darf dabei an den Aufbau der natürlichen Zahlen aus Primzahlen denken, anders als dort treten allerdings Relationen auf wie

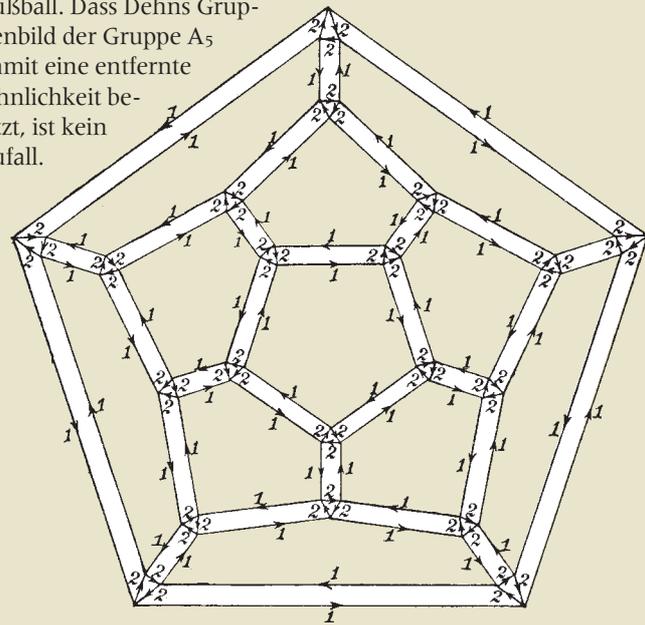


$$a^2 = 1, b^2 = 1, (ab)^4 = 1.$$

Um das Zusammenspiel von Erzeugenden und Relationen besser beschreiben zu können, hatte schon Arthur Cayley graphische Methoden in die Gruppentheorie eingeführt. Dehn hat diese zum »Dehnschen Gruppenbild« verfeinert (die Punkte entsprechen den Gruppenelementen, und sie werden durch eine Kante miteinander verbunden, wenn sie durch Multiplikation mit einem erzeugenden Element auseinander hervorgehen).

Mathematikern und Philosophen sind Ikosaeder seit über zweitausend Jahren vertraut, inzwischen aber als »Fullerene« oder »Buckyballs« auch den Chemikern. Der breiten Öffentlichkeit ist ein anderes

Objekt mit der gleichen Symmetriegruppe wahrscheinlich besser geläufig: der aus regelmäßigen Fünf- und Sechsecken aufgebaute Fußball. Das Dehns Gruppenbild der Gruppe A_5 damit eine entfernte Ähnlichkeit besitzt, ist kein Zufall.



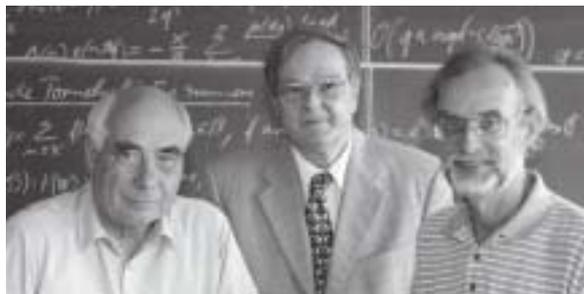
Dehns Zeichnung eines Gruppenbilds für die Gruppe A_5 jener 60 Drehungen, die ein reguläres Ikosaeder, also den kompliziertesten platonischen Körper, in sich überführen. Die Gruppe A_5 wird von zwei Elementen erzeugt, und die Kantenummerierung im Gruppenbild zeigt, mit welchem der beiden Erzeugenden multipliziert werden muss, um das nächste Element zu erreichen.

furt zu folgen. Die Bemühungen der Naturwissenschaftlichen Fakultät und des Rektors der Universität, Dehn die ihm zustehenden Emeritenbezüge zukommen zu lassen, blieben zu Dehns Lebzeiten erfolglos. Hartner schrieb hierzu in der FAZ: »Noch im April [1952] hat sich die Wiesbadener Fachbehörde für Wiedergutmachung das Scheinargument des Rüstschens Ministeriums zu eigen gemacht, daß Dehn wegen Einziehung des Lehrstuhls und nicht als Jude entlassen und daß daher sein Anspruch auf Emeritierung nicht erwiesen sei. Es blieb dabei, allen Bitten um Beschleunigung zum Trotz, und auch der Hinweis auf die Möglichkeit seines Todes konnte daran nichts ändern. Er hat die erhoffte Entscheidung, daß Recht geschehen sollte, nicht mehr erlebt.

Dehns Frau erhielt schließlich die Emeritenbezüge ihres Mannes ab 1. April 1950 bis zu dessen Tod nachgezahlt.« Wie unangemessen ist doch der Begriff »Wiedergutmachung«!

Ausführliche Fassung dieses Beitrages im Internet: www.math.uni-frankfurt.de

Die Autoren



Prof. Dr. Gerhard Burde (links), 71, studierte Mathematik und Physik in Göttingen, wo er 1961 promovierte. Seine Habilitation legte er 1968 vor. Seit 1971 ist Burde Professor an der Universität Frankfurt. Burde fungierte zweimal – 1980/81 und 1990/91 – als Dekan des Fachbereichs Mathematik. Gemeinsam mit der Ruhr-Universität Bochum arbeitet er in dem Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Niederdimensionalen Topologie. Mit Heiner Zieschang veröffentlichte Burde 1985 ein Buch zur Knotentheorie »Knots«.

Prof. Dr. Wolfgang Schwarz (Mitte), 68, studierte Mathematik und Physik in Erlangen. Nach der Promotion 1959 wurde er 1964 in Freiburg habilitiert. Dort startete er auch seine Professorenlaufbahn,

Mathematischen Fachbereiche. Er ist Vertrauensdozent des Cusanuswerks. Als Buchautor war er sehr produktiv, als letztes Werk erschien »Arithmetical Functions« mit Jürgen Spilker.

Prof. Dr. Jürgen Wolfart, 57, studierte Mathematik und Physik in Hamburg und Freiburg, nach seiner Promotion 1972 habilitierte er sich 1976 in Freiburg. 1979 wurde er an die Universität Frankfurt berufen. Zu seinen Veröffentlichungen zählt auch ein Werk über »Zahlentheorie und Algebra«, das 1996 erschien. Wolfart war 1986/87 Dekan des Fachbereichs Mathematik und engagiert sich seit 2001 als Studiendekan. Er pflegt wissenschaftliche Kontakte und Austauschprogramme mit Paris, Southampton, Chiba (Japan).

1969 folgte er einem Ruf an die Johann Wolfgang Goethe-Universität. 1986 und 1987 war Schwarz Vorsitzender der Deutschen Mathematiker-Vereinigung, 1993 und 1994 Sprecher der Konferenz der

Gegenwärtigen Vergangenes: Der junge Goethe

Sammelband zur Vortragsreihe an der Universität Frankfurt

Am 28. August 1749, mittags mit dem Glockenschlage zwölf, kam in Frankfurt am Main Goethes berühmteste literarische Figur auf die Welt: Johann Wolfgang Goethe. Die zeitgleiche Geburt des Romanhelden Goethe und des Dichters Goethe bereitet uns Lesern weniger Mühe als den Biographen, die sich im Zuge ihrer Arbeit mit dem Problem auseinandersetzen müssen: Was ist Dichtung und was ist Wahrheit? Antworten lassen sich auf diese Fragen kaum finden. Denn Goethe, dem Vertraulichkeiten zuwider waren, begann früh, die Spuren seines Daseins zu verwischen und sich seines literarischen Talents zu bedie-

sität stattfand und im Rahmen der von der Deutschen Bank finanzierten Stiftungsgastprofessur »Wissenschaft und Gesellschaft« veranstaltet wurde, wünschten sich, »daß 1999 ein Jahr für Goethe-Leser wird und daß die Goethe-Philologie dazu das Ihre tut«. Sie luden deshalb zehn namhafte Germanisten ein, ihre Sicht auf Werke Goethes vor einem nicht nur wissenschaftlichen Publikum zur Diskussion zu stellen. Neun der Vorträge liegen jetzt in Buchform vor.

»Ziel des Unternehmens«, so schreibt die Herausgeberin Waltraud Wiethölter, Literaturwissenschaftlerin an der Universität Frankfurt, in

wird der Goethefreund nicht nur mit dem »Werther«, dem »Götz«, dem »Erk König« oder der Prometheus-Hymne konfrontiert, sondern lernt auch dramatische Arbeiten wie das »Jahrmarktsfest zu Plundersweilern«, Kritiken, Aufsätze und Beiträge aus den »Frankfurter Gelehrten Anzeigen« oder das Gedicht »An Schwager Kronos« kennen, das der Amerikaner David E. Wellbery (Chicago) in seinem Beitrag zur »Zeitsemantik und poetologischen Konzeption des jungen Goethe« vorstellt. Neben dieser klassischen Werkinterpretation stehen Aufsätze zur »Poesie und bildende Kunst beim jungen Goethe« (Ernst Osterkamp, Berlin), zu Goethes »Bilder[n] des Fremden« (Gerhart von Graevenitz, Konstanz), zum »Schreibmaterial des jungen Goethe« (Ulrike Landfester, München), zum »Gott Goethe(s)« (Jochen Hörisch, Mannheim) und zum karnevalistischen Goethe (Bernhard Greiner, Tübingen).

Das große Thema des Bands stellt die »Wiederbegegnung des alten mit dem jungen Goethe« (Hendrik Birus, München) dar. »Der junge Goethe«, fasst Klaus-Detlev Müller in Anlehnung an die Forschungen der Frankfurter Germanistin Christa Bürger zusammen, sei »ein Produkt und in mancher Hinsicht sogar eine Erfindung des alten«. Der alte Goethe wählte – wie er selbst formulierte – eine biografische Maskerade und begründete diese Strategie in einem Brief an die Hofdame der Kaiserin Maria Ludovica in Wien, Josephine Gräfin O'Donell, mit der Bemerkung, dass er sein späteres Leben nur hinter seinem früheren verstecken könne.

Alles in allem bekommt der Leser des Sammelbands ein abwechslungsreiches Porträt Goethes präsentiert und erhält zugleich einen Einblick in die aktuellen literaturwissenschaftlichen Lesarten seines Frühwerks; nicht mehr, aber auch nicht weniger. ◆

Dr. Michael Maaser, Historiker, ist Leiter des Universitätsarchivs.



Waltraud Wiethölter (Hrsg.)

**Der junge Goethe,
Genese und Konstruktion
einer Autorschaft**

A. Francke Verlag,
Tübingen und Basel, 2001,
ISBN 3-7720-2758-X,
184 Seiten, 29 Euro.

ihrem Vorwort, »war der Versuch, jenseits der etablierten Rezeptionsmythen die Bedingungen und Artikulationsformen einer Autorschaft namhaft zu machen, die sich schon für die Zeitgenossen erkennbar durch eine Revision der deutschen Literatur auszeichnete«. Die Wirkung Goethes auf die Literatur seiner Zeit begann mit seinem Debüt als Romanautor. Gerhard Neumann (München) bringt diesen Einschnitt wie folgt auf den Punkt: »In Goethes »Werther« ereignet sich exemplarisch, was man die Geburt des modernen Romans nennen könnte.« Neumann rückt in seinem Beitrag »Heut ist mein Geburtstag« das Zusammenspiel von Liebe und Identität im Werther-Roman in den Mittelpunkt, ein Thema, das Goethe bis in sein Spätwerk fasziniert.

Dass die Autoren des Sammelbandes den Blick des Lesers auf die weniger bekannten Schriften Goethes lenken, zählt zu den Stärken der vorliegenden Publikation. So

nen, um der Nachwelt ein Porträt nach eigenem Geschmack zu hinterlassen. »Ein Faktum unseres Lebens gilt nicht, insofern es wahr ist, sondern insofern es etwas zu bedeuten hatte«, rechtfertigte er seine Maskerade. Für den Umgang mit Goethe gibt es deshalb nur ein Rezept: Weniger über Goethe reden, dafür mehr Goethe lesen.

Die Initiatoren der Vortragsreihe »Der junge Goethe. Genese und Konstruktion einer Autorschaft«, die anlässlich des 250. Geburtstages des berühmten Frankfurters an der Johann Wolfgang Goethe-Univer-

Von Sokrates zum Sozialprodukt

Was haben Geist und Geld gemeinsam?

Geist und Geld sind zwei Phänomene, die das Leben der Menschen von jeher prägen. Auf den ersten Blick haben sie nichts gemeinsam: Dem Geist sprechen wir als etwas *Ideellem* Unvergänglichkeit zu, oft dünkt er sich dem profanen Geld überlegen. Im Geld sehen wir das *Materielle* verkörpert, das viel zu schnell als »schnöder Mammon« zwischen den Fingern zerrinnt. Eine gänzlich andere Sichtweise auf das (scheinbar) gegensätzliche Verhältnis von Geist und Geld entwickelt der Philosoph Klaus-Jürgen Grün in seinem jüngst erschienenen Buch »Geist und Geld. Die zweite Natur des Menschen«. Er setzt in dieser philosophischen Betrachtung die beiden Gegenpole miteinander in Beziehung und stellt die Frage: Was haben Geist und Geld eigentlich gemeinsam?

Um dem verwandtschaftlichen Verhältnis von Geist und Geld auf die Spur zu kommen, konzentriert sich der Verfasser auf den Ursprung beider Phänomene. Ihre Entstehung fällt zeitlich und sachlich zusammen. Unmittelbare Verknüpfung erfährt beides in ihrem gemeinsamen mythologischen Ursprung. Neben dieser Gleichzeitigkeit verdanken Geist und Geld ihre Entstehung weitestgehend demselben existenziellen Bedürfnis der Menschen nach Ordnungskriterien, mit deren Hilfe die Welt um uns herum überschaubar und begreifbar gemacht werden kann: Im philosophischen Diskurs reflektiert und strukturiert der Mensch seine Existenz und das Wesen der Welt mit Hilfe des *Geistes*. Mit der Erfindung des *Geldes* schuf sich der Mensch einen einheitlichen Wertmesser als Grundvoraussetzung des Austausches von Waren-Werten im weitesten Sinne. Neben dieser positiven Funktion des Strukturierens bieten Geschichte und Gegenwart zahlreiche Beispiele dafür, wie Geist und Geld als Machtmittel missbraucht werden können.

Anhand zahlreicher Beispiele aus der Philosophie- und Literaturgeschichte einerseits und Wirtschaftsgeschichte andererseits schlägt Grün eine solide Brücke vom Geist zum

Geld. Sein Gang durch die Jahrhunderte umspannt dabei einen weiten Bogen von den vorsokratischen und vorplatonischen Denkschulen bis hin zu den Klassikern der Moderne, wie Ernst Bloch, Theodor W. Adorno und Max Horkheimer. In dem Kapitel »Protestantischer Geist und



sein Geld« wird beispielsweise die enge Verwandtschaft beider Phänomene durch Grüns These illustriert, dass die »Entwicklung des Kapitalismus undenkbar (ist) ohne religiöse Aufladung des Geschäfts- und Geldwesens.« So verbünden sich in verschiedenen protestantischen Lehren Geld und christlicher Geist zu einer ideellen Einheit.

Trotz der Fülle des Materials gelingt es dem Autor immer wieder, den Leser zur Ausgangsfrage nach den Gemeinsamkeiten von Geist und Geld zurückzuführen. Hervorzuheben ist die klare Einteilung des Textes und die Verständlichkeit, mit der Grün die zum Teil komplexen Zusammenhänge darstellt. Diese Transparenz ermöglicht den Zugang zu seinem Buch von verschiedenen Seiten: Lesern, die sich beruflich vorwiegend mit Geld beschäftigen, dient es als Einführung in die Philosophie. Dem Berufsphilosophen öffnet es hingegen eine Sicht auf eine *weltliche* Philosophie der Wirtschaft, die sich an den faktischen Gegebenheiten unserer Zeit orientiert.

Grün ist prädestiniert dafür, dieses Verhältnis von Geist und Geld fundiert darzulegen: Seine erste Berufsausbildung hat der Philosophie-Dozent in einem großen deutschen Wirtschaftsunternehmen erhalten und kennt sich somit bestens in den Sphären von Philosophie und Öko-

Klaus-Jürgen Grün
**Geist und Geld.
Die zweite Natur des
Menschen**

Verlag mentis,
Paderborn 2002,
ISBN 3-89785-182-2,
242 Seiten,
24,80 Euro.

nomie aus. Der Autor gründete im Sommer 2001 in der Nähe von Frankfurt das » Philosophische Kolleg für Führungskräfte«. Hier wird dem Führungsnachwuchs der mittleren und oberen Führungsebene die Gelegenheit gegeben, seine bis dahin meist einseitig materiell ausgerichtete Persönlichkeitsbildung durch ein postgraduiertes philosophisches Studium auszubauen und zu ergänzen. Außerdem bietet das Kolleg für Studentinnen und Studenten der Rechts-, Wirtschafts- oder Naturwissenschaften ein begleitendes Philosophiestudium an.

In einer Zeit, in der Geld die Welt regiert, stellt dieses Buch einen wichtigen Beitrag dar, der Philosophie als Ergänzung zum Materialismus einen (hand-)festen Platz im öffentlichen Bewusstsein einzuräumen, denn – so Grün: »Wenn Philosophie ausschließlich an der Uni existiert, dann ist es ein in sich leer laufender Scharfsinn.«

Annette Pfannenschmidt ist Germanistin und arbeitet als freie Journalistin im Rhein-Main-Gebiet.

Nomaden der Lüfte

Atemberaubende Aufnahmen von Vögeln

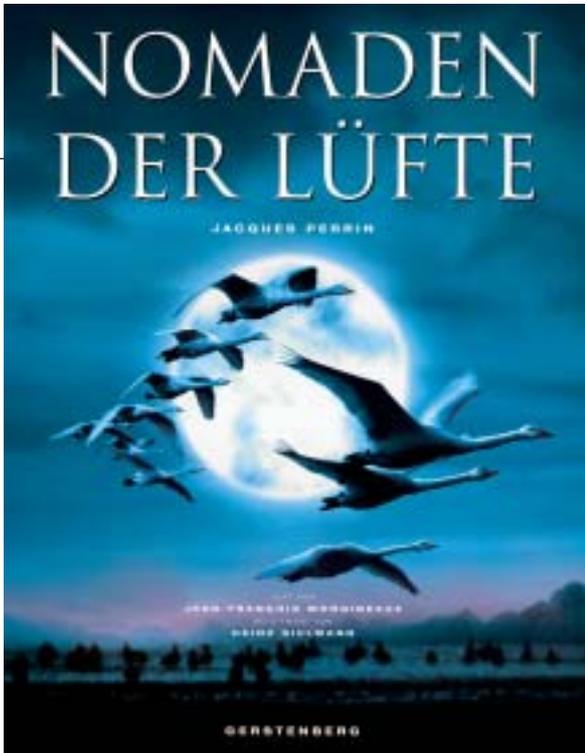
Parallel zu dem Film »Nomaden der Lüfte« legen die Autoren Jacques Perrin und Jean-François Mongibeaux jetzt auch einen Bild-

gentlich auch Langeweile aufkam. Dies ist hier beim Betrachten der außergewöhnlich guten Aufnahmen, die im Großformat perfekt

erwartet man von einem derartigen Buch kein »Lehrbuch der Ornithologie« mit Vollständigkeit, Sachregister und weiterführender Literatur. Aber die in den sehr knapp gehaltenen Texten unter »Wissenswertes« zusammengefassten Informationshäppchen stehen – vielleicht gewollt – völlig zusammenhanglos nebeneinander und sind zum Teil wegen ihrer Kürze häufig irreführend, weil nur Fragmente von Aspekten angesprochen werden. Auch die größeren zusammenfassenden Abschnitte sind von sehr unterschiedlicher Qualität und an einigen Punkten, etwa beim Thema Orientierung, wissenschaftlich hoffnungslos veraltet, teilweise sogar falsch. Allgemein wird ein nicht ganz zutreffendes Bild vom Vogelzug gezeichnet, da sich das Buch, wohl aus aufnahmetechnischen Gründen, auf die großen, spektakulären Arten konzentriert und das Heer der vielen kleinen, meist nachziehenden Singvögel weitgehend außen vor lässt. Bei den Abschnitten über die Entstehung des Film hätte man gern etwas ausführlichere Informationen, zumal die Prägung so vieler Vogelindividuen auf den Menschen nicht unproblematisch ist.

Insgesamt ist das Buch ein wunderbarer Bildband, durch die großartigen Aufnahmen ausgezeichnet geeignet, das Interesse für die Natur als Ganzes und für die Vögel im Besonderen zu wecken, aber es hat doch erhebliche Schwächen, wenn es darum geht, Vogelfreunden Wissen über ihre Lieblinge zu vermitteln. ♦

Prof. Dr. Wolfgang Wiltschko ist Ornithologe am Zoologischen Institut.



Jacques Perrin und Jean-François Mongibeaux
Nomaden der Lüfte
Gerstenberg-Verlag,
Hildesheim 2002,
ISBN 3-8067-2903-4,
270 Seiten,
54 Euro.

band gleichen Namens vor, der eine Auswahl der schönsten Vogelaufnahmen enthält. Die Ästhetik der Bilder ist atemberaubend; besonders die Flugaufnahmen sind einzigartig und voller Dynamik. Sie hinterlassen beim Betrachter einen bleibenden Eindruck, der tiefe Sympathie für die herrlichen abgebildeten Geschöpfe weckt. Persönlich beeindruckt mich der Bildband noch mehr als der Film, in dem doch zeitweilig durch die stereotype Wiederholung der gleichen Bewegungen und die Unterlegung mit einer etwas merkwürdigen Musik ein gewisses Gefühl von Distanz, gele-

wiedergegeben sind, in keiner Phase der Fall. Im Buch kommt die Schönheit der Vögel voll zur Geltung; jedem Betrachter wird verständlich, warum man die Ornithologie als die »scientia amabilis« bezeichnet. Spannend sind auch die Einblicke, die die Autoren in die »Werkstatt« geben, so dass der Betrachter zumindest teilweise nachvollziehen kann, wie Film und Bilder entstanden sind.

Gegenüber den beeindruckenden Bildern von Jacques Perrin fällt der Text von Jean-François Mongibeaux und diversen anderen Autoren leider erheblich ab. Natürlich

Anzeige

Anzeige

Drei Prinzen aus Serendip

Die Rolle des Zufalls in der Wissenschaft

Im Frühjahr 2002 erschienen gleich zwei Bücher, die sich mit der Rolle des Zufalls bei wissenschaftlichen Entdeckungen befassen. Sowohl der Wissenschaftsjournalist und Leiter der Fernseh-Wissenschaftsredaktion des SWR, Martin Schneider, als auch der Professor für Humanbiologie und Humangenetik der Universität Kaiserslautern, Heinrich Zankl, widmen sich diesem Thema. Zufall? Wohl kaum. Denn blinde Zufälle sind bei wissenschaftlichen Entdeckungen ebenso die Ausnahme wie im täglichen Leben. Die Zeit war wohl reif für Literatur zum Thema »Zufall in der Wissenschaft«. Nach dem französischen Chemiker Louis Pasteur jedenfalls »bevorzugt im Bereich der Beobachtungen der Zufall den vorbereiteten Geist«.

Dementsprechend handeln die »Zufallsgeschichten« in beiden Büchern nicht von blindem Stochern im Nebel, wo es reine Glückssache ist, wenn etwas gefunden wird, sondern von den kleinen Abweichungen im Forschungsalltag: von Laborunfällen, zerbrochenen Thermometern, zu lange stehen gelassenen Proben, vom »zufälligen« Zusammentreffen zweier Wissenschaftler oder zweier Ereignisse. Von Dingen, die jemandem auffielen, dessen Geist »vorbereitet« war und der somit etwas sah und dachte, was andere vor ihm nicht sahen oder dachten. Beide Autoren verwenden für den Zufall in der Forschung einen Begriff aus dem angloamerikanischen Sprachraum, für den es keine adäquate deutsche Übersetzung zu geben scheint: »Serendipity«. In dem alten persischen Märchen »Die drei Prinzen aus Serendip« (Serendip ist ein alter, aus dem arabischen stammender Name für das heutige Sri Lanka) finden die drei Königskinder durch eine Kombination von Zufall, Scharfsinn, Glück und Weisheit Dinge, die sie eigentlich gar nicht gesucht haben – die aber ziemlich nützlich sind. Der englische Schriftsteller Horace Walpole verwendete im Jahr 1754 erstmals diesen schillernden Begriff, den man, so Schneider, vielleicht mit »Finderglück« gepaart

mit »Spürsinn« und »Glück des Tüchtigen« übersetzen könnte.

Beide Autoren befassen sich zunächst mit der Definition von Zufall in der Wissenschaft, bevor sie ihn in unterschiedlichsten Beispielen belegen. In 35 kurzen und überschaubaren »Zufallsgeschichten« mit hohem Informationsgehalt führt der Humangenetiker Zankl in seinem Buch »Launen des Zufalls – Wissenschaftliche Entdeckungen von Archimedes bis heute« durch sieben große wissenschaftliche Bereiche: Er erzählt nicht nur Unterhaltsames aus Physik, Chemie, Biologie, Pharmakologie und Medizin, sondern auch aus der Welt der Archäologie und der Anthropologie. Das wohlbekannte Badewannenerlebnis des Archimedes kommt in »Launen des Zufalls« ebenso vor wie aktuelle Beispiele, etwa die Entdeckung des Potenzmittels Viagra, ursprünglich als Mittel gegen Bluthochdruck und Angina pectoris konzipiert. Ob es sich um den Fund der Qumran-Schriftrollen durch einen Hirtenjungen, um einen Verdünnungsfehler bei biologischen Versuchen oder eine verbotenerweise im Labor gerauchte Zigarette handelt – der Leser wird immer wieder erstaunt sein, welche Rolle Kollege Zufall in der Wissenschaft spielt. Das Buch – abgerundet durch ein mehrseitiges Literaturverzeichnis und ein ausreichendes Namens- und Sachregister – ist eine entspannende und auch amüsante Lektüre für wissenschaftlich interessierte Leser aller Fachrichtungen. »Teflon, Postit und Viagra – große Entdeckungen durch kleine Zufälle« von Martin Schneider zeigt vor allem anhand von Produkten, die jeder von uns kennt und benutzt, welche Entdeckungen in der (Bio)Chemie und Physik eher zufällig gemacht wurden. Er bricht dabei auch ganz bewusst eine Lanze für die freie (Grundlagen)Forschung. Schließlich sei wissenschaftlicher Fortschritt nur in Grenzen planbar. Staatliche und industrielle Forschungsförderung sollten seiner Meinung nach aus den Zufallsgeschichten vor allem Folgendes lernen: Nur Forschungsstrukturen, die motivierten Forschern mit Biss



Heinrich Zankl
Die Launen des Zufalls. Wissenschaftliche Entdeckungen von Archimedes bis heute
 PrimusVerlag, Darmstadt, 2002,
 ISBN 3-8967-8428-5,
 165 Seiten,
 14,90 Euro.

Martin Schneider
Teflon, Postit und Viagra. Große Entdeckungen durch kleine Zufälle
 WileyVCH Verlag, Weinheim, 2002,
 ISBN 3-5272-9873-8,
 216 Seiten,
 24,90 Euro.



genügend Raum lassen, werden auf Dauer erfolgreich sein. Denn dann kann der vorbereitete, wache und neugierige Geist nicht nur Neues erkennen, sondern auch umsetzen. Natürlich muss zu letzterem auch die Bereitschaft vorhanden sein. So waren weder die kleinen, zunächst gelben Klebezettel, die Postitnotes, als Produkt geplant, noch das aus unseren modernen Küchen nicht mehr weg zu denkende Teflon. Im letzteren Fall wollte ein DuPont-Mitarbeiter eigentlich ein neues Kältemittel für Kühlschränke entwickeln. Und der allgegenwärtige Tesafilm ist eigentlich ein verunglücktes Wundplaster. Die Erfolge ergaben sich also »nebenbei«, bei der Grundlagenforschung oder auf der Suche nach etwas völlig anderem. Die Geschichten rund um Zufälle in der Forschung, von Schneider lebendig und nuancenreich erzählt, garantieren auch wissenschaftlichen Laien jede Menge Lese-spaß. Und nicht zuletzt zeigt sein Buch – wie auch jenes von Zankl –, dass auch in der Wissenschaft nicht immer alles nach Plan läuft.

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

Das Wissen und sein schillernder Charakter

Über das Zusammenspiel von wissenschaftlichem Wissen, Praxis- und Alltagswissen als Forschungsgegenstand



Unterstützung der Deutschen Bank veranstaltet wurde. In sieben Beiträgen beschäftigen sich Archäologen, Ethnologen, Philosophen und Historiker mit der Produktion von Wissen, indem sie sich auseinandersetzen mit der Materialität der Dinge in der Welt, mit Rezeption und Weitergabe von Wissen, mit Erkenntnistheorie. Bei aller Pluralität

Johannes Fried/
Johannes Süßmann (Hrsg.)
Revolutionen des Wissens.
Von der Steinzeit bis zur Moderne
Verlag C.H. Beck, München 2001,
ISBN 3-406-47576-0,
192 Seiten,
9,90 Euro.

Wissen ist ein eigentümlich Ding.« Bereits in dieser einleitenden Bestimmung heben die Frankfurter Herausgeber den schillernden Charakter ihres Gegenstandes hervor: Unverzichtbar und doch rätselhaft sei das Wissen, es könne »Meinung« genannt werden oder »gesicherte Erkenntnis«, es sei erfolgreiche Problemlösung und zugleich sozial ausgehandelt. Vor allem aber sei Wissen der historische Gegenstand schlechthin, es sei Symbol und Herrschaft, es enthalte Erfahrung und Erinnerung. Die Praktiken seiner Produktion, seiner Weitergabe, Verteilung und seiner Kontrolle schließlich seien ein Fenster in die Vergangenheit. Und doch: »Das Fenster ist beschlagen, das Wissen opak (undurchsichtig, d. Red.).« Wissen repräsentiere, und das meint diese zentrale Analogie, immer Antworten und keine offenen Fragen, »es half Krisen überwinden – verdeckt eben damit den Blick auf sie.« Jene Situation vor dem Wissen, den Prozess der Wissensgenerierung, aufzusuchen, ist das Ziel dieses Sammelbandes. Er ging aus einer Vorlesungsreihe im Rahmen der Stiftungsgastprofessur »Wissenschaft und Gesellschaft« im Wintersemester 1998/99 hervor, die mit

bleibt jedoch zu konstatieren: Immer sind die gesellschaftlichen Funktionen von Wissen der Angelpunkt der Beiträge.

Der Archäologe Conlin Renfrew widmet sich der Sesshaftwerdung des Menschen vor rund 10 000 Jahren und dem damit verbundenen, verstärkt materiellen Umgang des Menschen mit der Welt. Einen breiten Bogen spannt der Anthropologe Jack R. Goody, dessen Beitrag verschiedene Arten der Weitergabe von Wissen zum Thema hat. Der Ägyptologe Jan Assmann zeichnet auf gewohnt kenntnisreiche Weise die Rezeption Altägyptens in der Wissenskultur des Abendlandes nach. Veränderungen in Transzendenz und Ethik in der christlichen Religion stehen im Beitrag des Kirchenhistorikers Arnold Angenendt im Mittelpunkt. Der Philosoph und Wissenschaftshistoriker Geoffrey Lloyd beschäftigt sich mit Wissenschaft, speziell mit Astronomie, und Gesellschaft in antiken Kulturen. In der unmittelbaren Vergangenheit angeht, stellt der Philosoph John McDowell moderne Auffassungen von Wissenschaft und der Philosophie des Geistes vor, während der Historiker Steven E. Aschheim abschließend die jüdische Erneuerungsbe-

wegung in der Weimarer Republik untersucht.

Insgesamt scheint, dass entgegen überkommener Trennungen die verschiedenen Wissensarten, wie etwa wissenschaftliches Wissen, Praxis- und Alltagswissen, in ein neues Verhältnis zueinander – besser vielleicht: miteinander – gerückt werden müssen. Hier setzt auch das Frankfurter Forschungskolleg »Wissenskultur und gesellschaftlicher Wandel« an, zu dessen Eröffnung die Vortragsreihe abgehalten wurde: Wissen wird hier in seinem umfassenden Sinn gebraucht. Es meint nicht nur gesicherte, wissenschaftliche Erkenntnis, sondern ebenso das in den sozialen Objekten verborgene, implizite Wissen der Sachkultur, das Wertungswissen oder das religiöse Offenbarungswissen, so auch die Herausgeber. Der Mediävist Prof. Dr. Johannes Fried ist Sprecher des Frankfurter Forschungskollegs, Dr. Johannes Süßmann war Mitarbeiter dort.

Dem breiten Ansatz des Forschungskollegs werden auch die Beiträge des vorliegenden Sammelbands gerecht – auf Grund ihres Themen- und Disziplinspektrums, aber auch auf Grund ihrer zeitlichen Streuung. Forschungsfelder einer Geschichte des Wissens deuten sich an, eine Geschichte, die über die »großen« Erfindungen, Errungenschaften, Theorien hinausgehen kann. In den vielfältigen Möglichkeiten wissenshistorischer Untersuchungen liegt zudem die Chance, Kontinuitäten und Brüche, Bindeglieder und Voraussetzungen von Wissen zu erforschen und damit die Bedeutung dieser zentralen Ressource heutiger (und vergangener?) Wissensgesellschaften zu bestimmen. Der hier vorliegende Sammelband ist ein erster Schritt in diese Richtung – sicherlich wird er nicht der letzte bleiben. ♦

Thomas Kailer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Forschungskolleg »Wissenskultur und gesellschaftlicher Wandel«.

BSE und Prionen

Wissenswertes zu einer rätselhaften Krankheit und einem außergewöhnlicher Erreger

Seitdem Prionen als Krankheitserreger neuen Typs bekannt sind, hat das Interesse an diesen molekularen infektiösen Partikeln, die weder Viren noch Bakterien, sondern Eiweißkörper sind, ständig zugenommen. Zwar sind Krankheiten, die aus heutiger Sicht ursächlich auf diese Erreger zurückgeführt werden müssen, seit mehreren hundert Jahren bei Schafen unter dem Namen Scrapie oder Traberkrankheit in Schottland und Island bekannt, aber erst im letzten Jahrhundert hat man das Ausmaß und die Bedeutung dieser Krankheitsprozesse erkannt. Sie befallen nicht nur Schafe, Ziegen, Katzen, Rehe und Nerze, sondern können durch infektiöses Tierfutter auch auf Rinder übertragen werden (Bovine Spongiforme Enzephalopathie, BSE). Beim Menschen tritt die Krankheitsgruppe seit 1920 sporadisch auf; in einem zeitlich und räumlich begrenzten Rahmen wurde sie auf Neu-Guinea auch endemisch beobachtet. Sie kann auf den Menschen auch von erkrankten Rindern oder von infizierten menschlichen Gewebeteilen übertragen werden.

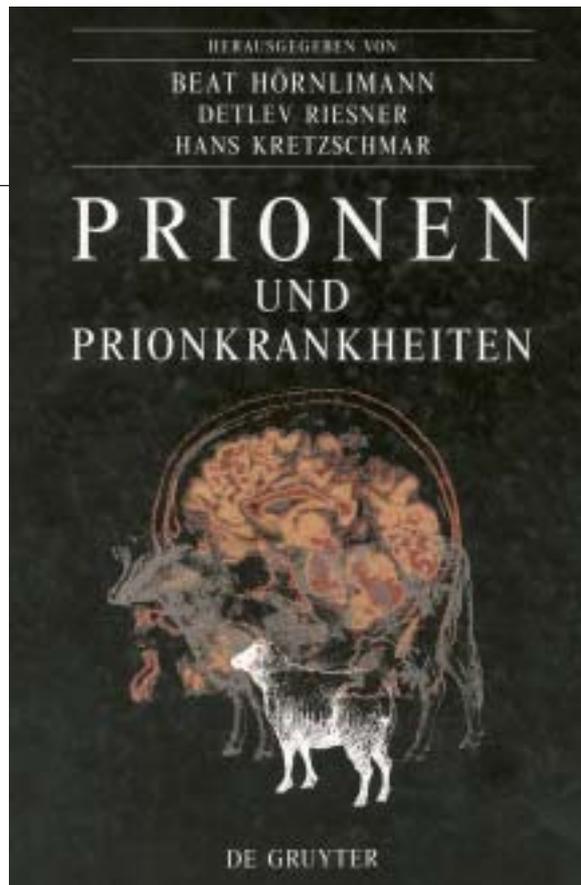
Wenn auch die BSE-Gefahr gegenwärtig in Europa weitgehend gebannt ist, so kann sich die Situation doch jederzeit wieder ändern. Deshalb sind Informationen über die Eigenschaften des rätselhaften Erregers, über die Infektionswege und die Symptome der auftretenden Krankheitsprozesse unverzichtbar geworden: Die Herausgeber Dr. Beat Hörnlimann (Zug, Schweiz), Prof. Dr. Detlev Riesner (Düsseldorf) und Prof. Dr. Hans Kretzschmar (München) haben gemeinsam mit weiteren 49 Autoren und Co-Autoren aus Österreich, Großbritannien und den USA ein Buch geschrieben, das auf 520 Seiten nahezu alle Aspekte der durch Prionen ausgelösten krankhaften Störungen darstellt. Der umfangreiche Stoff ist in zehn Themenbereiche und 58 Kapitel gegliedert, er wird durch ein 48 Seiten langes Literaturverzeichnis, ein Sachregister, eine Adressenliste und ein Glossar ergänzt. Auch Stanley W. Prusiner,

der Entdecker der Proteinnatur der Prionen, hat mit seinen Mitarbeitern ein Kapitel geschrieben. Alle Beiträge wurden ins Deutsche übersetzt.

weiterer Pluspunkt des Buches ist, dass es auch praktische Hinweise enthält, wie beispielsweise eine Liste der wirksamen chemischen Des-

Prionen und Prionkrankheiten

Hrsg. von Beat Hörnlimann gemeinsam mit Detlev Riesner und Hans Kretzschmar.
Verlag Walter de Gruyter, Berlin, New York, 2001, ISBN 3-11-016361-6
520 Seiten
98 Euro.



Die Autoren legen ein Buch vor, das erstaunlicherweise bei der Fülle der Thematik, die sich von historischen über klinische, epidemiologische, infektiologische, experimentelle, neuropathologische, molekulargenetische und genetische Aspekte erstreckt, einen einheitlichen Stil erkennen lässt. Zweifellos hat die Beschränkung auf einen vorgegebenen Umfang, der jedem Autor vorgeschrieben war, hierzu beigetragen.

Das Buch gibt durchweg den aktuellen Stand der Forschung wieder. Es ist mit zahlreichen sehr instruktiven Abbildungen und Tabellen versehen. Auch der kundige Leser findet Angaben, die sonst kaum oder nur mit Mühe zu finden sind. Ein

infektionsverfahren bei Prionkrankheiten. Das Buch stellt eine unschätzbare und umfassende Informationsquelle dar; man kann es sowohl als »Lesebuch« wie auch als Nachschlagewerk benutzen; es ist ohne Einschränkung zu empfehlen. ◆

Prof. Dr. Wolfgang Schlote war von 1984 bis zu seiner Emeritierung im Jahr 2000 Professor für Neuropathologie am Universitätsklinikum der Johann Wolfgang Goethe-Universität und in Personalunion Leiter des Edinger-Instituts.



Mediterrane Kost besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Gemüse- und Obstsorten. Die beteiligten Forscher sind besonders an Unterarten von Pflanzen interessiert, die regional zu gesundheitlichen Zwecken verzehrt werden.

Die nächste Ausgabe von »Forschung Frankfurt« erscheint Anfang Oktober 2002

Geistig fit durch Pflanzenkost?

Diese Frage beschäftigt seit Anfang dieses Jahres ein Team von Wissenschaftlern am Pharmakologischen Institut für Naturwissenschaftler der Johann Wolfgang Goethe-Universität. Die Frankfurter Forscher suchen gemeinsam mit universitären und industriellen Partnerinstitutionen aus England, Spanien, Italien, Griechenland und der Schweiz nach Pflanzen, die Menschen im Mittelmeerraum traditionell essen, um gesund zu bleiben und Krankheiten abzuwehren.

Die Frankfurter Gruppe ist dabei Stoffen auf der Spur, die möglicher-

weise die Hirnleistungsfähigkeit verbessern und Alterungsvorgänge im Gehirn abschwächen können. Im Mittelpunkt des Interesses stehen Extrakte mit antioxidativer Wirkung – dazu gehören zum Beispiel Polyphenole, die auch in Apfelsaft vorkommen. Solche Substanzen könnten, sofern sie die Blut-Hirn-Schranke überwinden, im Gehirn freie Radikale abfangen und damit dazu beitragen, Hirnalterungsvorgänge aufzuhalten. Freie Radikale sind aggressive chemische Verbindungen, die Zellen angreifen und das Altern des Körpers beschleunigen.

Wissenschaftsmagazin der Johann Wolfgang Goethe-Universität

Impressum

Herausgeber

Der Präsident der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main

Redaktion

Ulrike Jaspers und Monika Mölders,
Referentinnen für Wissenschaftsberichterstattung,
Senckenberganlage 31, Raum 1053, 60054 Frankfurt am Main
Telefon (069)798-23266, Telefax (069) 798-28530
E-Mail: jaspers@ltg.uni-frankfurt.de und moelders@ltg.uni-frankfurt.de

Vertrieb

Ingrid Steier, Senckenberganlage 31,
60054 Frankfurt am Main, Raum 1052, Telefon (069)798-22472
E-Mail: I.Steier@vdv.uni-frankfurt.de

Anzeigenverwaltung und Druck

Anzeigenagentur Alpha, Informationsgesellschaft mbH,
Finkenstraße 10, Postfach 14 80, 68623 Lampertheim,
Telefon (06206)939-0, Telefax (06206) 939-232

Illustrationen, Layout und Herstellung

schreiberVIS, Visuelle Gestaltung, Joachim Schreiber,
Villastraße 9A, 64342 Seeheim,
Telefon (06257) 962131, Telefax (06257) 962132, ISDN-Leo (06257) 962133,
E-Mail: joachim@schreibervis.de, Internet: www.schreibervis.de

Graphisches Konzept

Elmar Lixenfeld, Büro für Redaktion und Gestaltung
Werrastraße 2, 60486 Frankfurt am Main
Telefon (069) 7075828, Telefax (069) 7075829, E-Mail: e.lixenfeld@t-online.de

Bezugsbedingungen

»Forschung Frankfurt« kann gegen eine jährliche Gebühr von 14 Euro abonniert werden. Das Einzelheft kostet 3,50 Euro. Einzelverkauf u. a. im Buch- und Zeitschriftenhandel in Uni-Nähe und beim Vertrieb.

Die Beilage »Forschung Frankfurt extra« erscheint zur Buchmesse im Oktober und wird kostenlos mit der vierten Ausgabe des Wissenschaftsmagazins geliefert.

Für Mitglieder der Vereinigung von Freunden und Förderern der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main e.V. sind die Abonnementgebühren für »Forschung Frankfurt« im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Hinweis für Bezieher von »Forschung Frankfurt« (gem. Hess. Datenschutzgesetz): Für Vertrieb und Abonnementverwaltung von »Forschung Frankfurt« werden die erforderlichen Daten der Bezieher in einer automatisierten Datei gespeichert, die folgende Angaben enthält: Name, Vorname, Anschrift, Bezugszeitraum und – bei Teilnahme am Abbuchungsverfahren – die Bankverbindung. Die Daten werden nach Beendigung des Bezugs gelöscht.

Die Beiträge geben die Meinung der Autoren wieder. Der Nachdruck von Beiträgen ist nach Absprache möglich.

Titelblatt: Foto von Uwe Dettmar, Frankfurt.

Editorial: Foto von Uwe Dettmar, Frankfurt.

Inhalt: Hinweise bei den jeweiligen Beiträgen.

Nachrichten: Foto Seite 4 oben von Aventis, Frankfurt; Foto Seite 4 unten und Seite 6 oben von William C. Rember; Foto Seite 6 unten von Dettmar; Foto Seite 7 von Christian Büchi.

Forschung intensiv – Ethisch-ökologische Geldanlagen: Illustrationen von Elmar Lixenfeld, Frankfurt; Autorenfoto Seite 11 links von Claus Koch Corporate Communications, Düsseldorf; Autorenfoto Seite 11 rechts privat.

Forschung intensiv – Molekulare Boten: Foto Seite 14 von dpa-Bildagentur, Frankfurt, Graphiken Seite 15 bis 18 von Stefan Kieß, Autorenfoto Seite 19 von Uwe Dettmar.

Forschung intensiv – Hochhäuser – Vergleich der Großstädte: Fotos soweit nicht anders vermerkt von Uwe Dettmar, Frankfurt; Foto Seite 23 unten vom DIZ Dokumentations- und Informationszentrum München, SV-Bilderdienst; Foto Seite 24 oben von Joseph P. Day, New York Historical Society; Foto Seite 24 unten aus David Philipps Collection, Chicago; Foto Seite 25 oben von Dieter Mayer-Gürr in: Rainer Stormer/Mayer-Gürr, Hochhaus – Der Beginn in Deutschland, Jonas Verlag Marburg 1990, S. 43; Foto Seite 26 oben von Manfred A. Tripp, Tönisvorst, in: Frolinde Balsler, Aus Trümmern zu einem europäischen Zentrum, Geschichte der Stadt Frankfurt am Main 1945-1989, Jan Thorbecke Verlag, Sigmaringen 1995, S. 282.

Forschung intensiv – Der Großraum Rhein-Main: Foto Seite 32 von Uwe Dettmar, Frankfurt; Copyright Abbildungen s. Hinweis in Grafiken; Autorenfoto Seite 40 von Uwe Dettmar.

Forschung intensiv – Drogenprostitution in Frankfurt: Fotos soweit nicht anders vermerkt von Henner Hess und illustrativ bearbeitet von Solveig Schäfer, schreiberVIS, Seeheim-Jugenheim; Foto Seite 42 und 44 oben von Antje Langer; Autorenfoto Seite 47 von Uwe Dettmar.

Forschung aktuell: Foto Seite 48 von Uwe Dettmar, Grafiken Seite 49 und 50 von Harald Bathelt; Foto Seite 50 von Christian Büchi, Foto Seite 51 von Mirko Krizanovic, Darmstadt; Foto Seite 52 von Fotoagentur Okapia KG, Frankfurt, Graphik Seite 52 von Wolfgang Wiltshcko, Fotos Seite 53 oben von Fotoagentur Okapia KG, Frankfurt, Foto Seite 53 unten von Wolfgang Wiltshcko; Graphiken und Fotos Seite 54 bis 57 alle von Manfred Kössl; Foto Seite 58 oben von Bärbel Krusch-Mielke, Foto Seite 58 unten von Hamid Abdolvahab-Emminger, Augenklinik Frankfurt, Foto Seite 59 von Wolf-Dietrich Lagrèze, Foto Seite 60 von Lars Muckli, Foto Seite 61 unten von Margitt Ehms-Sommer, Foto Seite 61 oben von Ruxandra Sireteanu; abgebildet in der Schule für Blinde und Sehbehinderte, Friedberg, Foto Seite 62 von Margitt Ehms-Sommer; Fotos Seite 63 bis 69 von Uwe Dettmar; Karikatur Seite 63 von Brigitte Schneider, DIZ Dokumentations- und Informationszentrum München, SV-Bilderdienst; Copyright Abbildungen Seite 64 u. 65 s. Hinweis in Grafiken; Illustration Seite 70 von Elmar Lixenfeld, Frankfurt.

Perspektiven: Bild Seite 73 von Vicky Katsemi, Graphiken Seite 76 unten und 75 von Harald Schwalbe, Graphik Seite 77 oben von Clemens Glaubitz, Graphiken Seite 76, 77 Mitte und 78 von Heinz Rüterjans, Autorenfoto Seite 74 von Uwe Dettmar; Foto Seite 79 und 80 vom Frankfurter Innovationszentrum Biotechnologie (FIZ); Fotos Seite 81 und 82 vom Max-Planck-Institut für Biophysik; Illustrationen Seite 83 und 84 von Elmar Lixenfeld.

Universitätsgeschichte: Fotos Seite 85 von Elisabeth Reidemeister; Foto Seite 87 oben Fotograf unbekannt; Fotos Seite 86 und 87 aus dem Archiv der Johann Wolfgang Goethe-Universität; Autorenfoto Seite 89 von Uwe Dettmar; Abbildung Seite 89 oben aus: Mathematische Annalen, 69. Band, Verlag B. G. Teubner, Leipzig 1910, S. 145.

Vorschau: Foto von dpa-Bildagentur, Frankfurt.