



HELLE KÖPFE
FÜR DIE FORSCHUNG

GESCHÄFTSBERICHT 2007

DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT DEUTSCHER FORSCHUNGSZENTREN

aus den Forschungsbereichen

ENERGIE

ERDE UND UMWELT

GESUNDHEIT

SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

STRUKTUR DER MATERIE

VERKEHR UND WELTRAUM

INHALT

HELLE KÖPFE FÜR DIE FORSCHUNG	4
BERICHT DES PRÄSIDENTEN	6
NACHWUCHSFÖRDERUNG	10
DIE SECHS FORSCHUNGSBEREICHE	12
Der Forschungsbereich Energie	14
Aufgabe und Programmstruktur	14
Projekte aus der Forschung	16
Forschungsprogramme	22
Der Forschungsbereich Erde und Umwelt	24
Aufgabe und Programmstruktur	24
Projekte aus der Forschung	26
Forschungsprogramme	32
Der Forschungsbereich Gesundheit	34
Aufgabe und Programmstruktur	34
Projekte aus der Forschung	36
Forschungsprogramme	42
Der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien	44
Aufgabe und Programmstruktur	44
Projekte aus der Forschung	46
Forschungsprogramme	50
Der Forschungsbereich Struktur der Materie	52
Aufgabe und Programmstruktur	52
Projekte aus der Forschung	54
Forschungsprogramme	58
Der Forschungsbereich Verkehr und Weltraum	60
Aufgabe und Programmstruktur	60
Projekte aus der Forschung	62
Forschungsprogramme	66
Wissenschaftspreis des Stifterverbandes – Erwin Schrödinger-Preis 2007	68
MENSCHEN UND MITTEL	70
Partner des Pakts für Innovation	72
Überblick über die Helmholtz-Gemeinschaft	76
Leistungsbilanz	76
Programmierorientierte Förderung	79
Kosten und Personal	80
PRÄSIDIUM UND ZENTRALE GREMIEN	82
WISSENSCHAFTLICHE PREISE FÜR FORSCHERINNEN UND FORSCHER	84
DIE GOVERNANCESTRUKTUR DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT	86
DIE STANDORTE DER FORSCHUNGSZENTREN	87
DIE MITGLIEDER DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT	88
IMPRESSUM	91

TITELBILD

DIE LEITERIN DER NACHWUCHSGRUPPE
„POLYOXAZOLBASIERTE NANOKOMPOSITE“
DR. DOMINIQUE DE FIGUEIREDO GOMES, GKSS,
ENTWICKELT KUNSTSTOFFE MIT BESONDEREN
EIGENSCHAFTEN. Mehr dazu auf Seite 47.

Wir leisten Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wissenschaft und Wirtschaft durch strategisch-programmatisch ausgerichtete Spitzenforschung in den Bereichen Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie, Verkehr und Weltraum.

Wir erforschen Systeme hoher Komplexität unter Einsatz von Großgeräten und wissenschaftlichen Infrastrukturen gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern.

Wir tragen bei zur Gestaltung unserer Zukunft durch Verbindung von Forschung und Technologieentwicklung mit innovativen Anwendungs- und Vorsorgeperspektiven.

Das ist unsere Mission.



PROFESSOR DR. JÜRGEN MLYNEK
Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

HELLE KÖPFE FÜR DIE FORSCHUNG

Liebe Leserin, lieber Leser,

„Helle Köpfe für die Forschung“ lautet in diesem Jahr das Motto für unseren Geschäftsbericht. Denn Forschung wird von den Menschen getragen und auch die strategischen Ziele der Helmholtz-Forschung werden von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern im Dialog mit der Politik formuliert und umgesetzt. Sie identifizieren die drängenden Probleme der Wissenschaft, der Gesellschaft und der Wirtschaft und suchen wissenschaftlich fundierte Lösungen.

Auch der Pakt für Forschung und Innovation, den wir mit Bund und Ländern geschlossen haben, fördert das Engagement für den Nachwuchs und insbesondere auch für die Chancengleichheit. Mit dem Aufwuchs, den uns die Politik im Pakt zugesichert hat, sichern wir die hohen Forschungsstandards und finanzieren eine Vielzahl zusätzlicher Maßnahmen für das Talentmanagement.

Lesen Sie zum Beispiel, was wir tun, um dem wissenschaftlichen Nachwuchs mehr zu bieten, als einen Arbeitsplatz mit modernster Ausrüstung: Nämlich Selbstständigkeit, ein anregendes Arbeitsumfeld und die Gelegenheit zu systematischer Aus- und Weiterbildung. Talentmanagement erstreckt sich bei uns jedoch nicht nur auf den Nachwuchs – alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollen in der Helmholtz-Gemeinschaft ihr Potenzial entfalten können, von den Auszubildenden bis zu den obersten Führungskräften, die in der Helmholtz-Gemeinschaft besondere Verantwortung tragen. Bisher haben sie ihre Fähigkeiten vor allem durch Erfahrung erworben, nun bieten wir darüber hinaus mit der Helmholtz-Akademie für Führungskräfte eine auf Wissenschaftler zugeschnittene, systematische Unterstützung an.

Wir stellen Ihnen im Geschäftsbericht 2007 nicht nur die sechs Forschungsbereiche vor, sondern auch einige der besten Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler und ihre Projekte. Die Auswahl ist uns schwer gefallen, viele hochinteressante Forschergruppen konnten wir aus Platzgründen nicht mehr aufnehmen. Sie werden vielleicht an anderer Stelle von ihnen hören, denn – davon sind wir überzeugt – wer bei der Helmholtz-Gemeinschaft erfolgreich ist, hat viele Chancen, bemerkt zu werden.

Der Wert einer wissenschaftlichen Erkenntnis lässt sich nicht in Euro messen, dennoch gehen wir so effizient wie möglich mit unseren Mitteln um. Lesen Sie daher in unseren Zahlen, Organigrammen und Leistungsbilanzen, wie wir den Auftrag der Gesellschaft erfüllen, durch Forschung unsere Zukunft zu sichern. Für diese Leistung und für das große Engagement im vergangenen Jahr möchte ich an dieser Stelle ausdrücklich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Helmholtz-Gemeinschaft ganz herzlich danken.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen.



BERICHT DES PRÄSIDENTEN

MENSCHEN SIND UNSERE STÄRKE

Die Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt sich weiter: Wir bauen neue Formen der Kooperation auf, strecken unsere Fühler ins Ausland aus und holen die weltweit besten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an Bord, um unseren Auftrag zu erfüllen: Mit Spitzenforschung die Zukunft sichern.

Im vergangenen Jahr hat das deutsche Wissenschaftssystem weiter an Fahrt gewonnen, die Exzellenzinitiative und die High-tech-Strategie haben für kräftigen Rückenwind gesorgt, und auch der Schwung durch den Pakt für Forschung und Innovation trägt dazu bei, dass wir unsere Ziele schneller erreichen können. Insbesondere konnten wir unsere Vernetzung mit den Hochschulen und mit Forschungseinrichtungen im In- und Ausland sowie mit der Wirtschaft weiter zügig ausbauen und neue Maßnahmen für ein umfassendes Talentmanagement entwickeln. Dass die Helmholtz-Gemeinschaft und die Universitäten bereits hervorragend kooperieren, zeigen auch die Ergebnisse der Exzellenzinitiative.

Helmholtz-Zentren sind in der ersten Runde an vier Graduiertenschulen, sechs Exzellenzclustern und an einem Zukunftskonzept beteiligt.

Strategische Partnerschaften aufbauen

Dabei wollen die Universität Karlsruhe und das Forschungszentrum Karlsruhe als „Karlsruhe Institute of Technology“ (KIT) in den Bereichen Energieforschung und in den Nanowissenschaften zur internationalen Spitze aufrücken. Einen Qualitätssprung für Forschung und Lehre planen die RWTH Aachen und das Forschungszentrum Jülich, die sich zur „Jülich-Aachen Research Alliance“ (JARA) – auch über die zweite Runde der Exzellenzinitiative hinaus – zusammenschließen. Die Allianz wird in den zukunftssträchtigen Forschungsfeldern Neurowissenschaften, Informationstechnologie und Simulationswissenschaften Modellcharakter für eine Partnerschaft zwischen universitärer und außeruniversitärer Forschung haben. Solche neuartigen Formen der strategischen Zusammenarbeit wird die Helmholtz-Gemeinschaft in Zukunft noch stärker er-



Die Helmholtz-Gemeinschaft vergibt, basierend auf den Finanzierungsempfehlungen international bestellter Gutachtergruppen, als einzige deutsche Forschungsorganisation ihre gesamten Forschungsmittel wettbewerblich.

PROFESSOR DR. JÜRGEN MLYNEK

schließen. Dabei ermöglicht der Impuls- und Vernetzungsfonds uns Entwicklungen anzustoßen, um strategische Ziele schneller zu erreichen, zum Beispiel durch die Förderung von großen Forschungsallianzen, von Virtuellen Instituten, aber auch neuen Formen des Talentmanagements. Mit dem jährlichen Aufwuchs von drei Prozent, den uns die Politik durch den Pakt für Forschung und Innovation garantiert hat, konnten wir den Impuls- und Vernetzungsfonds erheblich stärken (S. 72ff.).

In der Helmholtz-Allianz „Physics at the Terascale“ beispielsweise bündeln deutsche Hochenergiephysiker aus 17 Universitäten und zwei Helmholtz-Zentren (DESY und Forschungszentrum Karlsruhe) ihre Kompetenzen und bringen die deutsche Teilchenphysikergemeinde gut sichtbar in Vorhaben wie den Large Hadron Collider beim CERN ein. In der Helmholtz-Allianz MEM-BRAIN entwickeln Forscher aus vier Helmholtz-Zentren, Hochschulen und Wirtschaftsunternehmen keramische Membranen, mit denen fossile Kraftwerke in Zukunft effizienter und nahezu emissionsfrei betrieben werden können.

Mit Mitteln aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds haben wir auch wichtige Helmholtz-Initiativen für die medizinisch-biologische Forschung angestoßen: In der Systembiologie erforschen Molekularbiologen gemeinsam mit Informatikern und Medizinern die Entstehung von Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, des Gehirns und Nervensystems oder Krebs, und zwar von den molekularen Vorgängen auf Zell-Ebene bis hin zu den Krankheitsbildern.

Der Ausbau der Translationsforschung gehört zu den besonders wichtigen strategischen Themen der Helmholtz-Gemeinschaft. In Heidelberg entsteht dazu das Nationale Zentrum für Tumorerkrankungen (NCT) mit Beteiligung des Deutschen Krebsforschungszentrums und auch an den Helmholtz-Stand-

orten Berlin, Braunschweig und München sind solche Zentren im Aufbau. Mit dem Berlin-Brandenburger Zentrum für Regenerative Therapien (BCRT) ist eine gemeinsame Forschungseinrichtung der Charité – Universitätsmedizin Berlin und der Helmholtz-Gemeinschaft entstanden, die 23 neue Forschergruppen aus über 15 Forschungseinrichtungen der Region zusammenführt, um die Potenziale von regenerativen Therapien auszuloten.

Im Rahmen der Hightech-Strategie unterstützt die Helmholtz-Gemeinschaft die Bundesregierung in der Forschungsunion. Vertreten durch ihren Präsidenten ist sie federführend am Aufbau einer nationalen Energieforschungsinitiative beteiligt. Denn so können wir die Entwicklung von Niedrig-Emissions-Technologien beschleunigen, um die Energieversorgung zu sichern und die Klimaschutzziele zu erreichen.

Strategisch denken

Im vergangenen Herbst haben wir uns nach einem intensiven Diskussionsprozess auf eine Strategie verständigt, an der wir unsere Ziele ausrichten. Im Vordergrund steht unsere Mission: Wir leisten Beiträge zur Lösung drängender Zukunftsfragen wie der Energieversorgung, dem Klimawandel oder der Gesundheit. Dabei nimmt die Grundlagenforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft einen wichtigen Platz ein. Sie bildet, langfristig gesehen, das Fundament des Fortschritts: Denn wirklich neue Einsichten werden nur dann gewonnen, wenn man komplexen Phänomenen auf den Grund geht.

Ein wesentlicher Teil unserer Mission sind die Großgeräte und Technologieplattformen, die wir entwickeln, aufbauen und betreiben. Damit tragen wir dazu bei, dass Deutschland auch international ein attraktiver wissenschaftlicher Standort ist.



Weltweit einzigartige Großgeräte wie der Europäische Röntgenelektronenlaser XFEL oder die Facility for Antiproton and Ion Research FAIR werden diese Attraktivität sogar noch deutlich steigern. Für den XFEL beim DESY in Hamburg ist der Startschuss im Juni 2007 gefallen, im November 2007 soll der Aufbau von FAIR an der GSI in Darmstadt anlaufen. Beide Großgeräte finanzieren wir nicht allein mit Mitteln deutscher Steuerzahler, sondern viele europäische und außereuropäische Länder beteiligen sich.

In der europäischen Forschungslandschaft ist die Helmholtz-Gemeinschaft für hohe Kompetenz im Aufbau und Betrieb von Großgeräten bekannt. Dies zeigt sich zum Beispiel auch am überproportionalen Erfolg an dem ESFRI-Programm (European Strategic Forum für Research Infrastructures) der EU. Helmholtz-Zentren sind an 16 von insgesamt 36 Projekten der ESFRI-Roadmap beteiligt, die wichtige Großgeräte für den Forschungsraum Europa identifiziert. Unser Büro in Brüssel unterstützt die Helmholtz-Wissenschaftler bei der Positionierung im europäischen Forschungsraum und leistet in diesem Rahmen wertvolle Arbeit, die vor kurzem durch eine Gutachterkommission positiv bewertet wurde.

Neue Governance und nächste Runde der Programmorientierten Förderung

Anfang 2007 haben wir die Governancestruktur der Helmholtz-Gemeinschaft auf eine breitere Basis gestellt. Jeder Forschungsbereich ist nun im Präsidium durch einen Vizepräsidenten vertreten, zusätzlich wurden zwei Vizepräsidenten für kaufmännische und personalwirtschaftliche Themen berufen.

So gestärkt sind wir nun auf die nächste Runde der Programmorientierten Förderung gut vorbereitet: Die Helmholtz-Gemein-

schaft vergibt, basierend auf den Finanzierungsempfehlungen international bestellter Gutachtergruppen, als einzige deutsche Forschungsorganisation ihre gesamten Forschungsmittel wettbewerblich. In der ersten Hälfte des Jahres 2008 werden die Forschungsbereiche Verkehr und Weltraum, Gesundheit und Erde und Umwelt evaluiert, 2009 folgen Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie und Energie.

Gemeinsam auftreten, Synergien sichern

Die Helmholtz-Gemeinschaft ist auf dem Weg, ihren Bekanntheitsgrad bei Entscheidungsträgern in der Wirtschaft und in der Politik weiter auszubauen. Wenn wir gemeinsam auftreten, werden wir einen Mehrwert für jedes einzelne Helmholtz-Zentrum erzeugen. Ein wesentlicher Schritt ist die Umbenennung in Helmholtz-Forschungszentren. Nur so strahlen Erfolge eines Zentrums auf die anderen Zentren aus. Bisher haben sich zwei Zentren umbenannt: das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung – früher GBF – und das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Dies hat bereits eine bemerkenswerte Wirkung auf Öffentlichkeit und Politik ausgeübt. Noch im Jahr 2007 wird sich das Forschungszentrum Jülich in Helmholtz-Zentrum Jülich umbenennen. Pläne zur Umbenennung bestehen auch bei GSF und GKSS für dieses oder nächstes Jahr und auch das Hahn-Meitner-Institut wird sich im Zuge der Zusammenlegung mit dem Berliner Elektronensynchrotron BESSY einen Helmholtz-Namen geben. Eine Umbenennung birgt auch die Chance, mit dem neuen Namen die Forschungsschwerpunkte klar zu kommunizieren. Unser Auftrag ist auch, eine Brücke in die Anwendung zu schlagen. „Wissen schafft Wirkung“, so lautete das Motto im vergangenen Jahr: Die Technologietransferstellen an den Zentren

Helmholtz-Forschung steht für Spitzenforschung
mit gesellschaftlicher Relevanz.

PROFESSOR DR. JÜRGEN MLYNEK

haben mit Helmholtz-Enterprise ein Förderinstrument entwickelt, mit dem wir Gründerinnen und Gründer im ersten Jahr effizient unterstützen können. Auch das Helmholtz-Enterprise-Programm wird aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds finanziert.

Die Fühler in die ganze Welt ausstrecken

Die Helmholtz-Gemeinschaft unterhält nicht nur in Brüssel, sondern auch in China und Russland eigenständige Auslandsbüros, um die Zusammenarbeit zu vertiefen. Helmholtz-Forscher kooperieren mit Partnern auf allen Kontinenten der Erde. Diese internationalen Kontakte werden durch die Helmholtz-Gemeinschaft vertieft und neue Kooperationen angeregt, so zum Beispiel mit Russland, China, und Kanada. Hierfür werden neue Kooperationsformen entwickelt – zum Beispiel mit dem „Indo-German Science Center for Infectious Diseases“, das wir im April 2007 eröffnet haben. Hier kooperieren das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, die Medizinische Hochschule Hannover und der Indian Council of Medical Research (ICMR), um Erreger von Infektionskrankheiten zu erforschen.

Unser Motto: Helle Köpfe für die Forschung

Die Mission der Helmholtz-Gemeinschaft lebt von den Menschen, die sie tragen. Daher haben wir uns in diesem Jahr das Motto: „Helle Köpfe für die Forschung“ gegeben. Hierfür stehen unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die sich für ihre Forschung mit Herz, Verstand und Begeisterung einsetzen und für deren großes Engagement ich mich an dieser Stelle bedanken möchte.

Unser besonderes Augenmerk gilt immer wieder den Nachwuchswissenschaftlern. Wir haben daher Programme zur Nachwuchsförderung entwickelt, um den Einstieg in eine

wissenschaftliche Karriere zu erleichtern (siehe Seite 10f.) und die Vereinbarkeit von Beruf und Familie zu garantieren.

Auch die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Verwaltung, in den Werkstätten und Laboratorien bringen ihre Talente zum Nutzen der Gemeinschaft ein. Wir wollen mit einem durchdachten Talentmanagement jedem Mitarbeiter ermöglichen, seine Potenziale zu entfalten. Junge Auszubildende in den Helmholtz-Zentren lernen nicht nur auf höchstem Niveau einen Beruf, sie entwickeln zusätzlich technische Komponenten und erringen Preise in Landeswettbewerben. Auch hier haben wir uns mit Mitteln aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds engagiert, damit die Lehrwerkstätten auf dem neuesten Stand sind. Schließlich geht im Herbst dieses Jahres die Helmholtz-Akademie für Führungskräfte an den Start. In der Pilotphase können 30 Nachwuchskräfte, die sich auf Führungspositionen vorbereiten, systematisch die Grundsätze guten Managements erlernen.

Hoch qualifizierte und mobile Menschen können es sich heute aussuchen, wo und zu welchen Bedingungen sie arbeiten. Wir wollen die erste Wahl sein: Bei uns finden sie kluge und inspirierende Kolleginnen und Kollegen, eine hervorragende Ausstattung, technische und administrative Unterstützung und die Entfaltungsmöglichkeiten, um sich weiter zu qualifizieren. Lebenslange Festanstellung können wir nur einigen bieten. Alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sollen ihre Zeit bei Helmholtz jedoch als eine Zeit der beruflichen und persönlichen Weiterentwicklung erleben, die ihnen neue Türen öffnet.

NACHWUCHSFÖRDERUNG



TALENTE FÜR DIE ZUKUNFT

Die Helmholtz-Gemeinschaft legt großen Wert auf eine exzellente Nachwuchsförderung. Sie hat deshalb eine Strategie entwickelt, die den Nachwuchs auf allen Ausbildungsstufen unterstützt.

Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler werden die führenden Köpfe von morgen sein und leisten darüber hinaus schon heute einen bedeutenden Beitrag zu den Forschungsergebnissen der Helmholtz-Zentren. Deshalb hat die Helmholtz-Gemeinschaft eine Strategie zur Nachwuchsförderung entwickelt und unter anderem mithilfe des Impuls- und Vernetzungsfonds umgesetzt. Das Programm unterstützt die Zentren darin, in der Aus- und Weiterbildung neue Akzente zu setzen und Standards auf hohem Niveau zu etablieren.

Nachwuchsgruppen

Ein zentrales Element ist die Förderung von Nachwuchsgruppen. Sie richtet sich an Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, deren Promotion zwei bis sechs Jahre zurückliegt. Erfolgreiche Bewerber leiten eigene Arbeitsgruppen und qualifizieren sich gleichzeitig für eine Universitätskarriere. Die Helmholtz-Gemeinschaft bietet ihnen für Deutschland einmalige Bedingungen:

eine frühe wissenschaftliche Selbstständigkeit und die Option auf ein unbefristetes Arbeitsverhältnis (Tenure) nach erfolgreicher Evaluation. Gefördert werden derzeit 68 Helmholtz-Nachwuchsgruppen mit insgesamt über 36 Millionen Euro. In den nächsten Jahren soll die Zahl auf rund 100 Gruppen erhöht werden.

Graduiertenschulen und Helmholtz-Kollegs

In der Promotionsphase qualifizieren Graduiertenschulen und Helmholtz-Kollegs Doktoranden in einem wissenschaftlich anspruchsvollen Umfeld für eine Karriere in Wissenschaft oder Wirtschaft. Die Graduiertenschulen bieten eine Dachstruktur für alle Doktoranden eines Zentrums. Sie stellen eine strukturierte Ausbildung und eine interdisziplinäre Weiterbildung sicher, die über das Promotionsgebiet hinaus reicht und wichtige Schlüsselqualifikationen vermittelt. Die Helmholtz-Kollegs sind kleinere Einheiten, die zusammen mit den Universitäten



In der Aus- und Weiterbildung werden an den Zentren neue Akzente gesetzt und Standards auf hohem Niveau etabliert.

eingrichtet werden und sich an hoch begabte Doktorandinnen und Doktoranden richten. In den Kollegs forschen sie gemeinsam in einem Kooperationsprojekt zwischen Helmholtz-Zentren und Universitäten in thematisch fokussierten Gruppen. Der Wettbewerb, in dem die Kollegs ausgewählt werden, sichert besonders hohe Qualitätsstandards.

Helmholtz-Akademie für Führungskräfte

Die Nachwuchsförderung der Helmholtz-Gemeinschaft geht über die üblichen Zielgruppen der Graduierten und Promovierten hinaus. Um Führungskräfte für die besonderen Anforderungen im Forschungsmanagement vorzubereiten, hat die Helmholtz-Gemeinschaft im Frühjahr 2007 eine Akademie für Führungskräfte gegründet. Das Programm umfasst Angebote für Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftler und Nachwuchskräfte aus der Administration, aber auch für die obere Führungsebene der Helmholtz-Gemeinschaft, für Vorstände, Geschäftsführer, Programmsprecher und Leiter von Instituten. Die inhaltliche und methodische Durchführung übernimmt ein externer Partner mit hervorragenden Referenzen, das Malik Management Zentrum St. Gallen.

Förderung von Frauen und Vereinbarkeit von Beruf und Familie

Nachwuchsförderung muss auch im Auge behalten, dass die Zahl von Frauen in Spitzenpositionen steigt und dass wissenschaftliche Karrieren vereinbar mit dem Familienleben sind. Die Helmholtz-Gemeinschaft hat deshalb unter anderem ein Netzwerk-Mentoring-Programm für junge Wissenschaftlerinnen und für Nachwuchskräfte in der Administration aufgelegt: Seit 2005 werden pro Jahr bis zu 20 Teilnehmerinnen für ein Jahr von Führungskräften aus anderen Zentren in der Karriere-

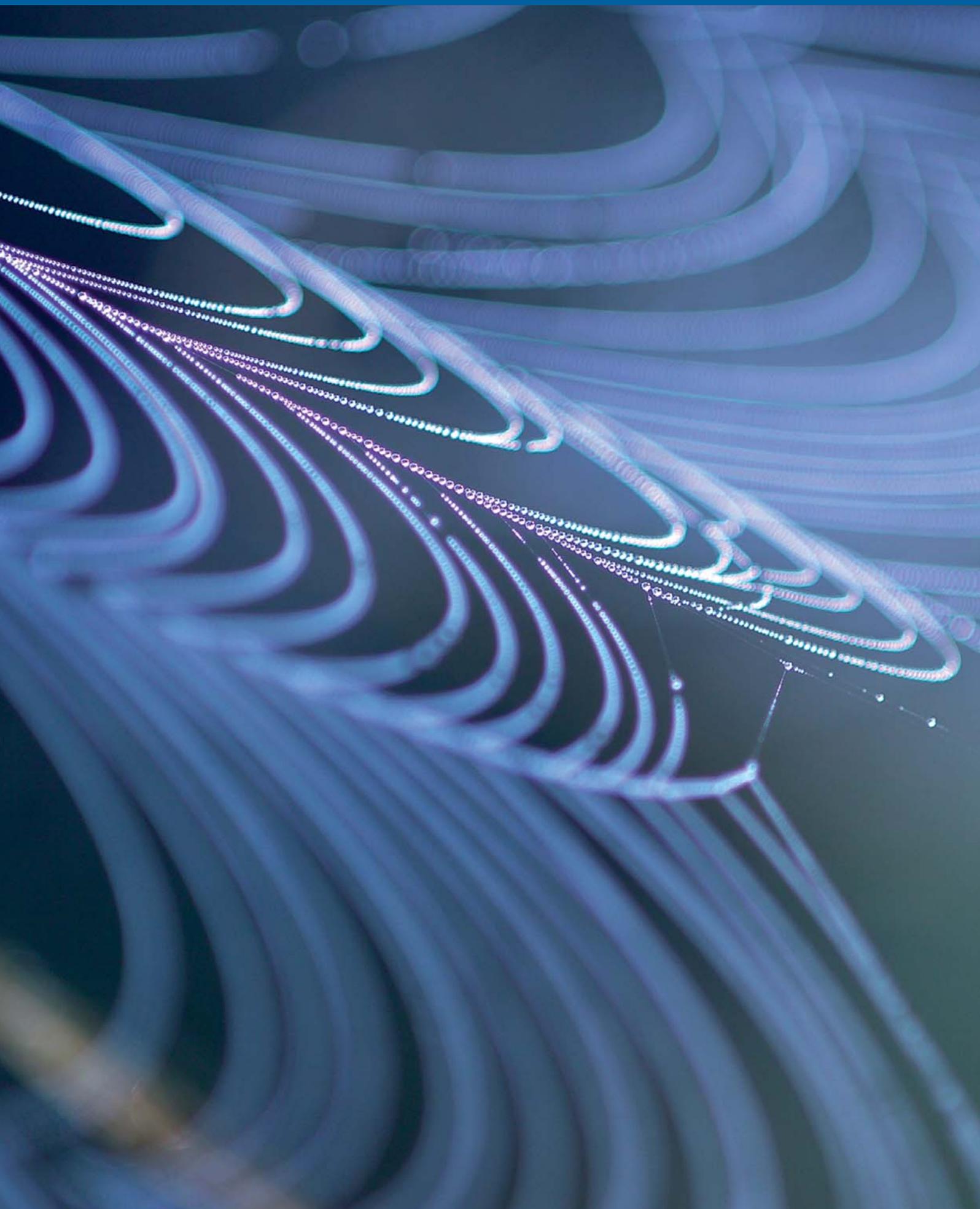
planung unterstützt. Um den Wiedereinstieg in die Wissenschaft nach einer familienbedingten Unterbrechung zu erleichtern, hat sich die Helmholtz-Gemeinschaft verpflichtet, systematisch Wiedereinstiegsstellen zu schaffen und Maßnahmen zur flexiblen Arbeitszeitgestaltung für Frauen und Männer zu ergreifen.

Engagement in der Berufsausbildung

Außer den Programmen, die sich an Wissenschaftler in bestimmten Ausbildungsstufen richten, engagiert sich die Helmholtz-Gemeinschaft auch in der Berufsausbildung. Im Jahr 2006 lernten 1.613 Auszubildende an den Helmholtz-Zentren. Die Quote liegt damit deutlich über dem Bundesdurchschnitt für außeruniversitäre Forschungseinrichtungen.

Schülerlabore und Haus der kleinen Forscher

Die Helmholtz-Gemeinschaft spricht auch schon weit im Vorfeld wissenschaftlicher Ausbildung gezielt Kinder und Jugendliche an, um sie für Naturwissenschaft und Technik zu begeistern. Ein Erfolgsbeispiel sind die Schülerlabore, die mittlerweile an 22 Standorten an Zentren fest etabliert sind und mit insgesamt 6,5 Millionen Euro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert wurden. Jedes Jahr besuchen rund 40.000 Schülerinnen und Schüler die Labore. Mit dem „Haus der Kleinen Forscher“ hat die Gemeinschaft nun auch zusammen mit der Unternehmensberatung McKinsey & Company, der Siemens AG und der Dietmar-Hopp-Stiftung eine bundesweite Initiative gestartet, um in allen deutschen Kindertagesstätten Natur und Technik erlebbar zu machen. Derzeit bestehen bereits Vereinbarungen mit 21 Netzwerken, über die wir rund 66.000 Kinder erreichen.



DIE SECHS FORSCHUNGSBEREICHE

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben in der Helmholtz-Gemeinschaft große Freiheiten, um ihre eigenen Forschungsvorhaben durchzuführen, sie bringen neue Ideen ein und setzen sie mit Elan und Kreativität um – ob in der Energieforschung oder in der Teilchenphysik, ob in den Neurowissenschaften oder der Umweltforschung. Ein besonderes Augenmerk in der Helmholtz-Gemeinschaft gilt der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, den wir im Folgenden mit ausgewählten Projekten vorstellen.

FORSCHUNGS- BEREICH ENERGIE



PROF. DR. EBERHARD UMBACH
Vizepräsident für den Forschungsbereich
Energie, Forschungszentrum Karlsruhe

„Energieforschung ist Vorsorgeforschung zur Sicherung unserer Zukunft. Dabei müssen wir alle Energiequellen gleichermaßen weiterentwickeln, denn wer weiß schon heute, welcher Energiemix in zwei oder fünf Jahrzehnten der richtige ist.“

DIE AUFGABE

Die Herausforderung, eine sichere und kostengünstige Energieversorgung mit dem Schutz von Klima und Ressourcen zu vereinbaren, wird die Forschung der nächsten Jahre prägen. Auf der einen Seite kann es ohne ausreichende Energieversorgung keine wirtschaftlich erfolgreiche Entwicklung geben – und das bei weltweit steigendem Energiebedarf. Auf der anderen Seite sind fossile Rohstoffe begrenzt. Außerdem erzeugt ihre Verbrennung bekanntermaßen umweltschädliche Abgase und trägt maßgeblich zum anthropogenen Klimawandel bei. Daher braucht die Gesellschaft neue, nachhaltige Lösungen für ihre Energieversorgung. Der Forschungsbereich sucht dafür Antworten. Energieforschung stellt die Bedürfnisse heutiger und künftiger Generationen durch neue Technologien sicher und ist damit langfristig angelegte Vorsorgeforschung. Energieforschung ist ein wesentliches Element nationaler Vorsorgestrategien und ein Motor ökonomisch wettbewerbsfähiger Innovation.

Die Energieforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft stellt sich die Aufgabe, vorhersehbare globale Engpässe in der Versorgung mit Energie abzuwenden und die Entsorgung von Rückständen und Emissionen zu verbessern. Dabei loten unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler einerseits die Potenziale von erneuerbaren Energiequellen wie Sonne, Biomasse oder Erdwärme aus und arbeiten andererseits verstärkt an der Effizienzsteigerung von klassischen Kraftwerken. Mit der Forschung zur nuklearen Sicherheit tragen wir dazu bei, dass Kernreaktoren sicher betrieben werden und untersuchen Wege der Entsorgung von radioaktiven Abfällen. Die Forschung zur Energieerzeugung durch Kernfusion ist eine großtechnische Herausforderung, die wir in internationaler Zusammenarbeit anpacken, um auch diese Energiequelle für die Zukunft zu erschließen.

DIE PROGRAMMSTRUKTUR

Im Forschungsbereich Energie der Helmholtz-Gemeinschaft wirken sechs Forschungszentren zusammen: Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das Forschungszentrum Karlsruhe, das Forschungszentrum Jülich, das GeoForschungsZentrum Potsdam, das Hahn-Meitner-Institut und das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten in vier Programmen:

- **Erneuerbare Energien**
- **Kernfusion**
- **Nukleare Sicherheitsforschung**
- **Rationelle Energieumwandlung**

Diese Programme werden in großen, interdisziplinären Arbeitsgruppen vorangetrieben, die über Großgeräte, Testanlagen für Großkomponenten, hoch leistungsfähige Analysesysteme und Rechnerkapazitäten verfügen. Die Auswahl der Themen berücksichtigt zugleich die Aufgabenverteilung, die mit Partnern in Wissenschaft und Industrie vereinbart ist.

Im Dialog zwischen den Dachverbänden von Industrie und Wissenschaft hat sich ein Konsens entwickelt, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine vernünftige Energieoption aufgegeben werden sollte. Nur dadurch kann die Energiewirtschaft die zwei zentralen Probleme bewältigen: schwindende Ressourcen und Risiken bei der Reststoffentsorgung.



AXEL WIDENHORN KOMBINIERT GASTURBINEN MIT BRENNSTOFFZELLEN UND KANN SO DEN WIRKUNGSGRAD EINES KRAFTWERKBLOCKS AUF 60 PROZENT ERHÖHEN. Foto: DLR

PROJEKTE

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

NEULAND IM KRAFTWERKSBAU

Eine der größten verfügbaren Energieressourcen liegt in der weiteren Steigerung der Energie-Effizienz. Das gilt auch im Kraftwerksbau. DLR-Forscher wollen Erdgas besser nutzen, indem sie Gasturbinen mit Brennstoffzellen kombinieren. Auch die Industrie zeigt daran starkes Interesse und sitzt mit im Boot. Wenn Axel Widenhorn in seinem Labor die Gasturbine einschaltet, möchte er mehr aus dem eingesetzten Brennstoff herausholen, als das bisher geschieht. „Kraftwerke im unteren Megawattbereich nutzen zurzeit deutlich weniger als die Hälfte der eingesetzten Energie zur Stromproduktion“, erklärt der Ingenieur vom DLR-Institut für Verbrennungstechnik in Stuttgart. Er leitet dort eine junge Gruppe, die die Verbrennungstechnik für ein Kraftwerk entwickelt, das Gasturbine und Brennstoffzelle zu einem Hybrid verzahnt. Dadurch soll es 60 Prozent Wirkungsgrad erreichen. Große zentrale Kraftwerke nutzen die Energie zwar ähnlich gut zur Stromproduktion. Bei ihnen verpuffen die restlichen 40 Prozent jedoch als Abwärme in der Luft. Ein kleines dezentrales Kraftwerk, das nur etwa ein Hundertstel der Leistung hat, erlaubt es dagegen, die Wärme zum Heizen von Wohnungen zu verwenden. Mit dem Hybridkraftwerk wären deshalb sowohl die Stromerzeugung als auch die Wärmenutzung effizient.

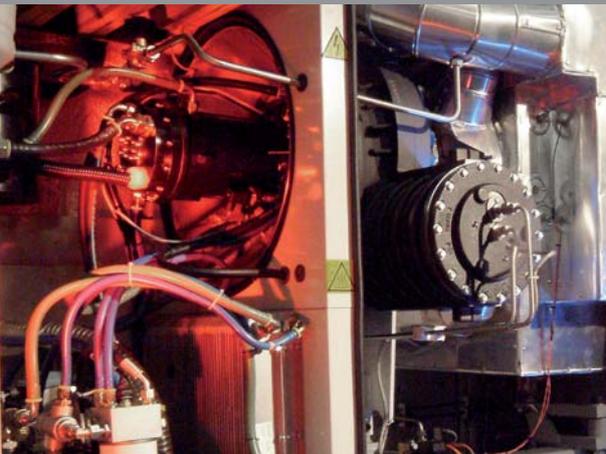
„Im Hybridkraftwerk unterstützen sich Gasturbine und Brennstoffzelle gegenseitig“, erklärt Axel Widenhorn, und dadurch kann der Wirkungsgrad gesteigert werden. Die Brennstoffzelle

produziert neben Strom über 800 Grad heiße Abgase, die die Gasturbine zum Betrieb benötigt. Die Gasturbine produziert neben Strom verdichtete Luft, die neben dem Brennstoff in die Brennstoffzelle geleitet wird. So schließt sich der Kreis. Dadurch steigt der elektrische Wirkungsgrad um bis zu 15 Prozentpunkte im Vergleich zur Brennstoffzelle, der besten Einzelkomponente.

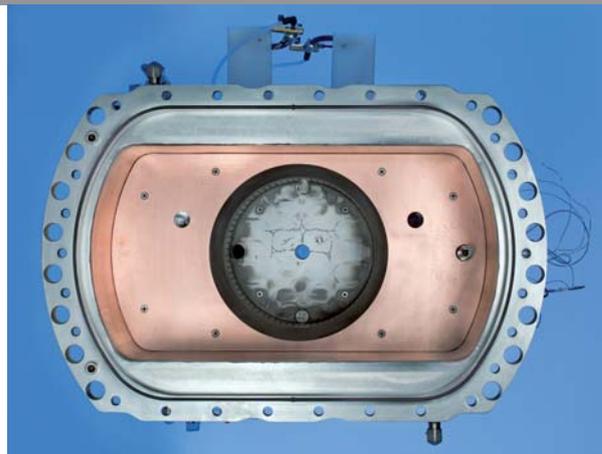
Dass das Vorhaben Aussicht auf Erfolg hat, zeigt das Interesse der Industriepartner im Helmholtz-Virtuellen Institut „Hybridkraftwerk bestehend aus Gasturbine, SOFC Brennstoffzelle und Systemregelung“. Außer Axel Widenhorns Gruppe, dem DLR-Institut für Technische Thermodynamik und dem Institut für Luftfahrtantriebe der Universität Stuttgart arbeiten Siemens Fuel Cells und Energie Baden-Württemberg an dem Projekt mit. Das Virtuelle Institut bildet die Basis für eine strukturierte Zusammenarbeit der Partner. Die für eine erfolgreiche Umsetzung benötigten Kernkompetenzen auf den Gebieten der Gasturbinen-, Hochtemperaturbrennstoffzellen- und Regelungstechnik werden durch die spezifischen Stärken der Partnerinstitute im Virtuellen Institut gezielt gebündelt.

Im Hybridkraftwerk unterstützen sich Gasturbine und Brennstoffzelle gegenseitig und dadurch steigt der Wirkungsgrad.

Im Virtuellen Institut organisieren sie die Zusammenarbeit fast wie in einem realen Institut. Es gibt einen Sprecher und gemeinsame Teamsitzungen. Außerdem treten die Forscherinnen und Forscher nach außen gemeinsam auf, um zum Beispiel weitere Drittmittel zu akquirieren. „Wenn ich den Computer anschalte, sehe ich sofort, welche Kollegen ansprechbar sind,



DIE MIKROGASTURBINEN MÜSSEN FÜR DAS HYBRIDKRAFTWERK NOCH AUFWÄNDIG OPTIMIERT UND AUF DIE BRENNSTOFFZELLEN ABGESTIMMT WERDEN. Foto: DLR



BLICK IN DIE IONENQUELLE DES IPP: HIER WERDEN GELADENE TEILCHEN ERZEUGT UND DURCH BESCHLEUNIGUNGSGITTER AUF HOHE GESCHWINDIGKEIT GEBRACHT. Foto: Graul/IPP

auch wenn sie nicht im gleichen Gebäude arbeiten“, freut sich Widenhorn.

Die Ingenieure betreten in etlichen Bereichen Neuland. Sie müssen innovative Anlagen- und Betriebskonzepte für das Hybridkraftwerk entwickeln. Auch die Verbrennungsprozesse mit den im Hybridkraftwerk vorkommenden Luft-Brennstoff Gemischen wurden noch nicht detailliert erforscht. Besonders die Regelung des Hybridkraftwerks stellt sie vor große Herausforderungen. Die Brennstoffzelle benötigt nach dem Einschalten mehrere Stunden, bis sie mit voller Leistung arbeitet. Die Gasturbine kommt in wenigen Sekunden auf Hochtouren. Nach dem Einschalten des Kraftwerks muss also die Gasturbine zunächst ohne die „Symbiose“ mit der Brennstoffzelle funktionieren. Die Regelung entwerfen die Ingenieure zunächst am Computer an einem virtuellen Kraftwerk. „Wir entwickeln damit Konzepte für die einzelnen Phasen. Außer für das Einschalten zum Beispiel auch für das Ausschalten, den Lastwechsel und ein Not-Aus“, erklärt Axel Widenhorn. Im nächsten Schritt testen er und seine Kollegen die Steuerung an der Laboranlage. Wenn das Forschungskraftwerk im Labor funktioniert, will

Besonders die Regelung des Hybridkraftwerks stellt die Ingenieure vor große Herausforderungen, sie wird daher am Computer in einem virtuellen Kraftwerk getestet.

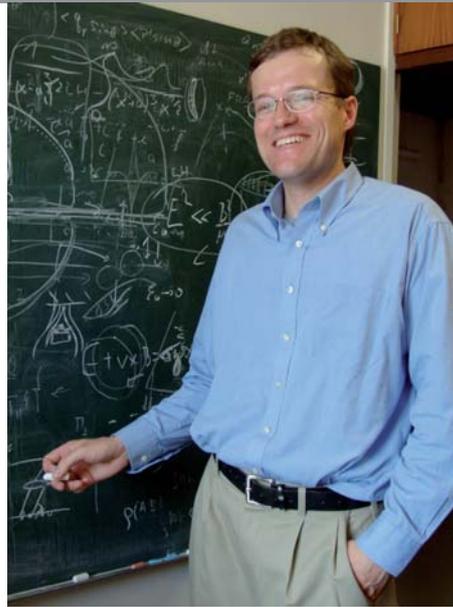
Energie Baden-Württemberg in fünf Jahren ein Demonstrationskraftwerk mit der neuen Technologie bauen. Mit einer Leistung von rund vier Megawatt kann es eine Kleinstadt von 4.000 Einwohnern mit Strom und teilweise mit Wärme versorgen.

DR. MICHAEL FUHS

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

HEIZUNG FÜR DEN FUSIONSREAKTOR

Was in der Sonne bei nur sechs Millionen Grad Celsius schon seit Ewigkeiten funktioniert, verlangt auf Erden große Anstrengungen: Denn hier ist die Kernfusion viel schwerer zu starten und aufrecht zu erhalten. Das Wasserstoff-Plasma muss dafür zunächst auf über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden. Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) in Garching haben eine solche Heizung für die extremen Anforderungen des Testreaktors ITER weiterentwickelt. Dafür wurden Dr. Eckehart Speth, Dr. Hans-Dieter Falter, Dr. Peter Franzen, Dr. Ursel Fantz und Dr. Werner Kraus im Jahr 2006 mit dem Wissenschaftspreis des Stifterverbandes – Erwin Schrödinger-Preis ausgezeichnet, der mit 50.000 Euro dotiert ist. Die von ihnen entwickelte Hochfrequenz-Plasmaquelle kann auch negativ geladene Ionen beschleunigen und so mehr Energie in das Plasma eintragen als ihre Vorgänger. Diese Ergebnisse haben jetzt das ITER-Team überzeugt. Die neuartige Ionenquelle wurde zur Plasmaheizung des Testreaktors ausgewählt, der gerade im französischen Cadarache gebaut wird. IPP



KLAUS HALLATSCHKEK BERECHNET, WIE SICH WILDE TURBULENZEN ZU RUHIGEREN STRÖMUNGEN VEREINIGEN.
Foto: Graul/IPP

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

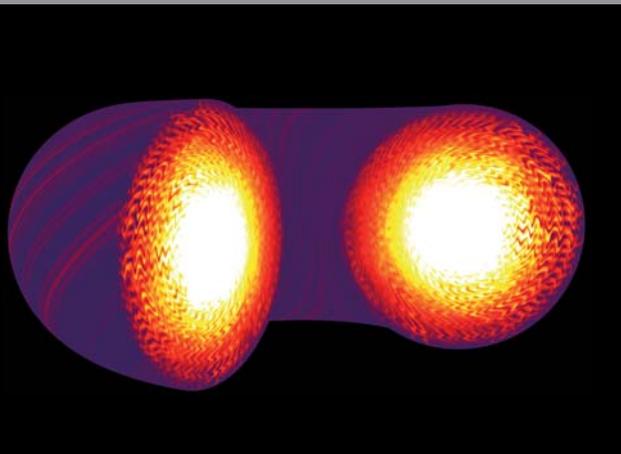
DER TURBULENZ AUF DER SPUR

In den Computern von Dr. Klaus Hallatschek geht es turbulent zu – und zwar im wahrsten Sinne des Wortes: Der theoretische Physiker des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP), das assoziiertes Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft ist, versucht im Detail zu verstehen, was hinter dem Phänomen der Turbulenz steckt. Anwendung finden könnten seine Erkenntnisse bei künftigen Fusionskraftwerken: Diese sollen mithilfe kräftiger Magnetfelder ein Plasma aus Wasserstoff einschließen, das auf mehrere hundert Millionen Grad erhitzt wird. Dann können die Wasserstoffkerne zu Helium verschmelzen, wodurch sich effektiv und klimaschonend Energie erzeugen ließe. Wenn sich Gase oder Flüssigkeiten bewegen, kommt jedoch oft Turbulenz ins Spiel. So wird, wenn dem Fluss ein Brückenpfeiler im Weg steht, aus der glatten Strömung eine turbulente, mit lauter Wirbeln und Kräuselungen. Auch im heißen, vollständig ionisierten Wasserstoffgas (Plasma) eines Fusionsreaktors tritt Turbulenz auf, verursacht durch die enormen Temperaturunterschiede in dem reifenförmigen Plasma. „Im Zentrum herrschen bis zu 300 Millionen Grad“, erklärt Hallatschek. „Am Rand ist es deutlich kälter, vielleicht nur noch eine Million Grad.“ Die Folge: Durch Konvektion wird heißes Plasma von innen zu den kälteren Stellen nach außen transportiert – ein Vorgang, der nicht glatt verläuft, sondern überaus turbulent. „Diese Turbulenz stört sehr, sie behindert den Einschluss des Plasmas im Magnetfeld und vermindert die Wärmeisolation im Reaktor“, sagt Hallatschek. Um dies auszugleichen, wären größere und damit wesentlich teurere Anlagen nötig. Doch

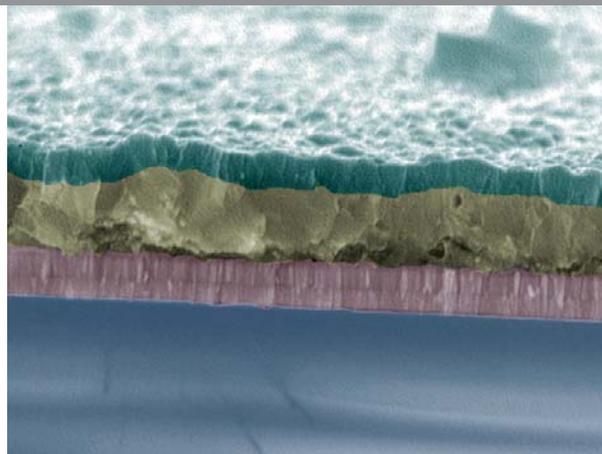
es gibt einen Effekt, der den Forschern hilft: Unter bestimmten Bedingungen nämlich können in einem Fusionsexperiment kleine Wirbel zu größeren Strömungen verschmelzen. Solche „Zonenströmungen“ (Zonal Flows) kommen auch woanders vor – etwa auf dem riesigen Gasplaneten Jupiter. „Der Jupiter ist innen heiß und außen kalt“, erläutert Klaus Hallatschek. „Auch bei ihm gibt es Turbulenz, die die Wärme von innen nach außen schafft.“ Und es gibt Zonenströmungen, die sich aus vielen kleinen Wirbeln bilden. Beim Jupiter erkennt man sie an dessen typischen Ringen. Die braunen Ringe entsprechen Tiefdruckgebieten, die weißen Ringe sind Hochdruckgebiete.

Diese Turbulenz stört sehr, sie behindert den Einschluss des Plasmas im Magnetfeld und vermindert die Wärmeisolation im Reaktor.

„Die Zonenströmungen reduzieren die Turbulenz, indem sie die Wirbel zerreißen“, sagt der IPP-Physiker. „Dadurch wird weniger Wärme transportiert.“ Experimentell hat man Ähnliches bereits beobachtet, zum Beispiel am Garching-Fusionsexperiment ASDEX. Hier entdeckte man 1982 das so genannte H-Regime (High-Confinement Regime): Eine besondere Magnetfeldanordnung, der „Divertor“, lenkt die äußere Randschicht des Plasmas in Nebenkammern ab, wo die Plasmateilchen abgepumpt werden. Diese Randschicht zeigt kaum Turbulenz und kann so als regelrechte Wärmeisolationsschicht für das Plasma fungieren. Ähnliche Effekte will man auch beim internationalen Großprojekt ITER nutzen. ITER (lateinisch für „der Weg“) wird in den kommenden Jahren im südfranzösischen Cadarache gebaut



DIE COMPUTERSIMULATION ZEIGT, WIE GROSSRÄUMIGE STRÖMUNGEN BEGINNEN, DIE STÖRENDE TURBULENZEN IN EINEM FUSIONSPLASMA AUFLÖSEN. Foto: IPP



DÜNNSCHICHTZELLEN AUS KUPFER-INDIUM-SULFID SIND DEUTLICH PREISWERTER, ABER WENIGER EFFIZIENT ALS SILIZIUMZELLEN. Foto: HMI

und dürfte um das Jahr 2018 seinen Betrieb aufnehmen. Das 30 Meter hohe Gerät soll erstmals ein Plasma zünden und ein Energie spendendes Fusionsfeuer erzeugen – und damit endgültig demonstrieren, dass die Kernfusion als Energiequelle für die Menschheit taugt.

Die Zonenströmungen machen, was sie wollen. Um sie gezielt anregen zu können, brauchen wir ein viel besseres Verständnis dieser Strömungen.

Eine zentrale Rolle wird dabei die Wärmeisolierung des Plasmas spielen. Die Forscher hoffen diese Isolierung unter anderem dadurch zu optimieren, indem sie Zonenströmungen im Plasma gezielt ausnutzen. Das Problem: „Die Zonenströmungen machen, was sie wollen“, so Hallatschek „Um sie gezielt anregen zu können, brauchen wir ein viel besseres Verständnis dieser Strömungen.“ Eben dieses Verständnis versucht der Physiker zu vertiefen – mit aufwändigen Simulationen auf Supercomputern.

Und womöglich lassen sich Hallatscheks Ergebnisse eines Tages auch von irdischen Fusionsreaktoren auf die Gasplaneten im All übertragen. Denn mit mehr Grundlagenwissen über die Zonal Flows könnten die Planetenforscher auch das Klimageschehen auf dem Jupiter besser verstehen.

FRANK GROTELÜSCHEN

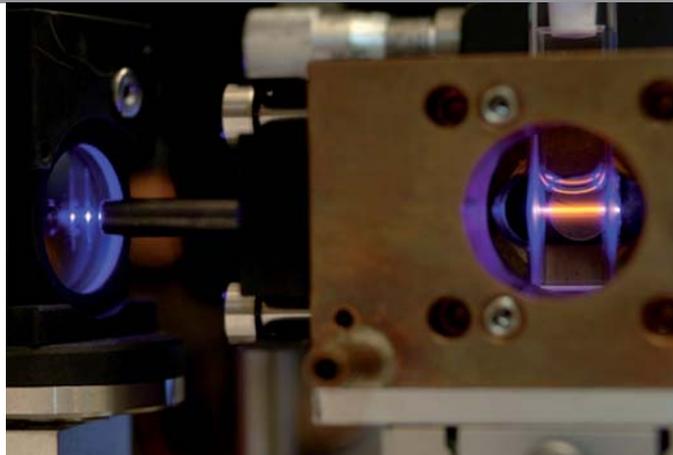
Hahn-Meitner-Institut Berlin

SOLARZELLEN OPTIMIEREN UND GÜNSTIGER HERSTELLEN

Dr. Eveline Rudigier vom Hahn-Meitner-Institut Berlin hat in ihrer Doktorarbeit gezeigt, wie die Herstellung von Solarzellen weiter verbessert werden kann. Die 32-jährige Nachwuchsforscherin hat für ihre Arbeit den Shell-She-Study Award erhalten. „Bisher beruhte die Optimierung von Dünnschichtsolarzellen vor allem auf Erfahrungswerten“, berichtet Rudigier. „Für eine industrielle Fertigung ist jedoch ein tiefergehendes Verständnis erforderlich“.

Sie untersuchte daher die Phasenbildung des komplexen Stoffsystems Kupfer-Indium-Sulfid (CIS) im Detail und zeigte, wie die Qualität der lichtabsorbierenden Schichten mit der Güte der fertigen Solarzellen zusammenhängt. „Schließlich konnte ich demonstrieren, dass sich mithilfe der Ramanspektroskopie auch während der Fertigung der Prozess kontrollieren lässt“. Die zerstörungsfreie Methode reduziert den Ausschuss, erhöht die Ausbeute und ist daher auch wirtschaftlich hochinteressant, so dass Eveline Rudigier diese Anwendung zum Patent anmelden konnte.

HMI



SCHON WENIGE MOLEKÜLE EINER SUBSTANZ REICHEN AUS, UM MIT HILFE DER FLUORESZENZ-SPEKTROSKOPIE EIN DEUTLICHES SIGNAL ZU ERHALTEN. Foto: Forschungszentrum Karlsruhe

Forschungszentrum Karlsruhe

SICHERHEITSFORSCHUNG MIT LASERLICHT

Seine Arbeitskleidung ist sonnengelb: Wenn Dr. Thorsten Stumpf in den Kontrollbereich am Institut für Nukleare Entsorgung des Forschungszentrums Karlsruhe geht, streift er seinen Kittel und spezielle Schuhe über und begibt sich in eine Welt, in der strenge Sicherheitsvorkehrungen gelten. Stumpf erforscht, wie radioaktive Abfallprodukte aus Kernkraftwerken langfristig mit ihrer Umgebung reagieren, wenn sie in Salzstöcken, Granit oder anderen geologischen Formationen tief unter der Erde endgelagert werden.

Erst wenn ich verstanden habe, welche Reaktionen dabei ablaufen, und wenn ich die Stabilität der neuen Verbindungen kenne, erst dann kann ich wirklich zuverlässige Voraussagen machen. Denn die Naturgesetze gelten auch noch in 100.000 Jahren.

Darüber gibt es natürlich längst gute Abschätzungen, aber Stumpf will es viel genauer wissen: Denn die Chemie der radioaktiven Metalle aus der Gruppe der Actiniden, zu denen Plutonium, Americium und auch Curium gehören, ist bislang weitgehend unerforscht. Die meisten Ausbreitungsrechnungen basieren daher auf der Ermittlung von so genannten Verteilungskoeffizienten, die durch die Konzentration des Stoffs in der festen und in der flüssigen Phase ermittelt werden. Diese Werte können jedoch nur mit einer gewissen Unsicherheit auf

lange Zeiträume, zum Beispiel auf Jahrmillionen, extrapoliert werden. Was auf molekularer Ebene geschieht und wie genau radioaktive Atome mit ihrer Umgebung im Endlager reagieren, wird dabei nicht aufgeklärt. „Erst wenn ich verstanden habe, welche Reaktionen dabei ablaufen, und wenn ich die Stabilität der neuen Verbindungen kenne, erst dann kann ich wirklich zuverlässige Voraussagen machen. Denn die Naturgesetze gelten auch noch in 100.000 Jahren.“, sagt Stumpf.

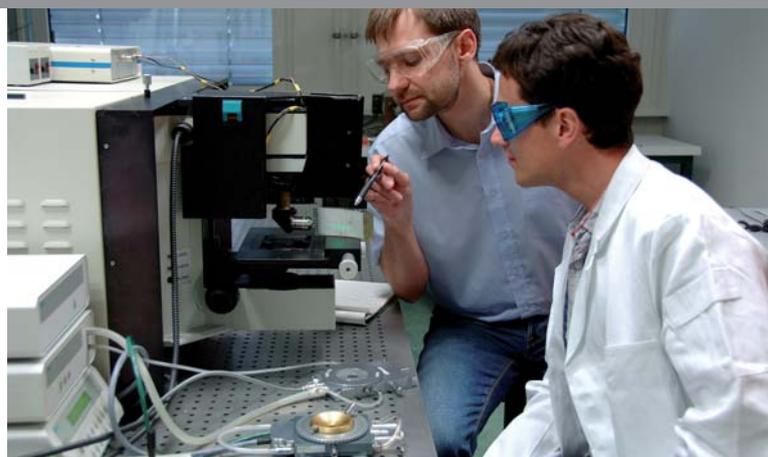
Die Fluoreszenz-Spektroskopie ist eine fantastische Methode, um Strukturinformation zu erhalten und wir können dabei sogar mit Proben arbeiten, die nur wenige Moleküle des radioaktiven Materials enthalten.

Im Labor ist es dunkel und kühl: Hier arbeiten die Lasersysteme, mit denen der Forscher die Reaktionen genau verfolgen kann. Denn einige Actiniden verfügen über eine besondere Eigenschaft, sie zeigen Fluoreszenz. Der Laser regt die Proben zum Leuchten an und die abgegebene Strahlung enthält detaillierte Informationen, sowohl über den zeitlichen Ablauf der Reaktion als auch über Energieniveaus und insbesondere über die Struktur der entstandenen Verbindung. „Die Fluoreszenz-Spektroskopie ist eine fantastische Methode, um Strukturinformation zu erhalten und wir können dabei sogar mit Proben arbeiten, die nur wenige Moleküle des radioaktiven Materials enthalten“, erklärt der Radiochemiker. Für normale spektroskopische Verfahren müssten die Konzentrationen um den Faktor hundert Millionen höher sein.

Die Dauer der Fluoreszenz zeigt den Forschern, wie viele Wassermoleküle das Actinid umhüllen. Erst wenn das Actinid dauerhaft in das Wirtsgitter des umgebenden Materials eingebaut



DIE MEISTEN PRÄPARATE MUSS THORSTEN STUMPF IN DER HANDSCHUHBOX FÜR DIE MESSUNGEN IM LASERLABOR VORBEREITEN. Foto: Forschungszentrum Karlsruhe



DMITRY NAUMENKO (LINKS) UNTERSUCHT HIER MITTELS RAMAN-FLUORESCENZ-SPEKTROSKOPIE DIE EIGENSPPANNUNG VON ALUMINIUMOXIDSCHICHTEN. Foto: Forschungszentrum Jülich

ist, ist die Hydrathülle verschwunden und die Lebensdauer der Fluoreszenz wird sehr lang. Und nicht nur die verschiedenen Verbindungen, sondern auch die exakten geometrischen Positionen, in denen das radioaktive Atom eingebaut wurde, sind aus den Spektren abzulesen.

Stumpf und sein Team arbeiten vor allem mit dem Element Curium, dessen besondere Fluoreszenz-Eigenschaften die genauesten Aussagen erlauben. So lassen sich Curiumatome als atomare Sonden nutzen, um chemische Reaktionen auch noch im Bereich von ultrageringen Konzentrationen zu untersuchen. Entscheidend für die Radiotoxizität der Abfälle aus Kernkraftwerken sind zwar vor allem Plutonium und Americium, aber Americium ist dem Curium chemisch sehr ähnlich: beide Elemente sind dreiwertig und selbst der Ionenradius ist gleich. Und auch Plutonium wird sehr wahrscheinlich in den tiefen geologischen Formationen der Endlager „reduziert“, so dass es dann chemisch ebenfalls dem Curium gleicht. Mit Curium lässt sich auch deswegen gut arbeiten, weil es aufgrund seiner langen Halbwertszeit von 340.000 Jahren kaum strahlt.

Und was zeigen die Experimente? Curium kann tatsächlich fest in Minerale eingebaut werden. Dort in der Kristallstruktur verankert, können die radioaktiven Actiniden über sehr lange Zeiträume von der Ökosphäre ferngehalten werden.

DR. ANTONIA RÖTGER

Forschungszentrum Jülich

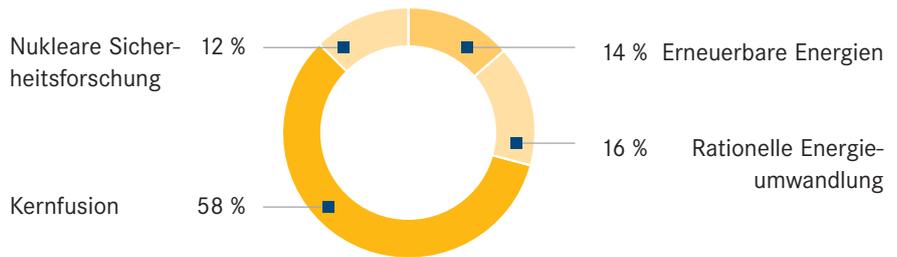
SCHUTZSCHICHTEN FÜR HOCHTEMPERATURBAUTEILE

Turbinen und Bauteile in der Energietechnik müssen nicht nur hohen mechanischen Belastungen standhalten, sondern auch der Hitze. Weil sie daher schnell korrodieren, ist ihre Lebensdauer begrenzt. Und in Zukunft steigen die Anforderungen: Denn um die Energieträger effizient zu nutzen, müssen Verbrennungsprozesse bei noch wesentlich höheren Temperaturen stattfinden. Dr. Dmitry Naumenko untersucht und entwickelt am Institut für Energieforschung am Forschungszentrum Jülich neuartige Schutzschichten gegen die Hochtemperaturkorrosion. Der gebürtige Ukrainer ist Experte für extreme Anforderungen, für die Speziallegierungen nicht mehr ausreichen. Er untersucht die chemischen Prozesse während der Korrosion und entwickelt Verfahren, um mithilfe von kontrollierter Oxidation wirkungsvolle Schutzschichten auf Bauteile aufzubringen. Insbesondere arbeitet er nun an neuen Beschichtungen für die hocheffizienten und emissionsarmen Kraftwerke der Zukunft. Dabei findet die Verbrennung in reinem Sauerstoff statt und das entstehende CO₂ wird direkt aus dem Rauchgas abgeschieden. Für beide Prozesse werden im Rahmen der neuen Helmholtz-Allianz „MEM-BRAIN“ nun keramische Membranen entwickelt, die auf solche Beschichtungen als Trägermaterialien angewiesen sind. Dieses Forschungsvorhaben wird Naumenko im Rahmen des Emmy-Noether-Programms der Deutschen Forschungsgemeinschaft in den nächsten fünf Jahren mit vier Mitarbeitern verfolgen.

arö

Die Struktur des Forschungsbereichs Energie Grundfinanzierte Kosten 2006: 152 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Energie 109 Millionen Euro.
Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 261 Millionen Euro zur Verfügung.



DIE PROGRAMME

Das Programm Erneuerbare Energien

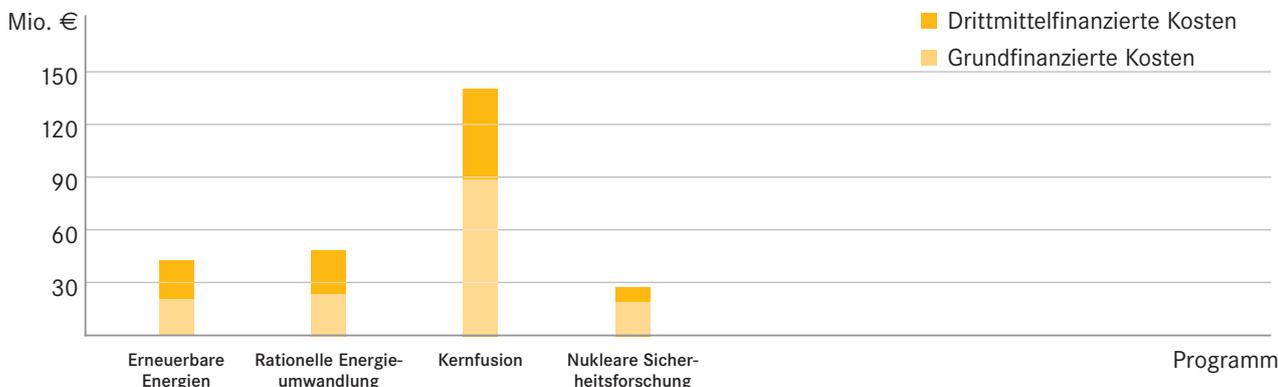
Erneuerbare Energien aus Sonne, Erdwärme oder Biomasse gelten als Inbegriff der Nachhaltigkeit, da sie nicht nur unerschöpflich sind, sondern darüber hinaus auch CO₂-neutral sind und den Treibhauseffekt nicht weiter anheizen. Die Erforschung erneuerbarer Energiequellen, aber auch die Entwicklung von wirtschaftlichen Techniken ist für uns daher ein besonders wichtiges Vorhaben.

Die weitere Forschung muss insbesondere auf eine Senkung der Kosten abzielen. Windenergieumwandler und Solarkollektoren sind bereits weit entwickelt und werden – unterstützt durch nationale Einführungsprogramme – von Unternehmen in den Markt gebracht. Hingegen sind bei der Photovoltaik – auch bei großtechnischer Produktion – die Kosten noch hoch. Neue Ansätze, insbesondere mit Dünnschichttechniken, lassen eine stärkere wirtschaftliche Nutzung näher rücken. Das ist auch das Ziel der Forschung zur Stromerzeugung mithilfe der Geothermie aus Niedertemperaturvorkommen und zur Entwicklung großer solarthermischer Kraftwerke. In den Anlagen fangen Spiegel das Sonnenlicht ein, erzeugen in einem Kollektor Prozesswärme und nutzen diese zur Stromproduktion. Sie werden in der Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt und im spanischen Almeria großtechnisch erprobt. Mit zum Programm gehört außerdem die Systemanalyse, die Bewertung der Potenziale von erneuerbaren Energien und der Strategien zu ihrer Verbreitung.

Das Programm Rationelle Energieumwandlung

Fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas oder Kohle werden auf Jahrzehnte noch eine dominierende Rolle in der Energieversorgung spielen. Zusätzlich wird auch ein wesentlicher Anteil der zukünftigen alternativen Energieträger wie Synthesegas oder SynFuels beispielsweise aus Biomasse in Kraftwerkprozessen in Strom umgewandelt. Bei ihrer Nutzung existiert ein großes Potenzial zum Klima- und Ressourcenschutz: Es liegt in der Effizienzsteigerung der Umwandlungs-Technologien. Hier setzt das Programm Rationelle Energieumwandlung an. In diesem Programm werden neue Technologien für Kraftwerke und Brennstoffzellen erforscht und die Anwendung der Supraleitung in der Elektrizitätswirtschaft untersucht. Wichtige Themen sind beispielsweise neue Komponenten und Lösungen für Hochleistungs-Gasturbinen, die deren Wirkungsgrad maßgeblich erhöhen können. Auf dem Gebiet der Brennstoffzellen werden Festoxid-Brennstoffzellen mit einem keramischen Elektrolyt weiterentwickelt und bei der Tieftemperatur-Brennstoffzelle insbesondere die direkte Methanol-Zelle, die für mobile Anwendungen von Bedeutung ist. Ebenfalls viel versprechend sind supraleitende Strombegrenzer, aber auch supraleitende Komponenten für das Stromnetz, mit denen Strom in Zukunft nahezu verlustfrei übertragen werden kann.

Gesamtkosten des Forschungsbereichs Energie



Das Programm Kernfusion

Die Kernfusion ist ein herausragendes Beispiel für eine strategische Vorsorgeforschung: Erst ab der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts und danach könnte ein Fusionsreaktor tatsächlich Energie erzeugen, dann aber einen Teil der Energieprobleme der Menschheit dauerhaft lösen. Aufgrund des enormen Aufwands für Forschung und Entwicklung ist dieses Ziel nur im Verbund nationaler und internationaler Partner zu erreichen. Die Fusionsforschung der Helmholtz-Gemeinschaft ist daher Teil des EURATOM-Fusionsprogramms.

Die mit den internationalen Partnern vereinbarten Prioritäten der Forschung in der Helmholtz-Gemeinschaft sind: Beteiligung am Aufbau von ITER, einem Tokamak-Experiment und der Aufbau des europäisch unterstützten deutschen Stellarator-Großexperimentes WENDELSTEIN 7-X. Tokamak und Stellarator sind zwei verschiedene Konzepte, um heißes Fusionsplasma in einem Magnetfeld einzuschließen. ITER soll demonstrieren, dass Energiegewinnung durch Fusion technisch machbar ist. Das Experiment soll zudem die nötigen Daten liefern, um ein Demonstrations-Kraftwerk zu bauen. Das Stellarator-Experiment WENDELSTEIN 7-X soll zeigen, dass sich auch das Stellarator-Konzept für ein Fusionskraftwerk eignet. Zur Unterstützung dieser Gesamtstrategie betreibt die Helmholtz-Gemeinschaft weiterführende kleinere Experimente und entwickelt Technologien und neue Werkstoffe, um Komponenten für ein Demonstrations-Kraftwerk vorzubereiten.

Das Programm Nukleare Sicherheitsforschung

Im Jahr 2006 haben Kernkraftwerke in Deutschland 167,4 Milliarden KWh elektrischen Strom erzeugt und damit 26,3 Prozent des Strombedarfs insgesamt und 50,3 Prozent des Grundlaststrombedarfs gedeckt. Forschung zur Sicherheit von Kernreaktoren und zur sicheren Entsorgung von nuklearen Abfällen ist daher unverzichtbar. Das gilt auch für die Zukunft. In Deutschland wird im Rahmen einer strategisch angelegten Vorsorgeforschung auch bei Beibehaltung des Ausstiegs aus der Kernenergie noch für Jahrzehnte kerntechnisches Know-how benötigt. Die Arbeiten des Programms Nukleare Sicherheitsforschung der Helmholtz-Gemeinschaft stellen sicher, dass in Deutschland auf dem internationalen Stand von Wissenschaft und Technik breites Expertenwissen auf sämtlichen Gebieten der Sicherheit der Kernreaktoren und der Sicherheit der nuklearen Entsorgung vorhanden ist und dass sich deutsche Forscher aktiv an allen relevanten internationalen Projekten und Gremien beteiligen und diese maßgeblich mitgestalten.

FORSCHUNGS- BEREICH ERDE UND UMWELT



PROF. DR. GEORG TEUTSCH
Vizepräsident für den Forschungsbereich
Erde und Umwelt, Helmholtz-Zentrum für
Umweltforschung - UFZ

„Ausgewogene und somit robuste Lösungskonzepte für die Umweltprobleme unserer Zeit erfordern fachübergreifende, wissenschaftlich exzellente Forschungsansätze, die insbesondere auch gesellschaftliche Faktoren berücksichtigen. Der Forschungsbereich „Erde und Umwelt“ vereinigt in einmaliger Weise die notwendigen Kompetenzen für solche Systemlösungen.“

DIE AUFGABE

Im 20. Jahrhundert hat sich das Verhältnis zwischen Mensch und Natur grundlegend gewandelt. In vorher nicht gekannter Intensität beeinflussen seitdem nicht-natürliche Einflüsse das Leben auf der Erde. Hauptauslöser dafür sind das Bevölkerungswachstum sowie die Entwicklung und der Einsatz neuer Technologien. Beides verursacht eine verstärkte Nachfrage nach Ressourcen. Insbesondere der rasant ansteigende Verbrauch fossiler Rohstoffe trägt dazu bei, dass das Klimasystem der Erde aus der Balance zu geraten droht und die globale ökologische Stabilität gefährdet ist.

Um zu nachhaltigen Lösungen zu gelangen, müssen die grundlegenden Funktionen des Systems Erde und die Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Natur genauer verstanden werden – dies ist ein wesentliches Ziel der Forschung zu Erde und Umwelt in der Helmholtz-Gemeinschaft. Außerdem arbeiten die Forscherinnen und Forscher daran, die Folgen der komplexen Veränderungen von Erde und Umwelt so genau zu beschreiben, dass Entscheidungsträger in Politik und Gesellschaft damit sachliche Entscheidungshilfen erhalten. Einen weiteren Schwerpunkt bildet der Beitrag zur wirtschaftlichen Entwicklung. Nach neuen Szenarien könnten die Umwelttechnologien in Deutschland bis 2030 ihren Anteil am Umsatz aller Wirtschaftsbranchen von vier auf 16 Prozent steigern und damit zu einem starken Wachstumsmotor werden. Von wachsender Bedeutung in der Helmholtz-Gemeinschaft sind Forschungsvorhaben, die nicht nur programm-, sondern auch zentren- und institutionenübergreifend sind. So arbeiten im Integrierten Erdbeobachtungssystem Helmholtz-EOS sechs Zentren gemeinsam, um komplexe Fragen der Eis- und Ozeanforschung, des Wasserkreislaufs, des Katastrophenmanagements und Prozesse an der Landoberfläche zu erforschen. In der Initiative „Risikolebensraum Megacity“ erforschen fünf Zentren gemeinsam mit der UN-Organisation ECLAC/CEPAL Strategien für eine nachhaltige Entwicklung in Megastädten und Ballungsräumen. Auch für das forschungsbereichsübergreifende Gebiet der Systemanalyse und Technikfolgenabschätzung hat sich ein Helmholtz-Verbund aus fünf Zentren etabliert. Ein weiteres Beispiel für Forschungskooperation über die Grenzen der Institutionen hinaus ist das Konsortium Deutsche Meeresforschung (KDM), in dem elf Forschungsinstitute der Helmholtz-Gemeinschaft, der Leibniz-Gemeinschaft und der Universitäten zusammengeschlossen sind.

DIE PROGRAMMSTRUKTUR

Am Forschungsbereich Erde und Umwelt sind neun Helmholtz-Zentren beteiligt: das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung, das GeoForschungsZentrum Potsdam, das Forschungszentrum Jülich, das Forschungszentrum Karlsruhe, das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ, das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit sowie das Deutsche Zentrum für Luft und Raumfahrt als assoziierte Forschungseinrichtung. Die Umwelt- und Erdsystemforschung orientiert sich an den großen Herausforderungen, die nationale und internationale Gremien identifiziert haben: Naturkatastrophen, Klimaschwankungen und Klimawandel, Wasser – Verfügbarkeit und Dynamik, nachhaltiger Umgang mit Ressourcen, Biodiversität und ökologische Stabilität sowie die soziopolitische Dimension des globalen Wandels. Diesen zentralen Aufgaben der Erd- und Umweltforschung widmet sich der Forschungsbereich in sechs Programmen:

- **Geosystem: Erde im Wandel**
- **Atmosphäre und Klima**
- **Marine, Küsten- und Polare Systeme**
- **Biogeosysteme: Dynamik und Anpassung**
- **Nachhaltige Nutzung von Landschaften**
- **Nachhaltige Entwicklung und Technik**

Diese Forschungsaufgaben können nicht unabhängig voneinander betrachtet werden, denn im System Erde sind die Elemente und Prozesse der verschiedenen Sphären eng miteinander verbunden. Um dieser Dynamik gerecht zu werden, kooperieren die Wissenschaftler im Forschungsbereich Erde und Umwelt nicht nur untereinander, sondern auch mit Kollegen anderer Forschungsbereiche. Dies geschieht beispielsweise, wenn Umwelteinflüsse auf die menschliche Gesundheit untersucht oder Satellitendaten für die Modellierung von Umweltprozessen genutzt werden. Von besonderer Bedeutung ist darüber hinaus die Zusammenarbeit mit Partnern außerhalb der Helmholtz-Gemeinschaft, sowohl auf nationaler wie auf internationaler Ebene.



AUF EINEM FORSCHUNGSSCHIFF KANN BARBARA NIEHOFF DIE ZOOPLANKTON-PROBEN AUCH SOFORT UNTERSUCHEN. Foto: Alfred-Wegener-Institut

PROJEKTE

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

SCHWEBENDES LEBEN

Dr. Barbara Niehoff untersucht an Schlüsselarten mariner Planktongemeinschaften, mit welchen Strategien sie auf Veränderungen im Nahrungsangebot oder der Temperatur reagieren können. Ihre Ergebnisse tragen dazu bei, den Einfluss des Klimawandels auf die Ökosysteme der Meere abzuschätzen. Schon als Jugendliche hat sich Barbara Niehoff im Naturschutz für Rast- und Brutgebiete von Vögeln engagiert. Der Übergang zur Meeresbiologie kam dann ganz allmählich während des Studiums. „Die Tiere im Wattenmeer vor Sylt, wo ich meine Diplomarbeit gemacht habe, haben mich richtig fasziniert“, erinnert sie sich. Heute ist Barbara Niehoff Expertin für die Lebensgemeinschaften von Planktonorganismen in den Polar-meeren, im Nordatlantik und der Nordsee.

Vor rund sechs Jahren ist die Biologin aus der berühmten Woods Hole Oceanographic Institution an der Ostküste der USA in das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung nach Bremerhaven zurückgekehrt. Dort konnte sie als Nachwuchsgruppenleiterin ein eigenes Team aufbauen, das sich mit der Entschlüsselung der Nahrungsbeziehungen zwischen Planktonorganismen beschäftigt. Gleichzeitig habilitierte sie sich an der Universität Bremen, wo sie nun regelmäßig Vorlesungen hält.

Plankton (griech. „das Umherschwebende“) ist der Sammelbegriff für alle Organismen, die sich nicht gegen die Wasserströmungen behaupten können, sondern sich von ihnen treiben lassen. Zum Plankton zählen metergroße Quallen ebenso wie winzige Algen und Bakterien, aber auch die Larven von vielen

Fischen oder Seeigeln. Eine der wichtigsten Gruppen im tierischen Plankton, dem Zooplankton, sind die Copepoden (Ruderfußkrebse), die in allen Weltmeeren zu finden sind.

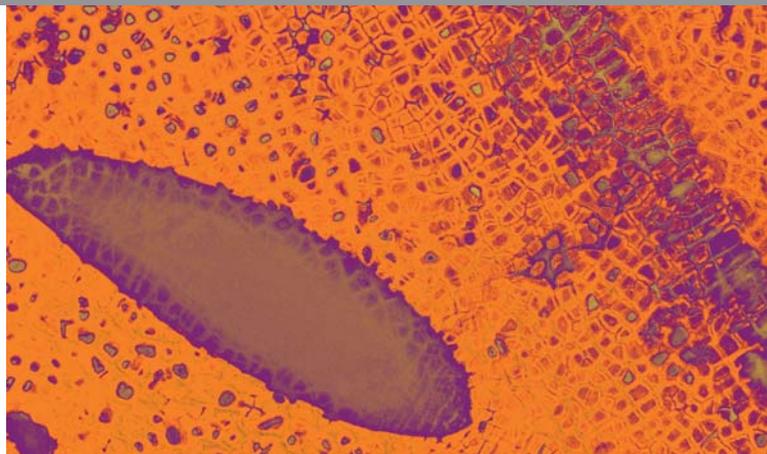
Copepoden sind im Meer etwa ebenso zahlreich wie Insekten an Land und spielen eine große Rolle im Ökosystem. Sie sind die Nahrungsgrundlage für viele Lebewesen, darunter kommerziell genutzte Fischarten und sogar Wale. Die Copepoden selbst ernähren sich meist von einzelligen Algen (Phytoplankton), die in den oberen, sonnendurchfluteten Wasserschichten schweben, wo sie Kohlendioxid aus der Atmosphäre durch Photosynthese binden. Mit den Kotbällen der Ruderfußkrebse sinkt ein Teil dieses CO₂ dann in die Tiefe. Die Frage „Wer frisst wen?“ steht über allem und treibt auch die „Kohlenstoffpumpe“ der Ozeane an.

Temora longicornis ist eine sehr häufige Copepodenart, die generell alles frisst – und zur Not, wenn nur wenige Algen im Wasser zu finden sind, verzehrt sie sogar ihre eigenen Eier.

Ein wesentlicher Teil der wissenschaftlichen Arbeit findet direkt auf dem Forschungsschiff statt. Mit großen Netzen nehmen Niehoff und ihre Mitarbeiter Zooplanktonproben und untersuchen die Tiere schon an Bord, sie zählen die Eier und vermessen die Ölsäckchen, die einige Copepoden als Vorrat für die Winterpause anlegen. Das bedeutet, vor allem in den Polargebieten, stundenlanges Arbeiten in der Kälte – oft auf einem schwankenden Schiff. Im Labor an Land folgen weitere Analysen, zum Beispiel um den Stickstoff- und Kohlenstoffgehalt der Tiere, die Zusammensetzung der Fette und die Stoffwechselaktivitäten zu ermitteln. So kann Niehoff den



RUDERFUSSKREBSE ODER COPEPODEN SIND BEINAHE DURCHSICHTIG, SO DASS DIE BIOLOGEN ÖLSÄCKCHEN UND EIERANZAHL LEICHT BESTIMMEN KÖNNEN. Foto: Alfred-Wegener-Institut



DIE LUFTAUFNAHME ZEIGT DIE GEOMETRISCHEN STRUKTUREN, DIE WASSERWEGE UND SEEN AUF DER SAMOILOV-INSEL IN NORDSIBIRIEN BILDEN. TROCKENE BEREICHE ERSCHEINEN ORANGE. Foto: Alfred-Wegener-Institut

Speiseplan der Tiere rekonstruieren und zum Fortpflanzungserfolg in Beziehung setzen: „*Temora longicornis*, eine sehr häufige Copepodenart, frisst generell alles – und zur Not, wenn nur wenige Algen im Wasser zu finden sind, verzehrt sie sogar ihre eigenen Eier“.

Zunehmend wandern wärmeliebende Arten ein, die um Nahrung konkurrieren und das Räuber-Beute-Gefüge im Ökosystem verschieben können.

Solche Arten, die sehr flexibel in ihrer Nahrungsaufnahme sind, haben eine wichtige Pufferfunktion im Nahrungsnetz der Meere. Sie könnten in Zukunft sogar noch wichtiger werden, denn der Klimawandel macht sich auch in der Nordsee bemerkbar: Zunehmend wandern wärmeliebende Arten ein, die um Nahrung konkurrieren und das Räuber-Beute-Gefüge im Ökosystem verschieben können. „Darüber wissen wir noch wenig“, sagt Niehoff. Dies ist ein höchst relevantes Forschungsfeld für die Zukunft. DR. ANTONIA RÖTGER

Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

TAUWETTER IM UNTERGRUND

Der Klimawandel macht sich in den höheren Breitengraden rund um die Polargebiete besonders stark bemerkbar. Wie die steigenden Temperaturen auch die Kreisläufe in Permafrostböden verändern, untersucht die Nachwuchsgruppenleiterin Dr. Julia Boike mit ihrem Team am Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung. An der Außenstelle des AWI in Potsdam wertet sie Daten aus, die sie auf ihren langen Expeditionen in der sibirischen Tundra gesammelt hat. Dort untersucht sie zum Beispiel die Wasser- und Energiekreisläufe in den oberen Schichten des Bodens, die die Freisetzung des Treibhausgases Methan regulieren. „Wir beobachten jetzt schon, wie Änderungen im Klimasystem, zum Beispiel die Erhöhung der Sommerniederschläge und der Anstieg der Durchschnittstemperatur die physikalischen und biologischen Prozesse im Boden beeinflussen“, erklärt sie. Denn die oberen Schichten tauen inzwischen deutlich früher im Jahr auf, die Vegetationsphasen verlängern sich. „Wir untersuchen die Kreisläufe von Wasser und Energie in der Permafrostlandschaft über Flächen im Meterbereich bis hin zu größeren Strukturen im Kilometerbereich“, sagt Boike. Diese Ergebnisse erlauben zuverlässigere Prognosen darüber, wie sich das Tauwetter in der Tundra in Zukunft auf das globale Klima auswirken könnte. arö



THOMAS WALTER AM FUSSE DES AKTIVEN MERAPI VULKAN IN ZENTRALJAVA, INDONESIA. Foto: GFZ

GeoForschungsZentrum Potsdam

SPANNUNGS-PINGPONG IN DER ERDKRUSTE

Indonesien, Anfang Mai 2006. Der Vulkan Merapi speit heiße, graue Asche. Über 22.000 Hangsiedler werden evakuiert, unter anderem nach Yogyakarta in den sicheren Süden. Den sicheren Süden? Die Erde entlädt sich auch hier: Am 27. Mai zerstört ein Beben weite Teile der Provinz. Mehrere Tausend sterben, vermutlich auch viele vorher Evakuierte. Damit nicht genug. Unmittelbar nach dem Beben erhöht der Merapi seine Aktivität. Ob beide Prozesse zusammenhängen, erforscht Vulkanologe Dr. Thomas Walter vom GeoForschungsZentrum Potsdam. Seit Herbst 2005 leitet er hier die Nachwuchsgruppe zur Vulkantektonik, eine der wenigen Forscherteams weltweit, die sich mit dem Pingpong-Spiel zwischen Veränderungen von Magmamasen und Bewegungen von Krustengestein beschäftigen. Die Wissenschaftler wollen die Katastrophe im Doppelpack verstehen lernen. „Wir prüfen, ob und wie sich Vulkanausbrüche und Erdbeben gegenseitig beeinflussen und welche Mechanismen im Spiel sind.“

Gemeinsam wirken beide Naturereignisse meist in Gebieten, wo Erdplatten aneinander grenzen, sich voneinander entfernen oder über- beziehungsweise untereinander schieben. Dort herrschen gewaltige Spannungen. „Um diese abzubauen, ruckelt sich die Erde örtlich immer wieder zurecht“, sagt Walter. Gleichzeitig verlagern sich die Spannungsverhältnisse in der Kruste und nahe Magmenreservoirs reagieren darauf. „Manchmal geben sich beide Phänomene immer wieder gegen-

seitig einen kleinen Tritt“. Ein unterirdisches Kräfteressen, das Walter fasziniert.

Der hatte eigentlich Mineraloge werden wollen, „inspiriert durch den sammelwütigen Großvater.“ Am Ende siegte die Geologie. Während eines Studienjahres auf Hawaii entdeckte er seinen Hang zur Vulkanismusforschung, und promovierte darauf am GEOMAR in Kiel über Hangrutschungen auf den Kanaren. Danach zog es ihn erneut in die USA. An einer Satellitenbodenstation der Universität Miami beobachtete er Vulkane aus dem All: „Selbst wenn sich überirdisch nicht viel tut, wenn ein Vulkangebiet sich nur um einen einzigen Zentimeter hebt – das Satellitenradar sieht es.“

Das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft geförderte Emmy-Noether-Programm brachte Walter schließlich nach Potsdam, wo er heute forscht und mehrere Doktoranden betreut.

Wir prüfen, ob und wie sich Vulkanausbrüche und Erdbeben gegenseitig beeinflussen und welche Mechanismen im Spiel sind.

Noch immer sind die Augen im All eines seiner wichtigsten Instrumente. Erdbebenmessungen, Schwerebestimmungen, strukturelle Untersuchungen im Gelände und numerische Verfahren am Computer ergänzen den Werkzeugkasten der Forscher. Außerdem stellen Walter und sein Team Vulkan-szenarien in Laborexperimenten nach. „Dass wirklich etwas unter unseren Füßen passiert, wissen wir erst, wenn mehrere Sensoren ausschlagen.“ Die große methodische Bandbreite überzeugte auch die Geologische Vereinigung. Letztes Jahr verlieh sie dem jungen Forscher den Hans-Cloos-Preis für seine



WALTERS TEAM UNTERSUCHT SCHWEFELHALTIGE ENTGASUNGEN AM VULKAN LASTARRIA IN CHILE. Foto: Walter/GFZ



ASTRID KIENDLER-SCHARR VOR EINER PFLANZENKAMMER, IN DER UNTERSUCHT WIRD, WELCHE STOFFE PFLANZEN AUFNEHMEN ODER ABGEBEN. Foto: Forschungszentrum Jülich

international herausragenden Forschungsbeiträge. In Chile zum Beispiel hat Walters Team einen neuen Riesenvulkan als eine Art natürliches Laboratorium entdeckt. Östlich der Stadt Antofagasta an der Grenze zu Argentinien hebt sich

Selbst wenn sich überirdisch nicht viel tut, wenn ein Vulkangebiet sich nur um einen einzigen Zentimeter hebt – das Satellitenradar sieht es.

über 1000 Quadratkilometer hinweg der Boden. „Vor zehn Jahren war hier noch kein aktiver Vulkanismus bekannt. Nach mehreren starken Beben formierte sich hier innerhalb kurzer Zeit ein System, das sich nun bereits stärker regt als der Yellowstone-Vulkan in den USA.“ Eine drohende Gefahr sieht Walter zurzeit jedoch nicht: Das Magma bewegt sich mit drei Kilometern pro Jahr zwar rasch, bisher aber nur waagrecht und in zehn Kilometern Tiefe durch die Kruste.

Anders der Merapi. Der begann nach dem Beben im letzten Jahr erst recht zu rumoren. Sprunghaft schnellten das Volumen und die tägliche Zahl seiner Auswürfe nach oben. Eine gefährliche Suche nach den geologischen Ursachen? „Viel bedrohlicher als die Arbeit am Berg war der Straßenverkehr.“ Jetzt wollen die Wissenschaftler klären, ob es die kurzzeitigen seismischen Wellen sind, die dauerhaft veränderten Spannungsverhältnisse oder auch ganz andere Mechanismen, die den Vulkan in Wallung brachten. „Wenn wir das wissen, können wir vielleicht irgendwann die Vorhersagen verfeinern.“ Und das Risiko für Menschen und Infrastruktur könnte sinken.

CORNELIA REICHERT

Forschungszentrum Jülich

GEGEN BIOGENEN FEINSTAUB

Die Atmung der Pflanzen erzeugt über Zwischenschritte Aerosole, die ähnlich klein sind wie Feinstäube aus industriellen Verbrennungsprozessen. Bei letzteren ist erwiesen, dass sie gesundheitsschädlich sind. „Wie die Aerosole biogenen, also natürlichen Ursprungs entstehen und auf Gesundheit, Wolkenbildung und Klima wirken, ist dagegen zu einem großen Teil noch nicht geklärt“, erklärt Dr. Astrid Kiendler-Scharr vom Forschungszentrum Jülich. Dort leitet die vor drei Jahren aus dem Silicon Valley zurück gekehrte Nachwuchswissenschaftlerin die Arbeitsgruppe „Stabile Isotope in Aerosolen“.

Wie die Aerosole biogenen, also natürlichen Ursprungs entstehen und auf Gesundheit, Wolkenbildung und Klima wirken, ist dagegen zu einem großen Teil noch nicht geklärt.

„Ich will erforschen, wie viel Feinstaub aus natürlichen Prozessen tatsächlich vorhanden ist“, erläutert sie. Dazu untersucht die Physikerin und Mutter zweier Kinder beispielsweise in Pflanzenkammern unter kontrollierten Bedingungen, welche Substanzen Pflanzen emittieren und wie diese mit Ozon reagieren, das durch die Autoabgase entsteht. Mit diesen Daten entwickelt sie Konzepte, um die Umweltbelastung zu reduzieren.

mf



MIT EINEM DIRECT-PUSH-GERÄT WERDEN DIE TIEFENPROFILE VON STOFFKONZENTRATIONEN IM GRUNDWASSER GEMESSEN.

Foto: Künzelmann/UFZ

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

DIE GEHEIMNISSE DES UNTERGRUNDES

Der Zustand von Ökosystemen und die Biodiversität hängen auch von der Verfügbarkeit und Qualität von Wasser ab. Menschliche Eingriffe und natürliche Prozesse beeinflussen den Wasser- und Stoffkreislauf in einem Ökosystem. So kann in Flusseinzugsgebieten die Qualität und Verfügbarkeit von Wasser durch Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft, Schadstoffeinträge aus Altablagernungen und durch Eingriffe in den natürlichen Verlauf von Oberflächengewässern verändert werden. Eine nachhaltige Bewirtschaftung muss daher auf einem fundierten Verständnis der Wechselwirkungen im Wasser- und Stoffhaushalt von Ökosystemen aufbauen. Diese Wechselwirkungen sind bis heute jedoch nur ungenügend verstanden. Ursache ist unter anderem, dass es bisher nur eingeschränkt möglich ist, die Stoff- und Wasserflüsse zuverlässig zu erfassen. Damit ist es jedoch auch schwierig, die Landnutzung und Wasserbewirtschaftung nachhaltig zu gestalten und Prognosen zu erstellen.

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, hat das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ die Forschungsplattform MOSAIC für die Erkundung, Beobachtung und Steuerung von großräumigen Umweltsystemen geschaffen. MOSAIC steht für „Model Driven Site Assessment, Information & Control“ und drückt damit aus, dass nicht nur auf eine modellgestützte Erkundung abgezielt wird, sondern dass die Daten auch für eine Steuerung von Umweltprozessen

verwendet werden können. Mit der Kombination und Entwicklung von Technologien aus den Bereichen Bohr-, Mess- und Analysetechnik ermöglicht MOSAIC Untersuchungen im Feldmaßstab in neuer Qualität hinsichtlich Effizienz und Geschwindigkeit bei der hochaufgelösten Erkundung komplexer Untergrundstrukturen.

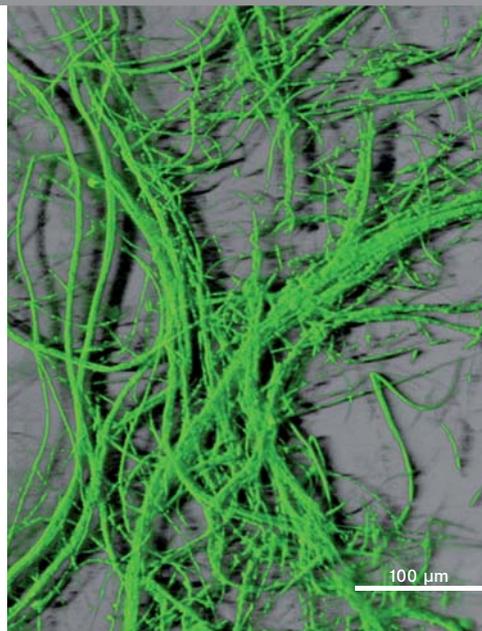
MOSAIC trägt dazu bei, Methoden zur Entscheidungs- bzw. Prozesssteuerung zu entwickeln, die auch gesetzlichen Randbedingungen gerecht werden. „Doch es geht uns nicht nur um eine bestimmte Technologie, sondern um eine intelligente Verknüpfung und Weiterentwicklung verschiedener Technologien. Denn jede Methode hat Vor- und Nachteile,“ sagt Dr. Ulrike Werban, Nachwuchswissenschaftlerin am UFZ. Deshalb arbeiten die Helmholtz-Forscher auch an der Kombination von Direct-Push-Techniken – eine vergleichsweise neue Technik – mit geophysikalischen Methoden. Diese neuartige Herangehensweise erhöht die Qualität der Ergebnisse und beschleunigt die Untersuchungen extrem. Dabei dient MOSAIC nicht nur der interdisziplinären Forschung, sondern auch dem Technologietransfer, beispielsweise um neue Monitoring- und Erkundungstechnologien in der Praxis zu etablieren.

Es geht uns nicht nur um eine bestimmte Technologie, sondern um eine intelligente Verknüpfung und Weiterentwicklung verschiedener Technologien. Denn jede Methode hat Vor- und Nachteile.

In der Jahna-Aue im sächsischen Riesa wird ein Pilotprojekt des UFZ zur Bestimmung der Grundwasserqualität durchgeführt. Mit Direct-Push-Geräten werden dort Tiefenprofile von Stoffkonzentrationen im Grundwasser gemessen. Damit lässt



FÜR EINE VOLLSTÄNDIGE UND AUSSAGEKRÄFTIGE UNTERSUCHUNG KOMBINIEREN DIE FORSCHER MEHRERE METHODEN. Foto: Künzelmann/UFZ



LASER SCANNING MIKROSKOPIE AUFNAHME DES PILZGEFLECHTES VON FUSARIUM OXYSPORUM. Foto: Dr. Neu/UFZ

sich der Untergrund wesentlich schneller und preiswerter untersuchen als mit herkömmlichen Bohrverfahren. Zwar gibt es in Sachsen ein weit verzweigtes Netz an Grundwassermessstellen, doch mit den neuen Verfahren können Probleme noch gezielter unter die Lupe genommen werden. Denn die EU-Wasserrahmenrichtlinie verlangt bis 2009 die Erarbeitung von Maßnahmen für Wasserkörper mit Qualitätsproblemen.

Durch das neue Verfahren können Probleme noch gezielter unter die Lupe genommen werden. Denn die EU-Wasserrahmenrichtlinie verlangt bis 2009 die Erarbeitung von Maßnahmen für Wasserkörper mit Qualitätsproblemen.

Das Pilotprojekt ist nur ein Anwendungsfall von vielen. Egal ob es sich um leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe in der Nähe von Wien handelt oder um die genaue Lokalisierung einer Schadstofffahne aus Benzol unter einem ehemaligen Hydrierwerk, die Direct-Push-Technologie hat sich in den letzten Monaten bei verschiedenen Einsätzen des UFZ bewährt. Aber auch für die Arbeit von Biologen und Bodenforschern oder die Untersuchung von Deichen und damit für den Hochwasserschutz eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten. Mit ihren Geräten sind die Forscher inzwischen ständig auf Achse, um die weißen Flecken auf den Karten des Untergrundes zu füllen.

CARSTEN LEVEN-PFISTER | DR. PETER DIETRICH

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ

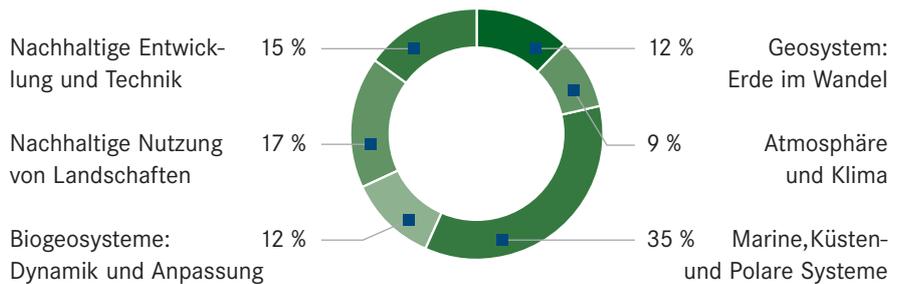
PER PILZ DURCH DEN BODEN

Bei der Sanierung verschmutzter Böden vertraut man oft auf die Hilfe von Bakterien. Voraussetzung dafür ist jedoch, dass die Mikroorganismen mit den ungleichmäßig verteilten Bodenschadstoffen in Kontakt kommen. Selbst bewegliche Bakterien scheitern oft an den im Untergrund vorkommenden Hindernissen. Anders als Bakterien können Bodenpilze mit ihren raumfüllenden und bis zu 100 Metern pro Gramm Boden langen Pilzfäden den Boden leicht durchwachsen und den Bakterien den Weg dabei ebnen. Umweltmikrobiologen vom Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung - UFZ haben im Laborversuch gezeigt, dass dieses Pilzgeflecht - gleich einem „Autobahnnetz“ - schadstoffabbauende Bodenbakterien transportieren und so deren Zugang zu den Bodenschadstoffen verbessern kann. Das gilt auch für Mykorrhizapilze, die in einer Symbiose die Wurzelhärchen von Bäumen ersetzen, von denen sie mit Photosyntheseprodukten ernährt werden. Damit steht das Sonnenlicht als Energiequelle für den Bakterientransport zur Verfügung. Die neuen Erkenntnisse helfen, den Schadstoffabbau im Boden zu beschleunigen und so belastete Gebiete schneller zu sanieren. Die „Pilzautobahn“ ist dann vielleicht nicht nur die größte der Welt, sondern auch die einzige, die der Natur zurück zum ursprünglichen Zustand hilft.

DR. LUKAS Y. WICK

Die Struktur des Forschungsbereichs Erde und Umwelt Grundfinanzierte Kosten 2006: 227 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Erde und Umwelt 68 Millionen Euro.
Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 296 Millionen Euro zur Verfügung.



DIE PROGRAMME

Das Programm Geosystem: Erde im Wandel

Die Analyse der physikalischen und chemischen Prozesse im System Erde sowie der Interaktion zwischen Geosphäre, Atmosphäre, Hydrosphäre und Biosphäre steht im Fokus dieses Programms. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler erkunden und modellieren die relevanten Geoprozesse, um den Zustand des Systems Erde einzuschätzen und Veränderungstrends zu erkennen. Für diese Forschungsarbeiten bauen sie eine globale Beobachtungs-Infrastruktur auf und erkunden das Erdinnere. Erdnahe Satelliten, flugzeuggestützte Aufzeichnungssysteme, ein erdumspannendes Netzwerk geophysikalischer und geodätischer Stationen, mobile Instrumentenpools sowie die analytische und experimentelle Infrastruktur der beteiligten Forschungszentren sind zu einem Beobachtungssystem zusammengefasst, das wiederum in nationale und internationale Kooperationen eingebunden ist. Schwerpunkte des Programms sind neben der Erforschung des Magnet- und Schwerfelds der Erde die natürlichen Ressourcen und Stoffkreisläufe, die Klimavariabilität und der menschliche Lebensraum aber auch Präventions- und Vorsorgestrategien bei Naturkatastrophen sowie die Nutzung des unterirdischen Raums, zum Beispiel zur Speicherung von Kohlendioxid.

Das Programm Atmosphäre und Klima

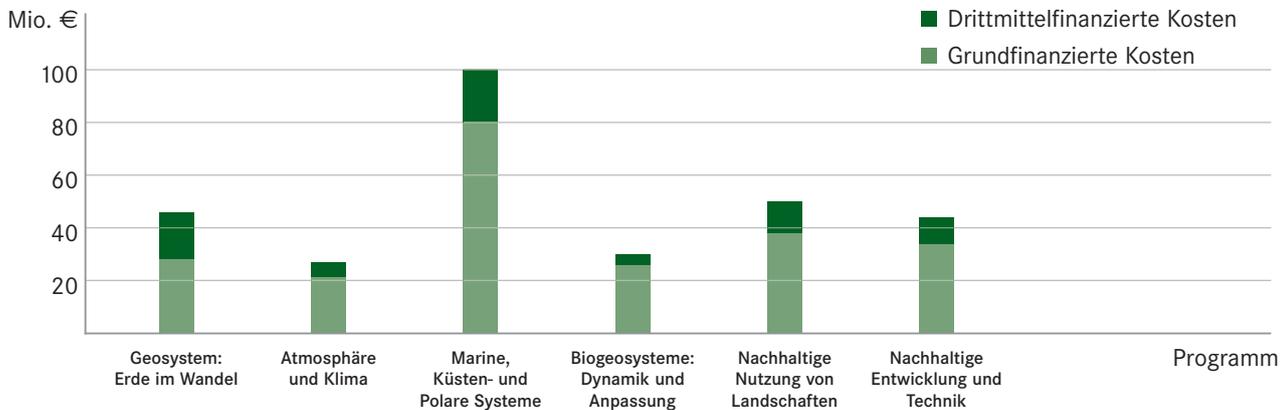
Die Atmosphäre bestimmt wesentlich die Umweltbedingungen auf der Erde. Die Forschung in diesem Programm analysiert Zustand und Veränderungen der Atmosphäre sowie die komplexen Wechselwirkungen innerhalb der Atmosphäre selber und mit angrenzenden Bereichen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen auch, wie menschliche Aktivitäten die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und damit das Klima

beeinflussen. Um globale und regionale Klimaänderungen vorherzusagen zu können, analysieren die beteiligten Wissenschaftler nicht nur chemische und mikrophysikalische Prozesse, sondern auch Rückkopplungsmechanismen. Derzeit werden groß angelegte Experimente wie etwa eine internationale Messkampagne zur Atmosphärenforschung durchgeführt. Erdbeobachtungssatelliten wie der ENVISAT liefern aufschlussreiches Datenmaterial. Mit diesen Aktivitäten leistet das Programm Atmosphäre und Klima Beiträge zu den Themen „Klimavariabilität und Klimaänderung“ sowie „Wasser – Kreislauf und Verfügbarkeit“.

Das Programm Marine, Küsten- und Polare Systeme

Die biologische und geologische Beschaffenheit der globalen marinen Systeme und der Küstenregionen sind Gegenstand dieses Programms. Ein Akzent liegt auf der Erforschung der Polarregionen. Für das globale Klima sind Prozesse und Interaktionen in diesen Systemen besonders entscheidend. Die Forschungsanstrengungen konzentrieren sich auf akute Veränderungen in Schlüsselregionen wie den Permafrostgebieten und auf globale Veränderungen, die sich aus natürlichen Archiven wie dem Meeresboden oder dem Eis der Pole ablesen lassen. Hauptziel ist es, ein Modell-System aufzubauen, mit dessen Hilfe Entwicklungen prognostiziert werden können. In diesem Modell soll der Einfluss der Kryosphäre, der Ozeane und der marinen Bio- und Geo-Chemosphäre auf das Klima sowie die Biodiversität und der Fluss von Energie und Materie in unterschiedlichen Raum- und Zeitskalen gleichzeitig dargestellt werden. Auf der Grundlage dieses Modell-Systems können dann Szenarien für das Management und die nachhaltige Nutzung der marinen Umwelt und insbesondere der Küstenregionen entwickelt werden.

Gesamtkosten des Forschungsbereichs Erde und Umwelt



Das Programm Biogeosysteme: Dynamik und Anpassung

In diesem Programm wird erforscht, wie Biogeosysteme (zum Beispiel landwirtschaftlich genutzte Regionen, aber auch Wälder) auf menschliche Eingriffe und Umweltveränderungen reagieren. Dafür untersuchen die Forscherinnen und Forscher elementare Komponenten wie Boden, Mikroorganismen, Pflanzen und Grundwasser und ihre Wechselwirkung. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler identifizieren durch ihre Arbeit die kritischen Faktoren und analysieren Reaktionsmechanismen und -muster. Dies ermöglicht es, negative Entwicklungen in Biogeosystemen frühzeitig zu erkennen und Verfahren zum Gegensteuern zu entwickeln. Aufgabe dieses Forschungsprogramms ist es, einen Beitrag zum Schutz und zur nachhaltigen Nutzung von Biogeosystemen zu leisten.

Das Programm Nachhaltige Nutzung von Landschaften

Viele Landschaften sind durch menschliche Nutzung geprägt. Die Aufgabe dieses Forschungsprogramms ist es, diesen Einfluss und seine Konsequenzen zu untersuchen. Die untersuchten Gebiete sind dabei sehr verschieden: Sie umfassen urbane, dicht besiedelte und intensiv genutzte Räume, kontaminierte ehemalige Tagebaugelände genauso wie nur extensiv genutzte naturnahe Räume. Daraus ergibt sich ein breites Spektrum an Forschungsfragen, das von der Grundlagenforschung zu Biodiversität und ökologischer Stabilität bis hin zu Fragen des Ressourcenmanagements, hier insbesondere des Wasserkreislaufs und der Wasseraufbereitung, reicht. Außerdem werden die Konsequenzen des Klimawandels für die Landnutzung ausgelotet. In die Untersuchungen fließen sozioökonomische und rechtswissenschaftliche Fragestellungen mit ein.

Das Programm Nachhaltige Entwicklung und Technik

Die großen Herausforderungen der Umweltforschung wie „Nachhaltige Nutzung von Ressourcen“, „Wasser – Verfügbarkeit und Dynamik“ und „Soziopolitische Dimension des globalen Wandels“ sind nur durch neue Technologien zu meistern. In diesem Forschungsprogramm werden Technologien entwickelt, die die anthropogenen Stoffströme wie Wasser, Kohlenstoff, Abfälle und Baustoffe handhabbar machen, Ressourcen einsparen, Emissionen reduzieren und die Regeneration natürlicher Ressourcen erlauben. Durch die Verbindung von sozioökonomischer Systemforschung mit Technikfolgenabschätzung auf diesem Gebiet und durch die Zusammenarbeit mit anderen Forschungsbereichen und Programmen ist es möglich, integrierte Strategien für eine nachhaltige Entwicklung anzubieten. Das Programm Nachhaltige Entwicklung und Technik bündelt die konzeptionellen und systemanalytischen Arbeiten der Helmholtz-Gemeinschaft, damit aus dem Leitbild der Nachhaltigen Entwicklung eine Handlungsgrundlage für alle relevanten Akteure erwächst.

FORSCHUNGS- BEREICH GESUNDHEIT



PROF. DR. OTMAR D. WIESTLER
Vizepräsident für den Forschungs-
bereich Gesundheit, Deutsches
Krebsforschungszentrum

„Um in der Behandlung der großen Volkskrankheiten ein gutes Stück voranzukommen, müssen wir konsequent das Ziel verfolgen, die Ergebnisse unserer exzellenten Grundlagenforschung in die klinische Anwendung zu bringen.“

DIE AUFGABE

Die Gesundheitsforschung steht vor großen Herausforderungen. Trotz des enormen wissenschaftlichen Fortschritts ist nur ein Drittel der Erkrankungen des Menschen an der Ursache ansetzend behandelbar und damit heilbar. Der Forschungsbereich Gesundheit will deshalb die Ursachen komplexer Krankheiten verstehen und neue Strategien für Prävention, Diagnose und Therapie entwickeln. Darüber hinaus berücksichtigt er bei seiner Prioritätensetzung, dass sich angesichts veränderter Lebensgewohnheiten und einer alternden Bevölkerung das Spektrum der Krankheiten verschiebt.

Im Zentrum des Forschungsinteresses stehen besonders häufig auftretende und schwere Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs. Der effektive Transfer von Ergebnissen der Grundlagenforschung, vor allem durch die engere Verzahnung von Forschung und Klinik, bleibt ein wichtiges programmübergreifendes Ziel in der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Forschungsergebnisse sollen zusammen mit Kliniken und Partnern aus der Industrie bis zur Anwendung gebracht werden. Dazu wurde letzten November zusammen mit der Charité das „Berlin-Brandenburg Center for Regenerative Therapies“ (BCRT) ins Leben gerufen. Das neue Zentrum vereint 23 Einrichtungen, darunter aus der Helmholtz Gemeinschaft das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin und das GKSS-Forschungszentrum. Ärzte und Wissenschaftler aus der Grundlagenforschung arbeiten gemeinsam an Methoden, mit denen regenerative Fähigkeiten des Körpers stimuliert und genutzt werden. Dazu dienen unter anderem die Therapie mit gezüchteten Gewebe- und Zellverbänden, zum Beispiel mit Immunzellen sowie die Stammzell- und Biomaterialforschung. Zelluläre Therapien werden bereits jetzt bei großen Knorpelschäden, schweren Virus- und Krebserkrankungen erfolgreich eingesetzt. Als zukünftige Anwendungsgebiete gelten beispielsweise Herzinsuffizienz, Leberversagen und Hirnschlag, aber auch Knochendefekte und Immunerkrankungen.

Das Deutsche Krebsforschungszentrum baut mit Unterstützung der Deutschen Krebshilfe und in Zusammenarbeit mit dem Heidelberger Universitätsklinikum und der Thoraxklinik das „Nationale Centrum für Tumorerkrankungen“ in Heidelberg auf. In diesem Translationszentrum arbeiten Grundlagenforscher und Kliniker Hand in Hand. Das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit plant gemeinsam mit der Ludwig-Maximilians-Universität und einem Klinikbetreiber ein Translationszentrum, das sich pneumologischen Erkrankungen widmen wird. Als Helmholtz-Zentrum wird die GSF die Expertise ihrer einzigartigen Verbindung von Umwelt- und Gesundheitsforschung einbringen. Ein Zentrum für die Verbindung von Grundlagenforschung und klinischer Anwendung ist ferner am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung gemeinsam mit der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) im Aufbau, um neue Impfstoffe zu entwickeln.

DIE PROGRAMMSTRUKTUR

Im Forschungsbereich Gesundheit kooperieren zehn Helmholtz-Zentren. Dazu gehören das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, das Deutsche Krebsforschungszentrum, das Forschungszentrum Jülich, das Forschungszentrum Karlsruhe, das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, die Gesellschaft für Schwerionenforschung, das Hahn-Meitner-Institut Berlin und das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin Berlin-Buch sowie das Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen in sechs Programmen:

- **Krebsforschung**
- **Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen**
- **Funktion und Dysfunktion des Nervensystems**
- **Infektion und Immunität**
- **Umweltbedingte Störungen der Gesundheit**
- **Vergleichende Genomforschung für Mensch und Gesundheit**
- **Weiterhin im Aufbau: Regenerative Medizin**



ANA MARTIN-VILLALBA HAT SCHON ZAHLREICHE AUSZEICHNUNGEN FÜR IHRE WEGWEISENDE ARBEIT AN NERVENZELLEN ERHALTEN. Foto: de Andres/Helmholtz

PROJEKTE

Deutsches Krebsforschungszentrum

DIE SELBSTHEILENDE AUTOBAHN

Wunden heilen, unterbrochene Nervenstränge aber nicht. Dieses Dogma gilt nicht mehr, seit Neuromediziner molekulare Bremsen für die Nervenregeneration gefunden und gelockert haben.

Eine Autobahn, die das Hirn mit dem Körper verbindet – so umschreibt Dr. Ana Martin-Villalba (35), Neuromedizinerin am Deutschen Krebsforschungszentrum, das Rückenmark. Das Bild passt. Denn so wenig die Unterbrechung einer Autobahn irgendwann von selbst verheilt, so unwahrscheinlich erschien Neurobiologen noch bis vor kurzem die Regeneration einer Rückenmarksverletzung. Doch vor drei Jahren hat Martin-Villalba es geschafft, dass die Autobahnenden wie von Zauberhand wieder aufeinander zuwachsen, wenn auch nur beim Versuchstier Maus: Die durchtrennten Rückenmarksnerven von Versuchsmäusen wuchsen sogar so gut zusammen, dass die querschnittsgelähmten Tiere wieder laufen und sogar schwimmen konnten.

Der Trick der gebürtigen Spanierin war, einen Vorgang zu stoppen, der bei einer Verletzung an sich gute Arbeit leistet. Denn nach einer Rückenmarksverletzung liegen jede Menge „Trümmer“ herum: kaputte Zellen, Narbengewebe und viele Hemm- und Signalstoffe, die aufräumen, indem sie die aus der Ordnung gerissenen Zellen in den Selbstmord treiben. CD95-L ist in der Putzkolonne offenbar besonders tüchtig. Das Signalmolekül lässt auch Nervenzellen absterben und verhindert die

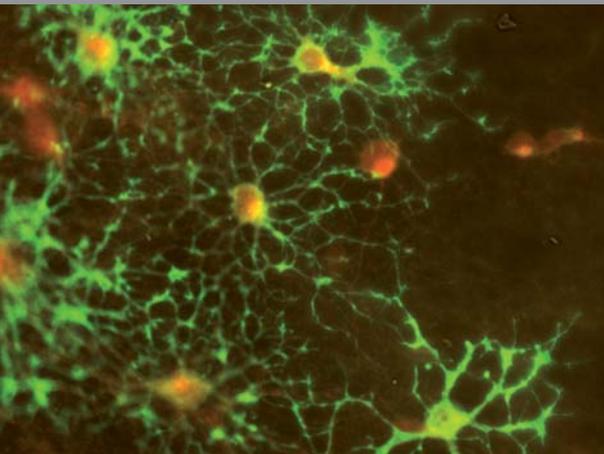
Regeneration. Sobald sich CD95-L an die Oberfläche der Zelle setzt, löst sich das Erbgut im Inneren auf – die Zelle stirbt, und das gilt leider auch für die Nervenzellen.

Der Gedanke lag auf der Hand, dass es einen positiven Effekt auf die Regenerationsfähigkeit der Nervenzellen haben könne, wenn CD95-L abgefangen wird. Und tatsächlich liefen Martin-Villalbas Mäuse nach vier Wochen Behandlung mit einem Antikörper gegen den CD95-Liganden wieder.

Ein Heureka-Erlebnis, wie es nicht jedem Forscher vergönnt ist. „Aber ein solcher Moment ist immer kurz, danach beginnt die richtige Arbeit erst“, sagt sie. Inzwischen denkt Martin-Villalba schon weit über CD95-L hinaus. Denn die

Die Hemmung eines Signalstoffs ist nicht genug, es ist schon ein ganzer Cocktail an Stoffen nötig, damit Nervenzellen wieder wachsen können.

Hemmung dieses einen Signalstoffs ist nicht genug, um querschnittsgelähmte Menschen zu heilen, soviel steht fest: Chondroitinase beispielsweise ist nötig, um das Narbengewebe wieder durchlässig zu machen, so dass Nervenzellen hindurch wachsen können. Nogo/Ng-R66 blockiert die Hemmstoffe, die aus zerstörten Nervenfasern freigesetzt werden. Und Nanomaterialien könnten eine Art Fundament schaffen, auf dem der nachwachsende Nervenzell-Highway Halt findet. Und dann sind da noch Wirkstoffe, die die Entzündungsreaktion regulieren, oder die Regenerationsfähigkeit der Nervenzellen ankurbeln, wie cAMP oder ROK-Hemmstoffe. Am Ende könne das bedeuten, dass dem Patienten eine Art Cocktail dieser Stoffe verabreicht wird, sagt Martin-Villalba.



OLIGODENDROZYTEN, HIER IN FLUORESCENZFÄRBUNG SICHTBAR GEMACHT, UMGEBEN DIE NERVENZELLEN IM RÜCKENMARK MIT EINER SCHUTZHÜLLE. Foto: Martin-Villalba/DKFZ



DREIDIMENSIONALE DARSTELLUNG DER BLUTGEFÄSSE EINER SCHWEINENIERE MIT HILFE EINER KONTRASTVERSTÄRKTEN COMPUTERTOMOGRAFIE. Foto: Kießling/DKFZ/Hallscheid/Universität Heidelberg

„Allerdings müssen wir zuvor noch viel mehr über die Pathophysiologie von Rückenmarksverletzungen und das Zusammenspiel der diversen Komponenten lernen.“

Martin-Villalba ist sich bewusst, wie genau ihre Arbeit von Patienten mit Querschnittslähmung, Schlaganfall oder auch Hirntumoren beobachtet wird. Und immer wieder bekommt sie Post, in der nach Hilfe gefragt wird. „Das ist ein sehr schwieriger Aspekt meiner Arbeit, denn diese Anfragen machen einem ständig

„Noch immer sind wir weit davon entfernt, Patienten wirklich helfen zu können, denn noch ist das reine Grundlagenforschung.“

klar, wie weit man noch immer davon entfernt ist, all diesen Patienten tatsächlich helfen zu können“, seufzt Martin-Villalba. „Ich wünschte mir, ich könnte wirkliche Optionen für eine Behandlung eröffnen. Aber im Moment sind wir noch immer auf dem Level der Grundlagenforschung.“ Dennoch engagiert sich die Medizinerin im Beraterstab der Apogenix GmbH, einer Biotech-Firma, die die CD95-Forschungen bis zur therapeutischen Anwendung weiterentwickeln will. „Ich hoffe, eines Tages wird es soweit sein...“

SASCHA KARBERG

Deutsches Krebsforschungszentrum

KREBS HOCHAUFGELÖST

Mehr zu wissen, heißt, besser heilen zu können. Dazu trägt auch die Arbeit von Dr. Fabian Kießling bei, der in der Abteilung für Medizinische Physik im Deutschen Krebsforschungszentrum Methoden der molekularen Bildgebung erforscht und weiterentwickelt. Der 34-jährige Mediziner hat die Computertomographie so verbessert, dass Ärzte im Tumor sogar noch haarfeine Blutgefäße erkennen können, die dünner als ein Zehntel eines Millimeters sind. Damit können Mediziner jetzt genau kontrollieren, ob Behandlungen wirken, die einen Tumor von der Versorgung über den Blutkreislauf abschneiden sollen. Solch hochaufgelöste Bilder ermöglichen, „schnell zu reagieren und die Therapie anzupassen, wenn nötig“, sagt Kießling. Aber auch die Krebsforscher des DKFZ können so präziser studieren, wie sich ein Tumor entwickelt und mit dem Blutkreislauf Kontakt aufnimmt.

Um noch bessere Bilder zu bekommen, optimiert Kießling nicht nur Techniken wie die Magnetresonanztomographie, den Ultraschall oder die Computertomographie, sondern auch die Kontrastmittel, die die Gewebe sichtbar machen und dem Patienten gespritzt werden – in Zusammenarbeit mit Firmen wie Siemens, Merck, Pfizer, Bayer-Schering, Ferrofarm oder Bracco. skar



FRANK ROSENBAUER (STEHEND) UNTERSUCHT, WELCHE ROLLE GENETISCHE SCHALTER BEI DER ENTSTEHUNG VON BLUTKREBS SPIELEN. Foto: Ausserhofer/Helmholtz

Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin Berlin-Buch

MIT GENFORSCHUNG DEM BLUTKREBS AUF DER SPUR

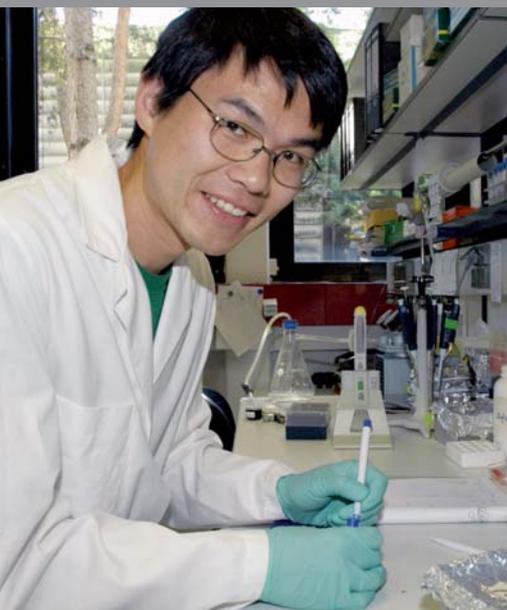
Nach acht bis zwölf Tagen ist für die meisten weißen Blutzellen Schluss. Dann haben sie ihre Aufgaben erfüllt und werden abgebaut. Auch die roten Blutzellen und die Blutplättchen haben eine begrenzte Lebensdauer. Die Blutstammzellen im Knochenmark müssen deshalb immer neue Vorläuferzellen produzieren, aus denen sich die verschiedenen Blutzelllinien entwickeln. Gerät die Zellproduktion aus dem Lot, wachsen die unreifen Zellen unkontrolliert weiter und es entsteht Blutkrebs. Dr. Frank Rosenbauer möchte wissen, wie die Blutzellentwicklung in den Genen gesteuert wird und weshalb diese Steuerungsprogramme entgleisen können.

Ziel ist, die unreifen Krebszellen umzudrehen, so dass sie aufhören, unkontrolliert zu wachsen.

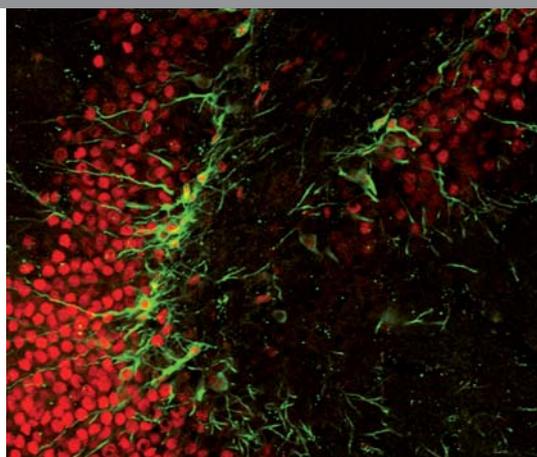
„Bisher kennt die Forschung rund 20 Genschalter, die die Entwicklung der verschiedenen Blutzellen regulieren“, erklärt der junge Biologe. Vor einiger Zeit war es ihm schon gelungen, einen Hauptschalter für den Genregulator PU.1 nachzuweisen. Dabei zeigte er, dass der Superschalter URE den Genschalter PU.1 nicht einfach an- oder abschaltet, sondern sehr fein steuert. Dadurch entwickeln sich je nach Bedarf aus bestimmten Vorläuferzellen die zwei großen Blutzelllinien der B- und der T-Zellen. Fehlt URE, entsteht dagegen Blutkrebs. Das ist möglicherweise auch der Fall bei dem Gen IRF8. Es löst bei gesunden Menschen ein Schutzprogramm der Zelle aus, das defekte Zellen in den

Selbstmord treibt. Bei 80 Prozent der Patienten mit akuter oder chronischer Leukämie ist dieses Gen dereguliert. Weshalb, ist noch unklar. Rosenbauer und seine Mitarbeiter wollen herausfinden, wie das Gen wieder angeschaltet werden kann, um das Schutzprogramm der Zelle zu reaktivieren. Auswirkungen auf die Erneuerung und Reifung der Blutzellen hat auch die „DNA-Methylierung“, bei der die Erbsubstanz DNA durch die Anlagerung von Methylgruppen modifiziert wird. „Derzeit ein heißes Thema in der Stammzellforschung“, sagt Rosenbauer. Mit Hilfe von Mäusen untersucht er, welche Rolle dieser chemische Vorgang bei der Entstehung von Krebsstammzellen spielt. Denn bei einigen Erkrankungen des blutbildenden Systems werden Abschnitte der DNA durch die Methylgruppen „stumm“ geschaltet. „Es gibt jedoch Reagenzien, die diese DNA-Methylierung aufheben, und bereits an Krebspatienten getestet werden. Ziel ist, die unreifen Krebszellen umzudrehen, so dass sie reifen und aufhören, unkontrolliert zu wachsen.“ Auch wie die Entwicklung der verschiedenen Blutzelllinien aus Blutstammzellen genau gesteuert wird, will Frank Rosenbauer aufklären. „Blutstammzellen produzieren von sich aus zunächst Makrophagen“, erläutert er. Makrophagen sind Abwehrzellen, die Erreger zerkleinern – daher auch ihr Name Fresszellen. „Um aber B- oder T-Zellen zu erhalten, müssen erst einmal die Gene abgeschaltet werden, die die Stammzellen dazu bringen, Makrophagen zu machen. Erst dann schalten sich die Gene an, die dafür sorgen, dass Blutstammzellen sich zu B- und T-Zellen entwickeln. Wir wollen wissen, ob die Gene bereits in den Stammzellen abgeschaltet werden oder erst in den Vorläuferzellen.“ Dahinter steckt die Hypothese, wonach Krebs bereits in den Stammzellen angelegt ist. Sollte sich dies bewahrheiten, könnte dies auch Folgen für die Therapie haben.

BARBARA BACHTLER



DIETER CHICHUNG LIE ARBEITET MIT STAMMZELLEN DER MAUS, UM KRANKHEITSBILDER WIE PARKINSON BESSER ZU VERSTEHEN. Foto: GSF



DIE ZELLBILDUNG IM MÄUSEHIRN LÄSST SICH BEOBACHTEN: NEU GEBILDETE NERVENZELLEN IM HIPPOKAMPUS DER MAUS SIND GRÜN EINGEFÄRBT. Foto: Lie/GSF

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

SIGNALE ZUR ERNEUERUNG

Es beginnt unmerklich, zunächst mit unspezifischen Anzeichen. Viele Betroffene haben Stimmungstiefs und ziehen sich von Freunden zurück. Wenn später ihre körperliche Beweglichkeit beeinträchtigt wird, was sich etwa an der Handschrift zeigen kann, deutet das auf die Parkinsonsche Krankheit hin. Die Symptome treten auf, weil bestimmte Nervenzellen im Gehirn absterben. Diese Zellen produzieren den Botenstoff Dopamin, der unter anderem für die Bewegungssteuerung zuständig ist. Bei den ersten spürbaren Anzeichen der Krankheit sind meist bereits 50 bis 60 Prozent dieser Zellen abgestorben. Und der Verlust schreitet fort, sodass die Patienten in ihrer Beweglichkeit immer stärker beeinträchtigt werden.

Unser langfristiges Ziel ist es, Stammzellen im Gehirn so zu beeinflussen, dass sie die Dopamin-produzierenden Zellen ersetzen.

„Unser langfristiges Ziel ist es, Stammzellen im Gehirn so zu beeinflussen, dass sie die Dopamin-produzierenden Zellen ersetzen“, sagt Dr. Dieter Chichung Lie vom Münchner GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit. Die Arbeitsgruppe des Neurowissenschaftlers konnte bereits zeigen, dass es in dem betroffenen Teil des Gehirns, der so genannten Substantia nigra, Stammzellen gibt. Diese Zellen können sich auch bei Erwachsenen noch teilen und zu verschiedenen Nervenzelltypen entwickeln. Bis in die 1990er Jahre hatte man dagegen angenommen, dass das nur beim Ungeborenen und kurz nach der Geburt möglich ist.

Die von Lies Gruppe nachgewiesenen Stammzellen bilden jedoch nur bestimmte Typen von Nervenzellen. Den Dopamin-Mangel in der betroffenen Hirnregion können diese Zellen nicht ausgleichen. In Versuchen mit Stammzell-Kulturen ist es den Forschern gelungen, ihre Entwicklung so zu beeinflussen, dass die Zellen zumindest Eigenschaften Dopamin-produzierender Zellen zeigten: In den Zellkernen wurden einige der dafür benötigten Gene aktiv.

Lies Hauptinteresse gilt der Frage, auf welche Signale hin Stammzellen im Gehirn neue Nervenzellen bilden oder weiterhin in ihrem Ruhezustand bleiben. Mit seiner Nachwuchsgruppe untersucht er, welche Rolle bestimmte Proteine, genannt „Wnt“, dabei spielen. Ihre bisherigen Ergebnisse lassen die Forscher vermuten, dass die Wnt-Proteine Stammzellen sowohl im Ruhezustand halten als auch das Signal zur Reifung geben. Entscheidend ist wahrscheinlich, in welchem Stadium eine Stammzelle das Wnt-Signal erhält.

Im Organismus müssen die Signale für Ruhezustand oder Reifung genau abgestimmt werden. Entwickeln sich zu wenige Nervenzellen, etwa im so genannten Hippokampus, kann sich das negativ auf Lern- und Gedächtnisleistungen auswirken. Entwickeln sich jedoch zu viele der Stammzellen, werden die Reserven zu schnell erschöpft. Zudem könnten bei zu starker Teilungsaktivität auch Tumoren entstehen.

Auch bei der Behandlung von Krankheiten wie Parkinson oder Alzheimer, die mit dem Verlust von Hirnzellen zusammenhängen, muss das Gleichgewicht zwischen Ruhezustand und Reifung gewahrt werden. Gelänge es, die vorhandenen Stammzellen dazu zu bringen, die geschädigten Nervenzellen zu ersetzen, wäre das ein Ausgangspunkt für eine neue Therapie gegen diese bislang unheilbaren Krankheiten.

PATRICK EICKEMEIER



MIT DETEKTIVISCHEM SPÜRSINN HAT DIRK MENCHE DEN SYNTHESWEG FÜR EIN WIRKSAMES, NATÜRLICHES ANTIBIOTIKUM IM LABOR NACHVOLLZOGEN. Foto: HZI

Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

DIE CHEMISCHE KEULE GEGEN RESISTENTE BAKTERIEN

Mit Hilfe von Antibiotika können Ärzte viele der uralten Infektionskrankheiten des Menschen behandeln. Doch die Bakterien sind gegen die alten Waffen resistent geworden. Forscher am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung in Braunschweig entwickeln jetzt neue.

Etwa drei Millionen Menschen infizieren sich in Europa jährlich mit resistenten Keimen, gegen die herkömmliche Antibiotika wie Penicillin machtlos sind. Rund 50.000 dieser Patienten sterben daran. Schuld ist vielfach der sorglose Umgang mit Antibiotika. In Ländern wie Italien sind Antibiotika frei in der Apotheke erhältlich. Die Erreger stehen deshalb ständig unter Selektionsdruck. Wenn die Patienten dann aus Unwissenheit die Packung nicht wie vorgeschrieben bis zur letzten Pille nehmen, dann steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sich resistente Keime bilden und sich verbreiten können. In Italien sind infolgedessen fast die Hälfte der untersuchten Infektionen mit *Streptococcus pneumoniae* nicht mehr mit Penicillin behandelbar. Und auch in Deutschland sind es schon sechs Prozent.

In den nächsten Jahren werden Ärzte immer öfter hilflos an den Krankenbetten stehen, wenn nicht rasch neue Antibiotika entwickelt werden – wie zum Beispiel Archazolid. Dr. Dirk Menche vom Helmholtzzentrum für Infektionsforschung in Braunschweig hat die Substanz aus dem Myxobakterium *Archangium gephyra* nun auf den Weg zur Anwendung gebracht,

denn der Nachwuchsgruppenleiter konnte das Antibiotikum im Labor nachbauen. „Bisher ist dies der erste und einzige Syntheseweg“, sagt der Chemiker stolz, der lange nicht wusste, ob der Synthese-Ansatz wirklich so gelingen würde. Denn das komplizierte Molekül besteht aus einem vielfach ungesättigten Polyketid-Macrolacton, einer Thiazol-Seitenkette und acht Stereozentren – acht halben Ringen mit Anhänger. Die Synthese ist vor allem deshalb wichtig, weil damit nun auch die dreidimensionale Form des Archazolid bekannt ist.

Für eine industrielle Produktion ist der Syntheseweg zwar noch zu lang, trotzdem gab es bereits erste informelle Anfragen.

Das ist eine Voraussetzung, um diesen Antibiotika-Typ weiter zu entwickeln und den Wirkmechanismus besser zu verstehen. Menche untersucht dabei, wie die Form des Moleküls dessen Funktion beeinflusst. Deshalb verbindet er Strukturanalysemethoden wie die Kernresonanzspektroskopie (NMR) mit chemischen Analyse- und Syntheseverfahren.

Für eine industrielle Produktion sei der Syntheseweg zwar noch zu lang, „trotzdem gab es bereits erste informelle Anfragen aus der pharmazeutischen Industrie“, sagt Menche. Denn Archazolid ist einer der „potentesten und selektivsten“ Hemmstoffe bestimmter Transportproteine, der so genannten V-ATPasen. Diese versorgen normalerweise die unterschiedlichsten Transportprozesse durch die Zellmembranen mit Energie. Funktionieren sie nicht richtig, dann können Krankheiten wie Knochenschwund, Nieren-Übersäuerung und sogar Krebs die Folge sein. Weil Archazolide die V-ATPasen hemmen, können schon geringe Konzentrationen Wachstum und Teilung einer ganzen Reihe



EINE ELEKTRONENMIKROSKOPISCHE AUFNAHME EINER STREPTOKOKKEN-KULTUR, DIE HÄUFIG MULTIPLE RESISTENZEN ENTWICKELT. Foto: HZI



IGOR TETKO LÄSST COMPUTER BERECHNEN, WIE SICH WIRKSTOFFE IM KÖRPER VERHALTEN. Foto: GSF

von Zelltypen behindern. Menches Arbeitsgruppe arbeitet nun an vereinfachten, aber ebenso potenten Archazolid-Varianten. „Ein Teil einer Seitenkette des Moleküls ist für die biologische Funktion nicht notwendig und kann weggelassen werden“, berichtet er.

Aufgrund unserer Erfahrungen mit Archazolid konnten wir bereits erste Etnangien-Varianten entwickeln und haben eine besonders viel versprechende Verbindung schon zum Patent angemeldet.

Praktischerweise lässt sich Menches mühsam erarbeiteter Syntheseweg auch für andere Antibiotika nutzen. Dazu gehört beispielsweise Etnangien, das die bakterielle RNA-Polymerase hemmt, welche für die Mikroben lebenswichtig ist. Zwar gibt es bereits ein Medikament, das diese RNA-Polymerase angreift, doch gegen diesen Wirkstoff haben die Bakterien vielfach Resistenzen entwickelt – nicht jedoch gegen Etnangien, sagt Menche: „Aufgrund unserer Erfahrungen mit Archazolid konnten wir bereits erste vereinfachte und stabilere Etnangien-Varianten entwickeln und haben eine besonders viel versprechende Verbindung schon zum Patent angemeldet.“

SASCHA KARBERG

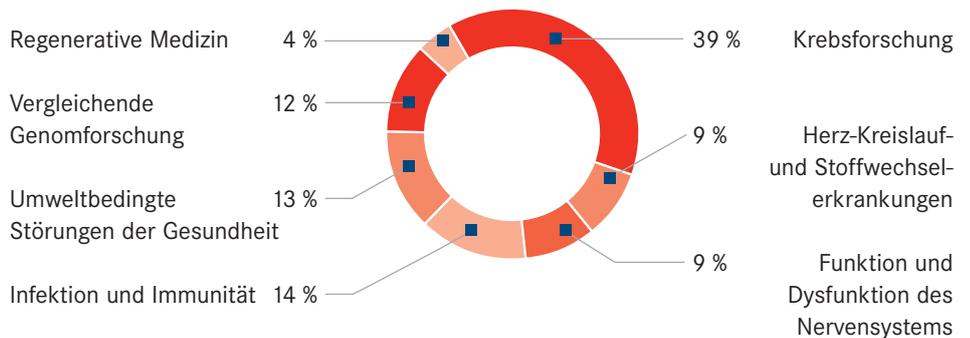
GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

PILLEN AUF PROBE

Für die Suche nach neuen Wirkstoffen geben Arzneimittelhersteller heute rund doppelt so viel Geld aus, wie noch vor zehn Jahren. Es werden pro Jahr aber nicht viel mehr Medikamente zugelassen. Häufig scheitern Wirkstoff-Kandidaten in den teuren klinischen Studien. Um solche Fehlschläge zu vermeiden, versuchen die Unternehmen unter der riesigen Schar möglicher Wirkstoffe die aussichtsreichsten Kandidaten schon vorab auszuwählen. Doch wie kann man sie finden? Experimentell können die bis zu 10^{24} verschiedenen Moleküle (das sind Billionen mal Billionen Moleküle) natürlich nicht überprüft werden. „Aber mit Computerhilfe“, sagt Dr. Igor Tetko vom GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in München. Der Bioinformatiker entwickelt Programme, die bestimmte chemische und biologische Eigenschaften eines Moleküls anhand seines Bauplans berechnen. Mit Hilfe dieser Modelle kann abgeschätzt werden, ob eine Substanz im Körper aufgenommen und verteilt wird und ob sie möglicherweise giftig ist. Den Arzneimittelherstellern kann das bei der Erprobung neuer Wirkstoffe unangenehme Überraschungen ersparen. pei

Die Struktur des Forschungsbereichs Gesundheit Grundfinanzierte Kosten 2006: 203 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Gesundheit 84 Millionen Euro.
Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 287 Millionen Euro zur Verfügung.



DIE PROGRAMME

Das Programm Krebsforschung

Bei Krebs handelt es sich um eine besonders schwere und komplexe Erkrankung mit einem oft langwierigen Verlauf, verbunden mit ernststen psychosozialen Folgen für Patienten und Angehörige. In Deutschland erkranken jährlich etwa 425.000 Menschen an Krebs, mehr als die Hälfte stirbt in der Folge der Erkrankung. Die Behandlung von Krebs verursacht zudem hohe finanzielle Kosten. Ziel der Forschung ist es, Krebsverhütung, Früherkennung, Diagnostik und Therapie signifikant zu verbessern. Dazu analysieren Forscherinnen und Forscher die Signalketten von Tumorzellen, ergründen die genetischen Grundlagen der Erkrankung und identifizieren die Risikofaktoren, die zu einer Krebserkrankung führen. Ein Schwerpunkt des Programms ist die Entwicklung und die Anwendung innovativer diagnostischer und therapeutischer Verfahren auf der Grundlage molekularer, zellbiologischer, immunologischer und radio-physikalischer Methoden. Die Klärung der Rolle des Immunsystems bei der Krebserkrankung und die Erforschung krebsrelevanter Viren sind weitere Forschungsschwerpunkte.

Das Programm Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen

Die häufigste Todesursache in den westlichen Industrieländern sind kardiovaskuläre Erkrankungen. Wesentliche Risikofaktoren sind Bluthochdruck, Diabetes und Übergewicht. Diese Leiden zählen zu den bedeutendsten Volkskrankheiten und verursachen immense Kosten für das Gesundheitswesen. Um ihre Verbreitung langfristig einzudämmen, erforschen die Wissenschaftler die Ursachen für Gefäßerkrankungen und Bluthochdruck, für Erkrankungen des Herzens und der Niere sowie von Stoffwechselerkrankungen wie Diabetes und Adipositas. Darüber hinaus entwickeln sie neue Formen der Prävention,

Diagnose und Behandlung. Dabei stützen sich die Forscherinnen und Forscher auf verschiedene methodische Ansätze, die auf der Genetik, der Genomik und Bioinformatik, der Zellbiologie oder Epidemiologie beruhen.

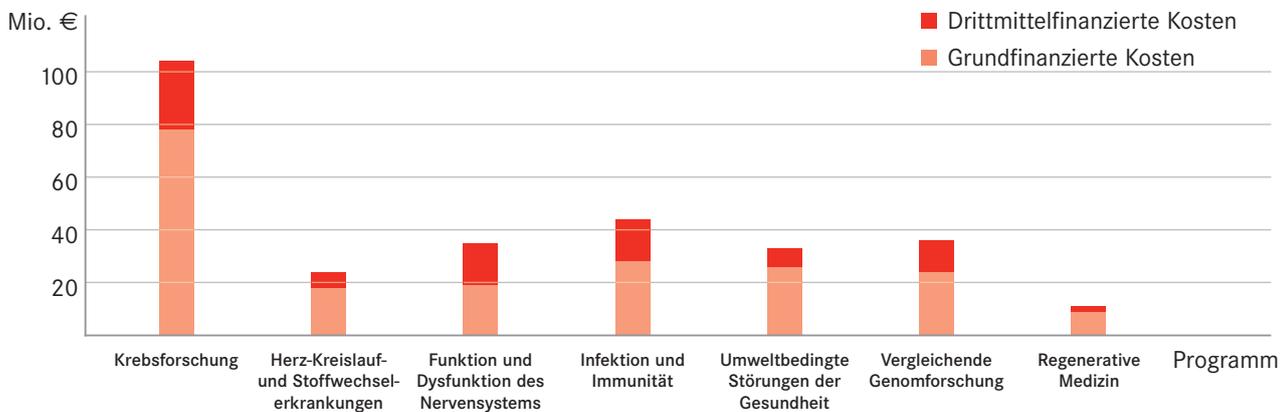
Das Programm Funktion und Dysfunktion des Nervensystems

Mit der steigenden Lebenserwartung der Menschen gewinnen neurologische, aber auch psychiatrische Erkrankungen an Bedeutung. Die neurowissenschaftliche Forschung der Helmholtz-Gemeinschaft trägt durch Grundlagenforschung dazu bei, das Wissen über die Ursachen dieser Krankheiten zu vertiefen. Im Zentrum der Forschung stehen degenerative Erkrankungen der Motorik wie Parkinson, der Netzhaut sowie des gesamten Gehirns wie Alzheimer, Epilepsie, aber auch die Schädigung der kognitiven Leistungen nach Schlaganfällen und bei Hirntumoren. Um die relevanten Mechanismen zu analysieren, ist es notwendig, einzelne signalübertragende Moleküle und Zellen gezielt unter die Lupe zu nehmen oder sogar das neurale System als Ganzes zu betrachten. Die Wissenschaftler nutzen dazu Großgeräte zur Analyse normaler und pathologisch veränderter Mechanismen im lebenden menschlichen Gehirn und setzen auf modernste Verfahren der Genomforschung und Zellbiologie.

Das Programm Infektion und Immunität

Mehr als 17 Millionen Menschen sterben jedes Jahr weltweit an Infektionskrankheiten – das ist ein Drittel aller Todesfälle. Angesichts der wachsenden Bedrohung durch Infektionskrankheiten ist es Ziel der Forschung, die grundsätzlichen Mechanismen von Infektion und Immunität zu verstehen. Die Forscherinnen und Forscher untersuchen die Ursachen der Pathogenität

Gesamtkosten des Forschungsbereichs Gesundheit



von Erregern und analysieren die Entstehung von Immunität, um zu einem besseren Verständnis der molekularen und zellulären Vorgänge eines Infektionsprozesses zu gelangen. Parallel dazu analysieren sie die grundlegenden Mechanismen, mit denen Wirte Infektionen abwehren oder kontrollieren. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse ist es möglich, neue Strategien zur Bekämpfung von Infektionskrankheiten zu erarbeiten und auch immuntherapeutische Strategien zur Behandlung von anderen chronischen Erkrankungen wie Autoimmunität und Krebs zu entwickeln.

Das Programm Umweltbedingte Störungen der Gesundheit

Die Gesundheit des Menschen ist abhängig von komplexen Gleichgewichtszuständen, die einerseits genetisch bestimmt und andererseits von der Umwelt beeinflusst werden können. Wie stark beeinträchtigen Umweltfaktoren die Gesundheit? Welche molekularen und zellulären Mechanismen liegen diesen Störungen zugrunde? Welche neuen Strategien der Prävention und Therapie lassen sich daraus ableiten? Solche Fragen zu beantworten, ist zentrales Ziel dieses Forschungsprogramms. Im Fokus stehen häufig auftretende Krankheiten wie Entzündungen des Atemtraktes, Allergien und Krebs, an deren Entstehung Umwelttoxine wie partikelförmige Luftverunreinigungen (Aerosole), Chemikalien und ionisierende Strahlen wesentlich beteiligt sind. Zum einen setzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler beim toxischen Wirkstoff an, der identifiziert und dessen krankheitsauslösender Mechanismus geklärt wird, um Strategien zur Risikoevaluierung und -minderung zu entwickeln. Zum anderen gehen sie von den Krankheiten aus und untersuchen deren Entstehungsmechanismen. Damit wollen sie herausfinden, welche Rolle Umweltfaktoren hierbei spielen.

Das Programm Vergleichende Genomforschung

Menschliche Gesundheit und Krankheit auf zellulärer Ebene zu verstehen, ist die zentrale Aufgabe der vergleichenden Genomforschung. Um die molekularen Ursachen von Krankheiten aufzuklären, entschlüsseln Wissenschaftler zunächst die Genome von Modellorganismen wie der Maus und übertragen diese Erkenntnisse dann auf analoge Mechanismen im menschlichen Genom. Die Ergebnisse werden in Datenbanken gespeichert und ausgewertet. Die Proteomforschung ergänzt die Erkenntnisse über die genetischen Komponenten von Erkrankungen durch Informationen über die Genprodukte, die Proteine und über deren intrazelluläre krankheitsrelevante Interaktionen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Programms sind wesentlich am Nationalen Genomforschungsnetz beteiligt.

Das Programm Regenerative Medizin

In den industrialisierten Ländern nehmen – als Folge der steigenden Lebenserwartung – alterstypische Krankheiten zu, die mit Funktionsstörungen oder dem Versagen von Zellen, Geweben und Organen verbunden sind. Die Therapiemethoden der regenerativen Medizin werden daher immer wichtiger. Helmholtz-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler entwickeln für die regenerative Medizin Materialien, Verfahren und Systeme, die für die Züchtung von Gewebe (Tissue Engineering) und für Organersatzsysteme genutzt werden können. Sie sollen der Funktion der natürlichen Vorbilder möglichst nahe kommen und erkrankte Organe unterstützen oder sogar ersetzen. Außerdem arbeiten die Forscher daran, die Schnittstelle zwischen Technologie und Organismus zu verbessern, so dass beispielsweise bei einer Handprothese durch Neurokopplung ein Teil der Sensorik wiederhergestellt werden kann.

FORSCHUNGS- BEREICH SCHLÜSSEL- TECHNOLOGIEN



PROF. DR. ACHIM BACHEM
Vizepräsident für den Forschungs-
bereich Schlüsseltechnologien,
Forschungszentrum Jülich

„Arbeitsplätze und Wohlstand in einer modernen Industriegesellschaft wie der Bundesrepublik hängen von steter Innovation ab. Die Erforschung der wissenschaftlichen Grundlagen künftiger Schlüsseltechnologien ist für eine langfristige Nachhaltigkeit unabdingbar.“

DIE AUFGABE

Der Helmholtz-Forschungsbereich erforscht Schlüsseltechnologien, die neue Technikbereiche erschließen und ein großes Innovationspotenzial für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft besitzen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Helmholtz-Gemeinschaft konzentrieren sich in diesem Forschungsbereich auf Technologien, die besonders komplex sind, die neue Methoden und Lösungen für andere Forschungsbereiche versprechen oder für die industrielle Nutzung besonders interessant sind. Dazu gehören Nanotechnologie, Mikrosystemtechnik, funktionale Werkstoffsysteme sowie das wissenschaftliche Rechnen.

Aussichtsreiche Technologien werden zunächst grundlegend und multidisziplinär erforscht. Dort, wo sich große Potenziale für die Anwendung herauskristallisieren, wird die Forschung vertieft, bis die Eignung für konkrete Anwendungsfelder feststeht. Die Erforschung von Schlüsseltechnologien baut auf einer breiten wissenschaftlichen Grundlage auf, die deshalb auch bewusst gepflegt wird. Damit soll verhindert werden, dass sich das Blickfeld zu früh auf wenige Nutzungschancen fokussiert und andere Chancen übersehen werden.

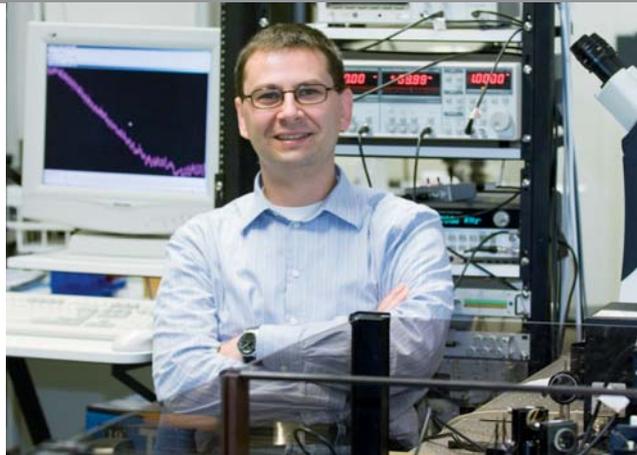
Weiterhin gehört es zu den Aufgaben des Forschungsbereichs, neue Technologien sowie deren Chancen und Risiken für die Gesellschaft zu beurteilen.

DIE PROGRAMMSTRUKTUR

Im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien wirken drei Helmholtz-Zentren zusammen: das Forschungszentrum Jülich, das Forschungszentrum Karlsruhe und das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht. Als Querschnittsfunktion stellt der Forschungsbereich für interne und externe Nutzer Höchstleistungs-Rechenkapazitäten bereit. Für die Materialforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft, die problembezogen in verschiedenen Forschungsbereichen durchgeführt wird, hat er die Federführung. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten in vier Programmen:

- **Wissenschaftliches Rechnen**
- **Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen**
- **Nano- und Mikrosysteme**
- **Funktionale Werkstoffsysteme**

Charakteristisch sind die enge Zusammenarbeit mit der Industrie und die Koordination von Netzwerken, die Forschungseinrichtungen und Unternehmen verknüpfen. Der Forschungsbereich bündelt die gemeinsamen Interessen von Wissenschaft und Wirtschaft, um in der Europäischen Union und international konzertiert zu agieren. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter sind Ansprechpartner für Unternehmen und Verbände und informieren politische Entscheidungsträger über Chancen und Risiken neuer Technologien. Dort, wo sich die vorhandenen Kompetenzen ergänzen, werden diese für programmübergreifende Kooperationen genutzt. Ein Beispiel ist die molekulare Elektronik, angesiedelt an der Schnittstelle zwischen Informations- und Nanotechnologie. Von den Arbeiten zu Schlüsseltechnologien profitieren darüber hinaus andere Helmholtz-Forschungsbereiche, etwa der Forschungsbereich Energie, Verkehr und Weltraum, Gesundheit und der Forschungsbereich Erde und Umwelt.



STEFAN LINDEN ERZEUGT MIKROSTRUKTUREN MIT UNGEWÖHNLICHEN OPTISCHEN EIGENSCHAFTEN, DIE LICHT IN DIE FALSCHER RICHTUNG BRECHEN. Foto: Forschungszentrum Karlsruhe

PROJEKTE

Forschungszentrum Karlsruhe

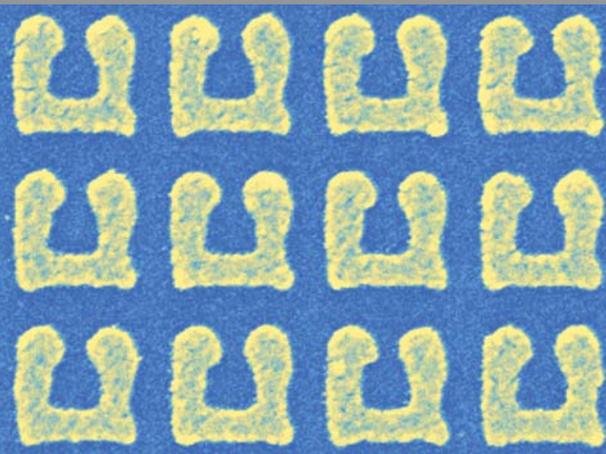
NEUE OPTIK MIT KÜNSTLICHEN ATOMEN

Bisher wusste allenfalls Zwerg Mime aus der Nibelungensage, wie man Tarnkappen schmiedet. Solche märchenhafte Gewebe müssten das Licht um das Objekt herumleiten und damit einen Lichtstrahl genau andersherum brechen wie normale Materialien. Und dafür müssten „Tarnkappenmaterialien“ sowohl auf die magnetischen als auch auf die elektrischen Felder der eingestrahnten Lichtwellen kontrolliert reagieren. In der Natur kommen solche Materialien nicht vor, aber im Labor ist ein Anfang gelungen: Dr. Stefan Linden vom Institut für Nanotechnologie am Forschungszentrum Karlsruhe arbeitet an Metamaterialien mit ungewöhnlichen optischen Eigenschaften. Dazu baut er eine Überstruktur aus künstlichen „Atomen“ auf, die unter dem Elektronenmikroskop aussehen wie Hufeisen oder feine Netze.

Diese „künstlichen Atome“ wirken auf Licht wie winzige elektromagnetische Schwingkreise.

Begonnen hat Linden als Postdoc bei Prof. Dr. Martin Wegener von der Universität Karlsruhe. Dort wollte er ausprobieren, was der Theoretiker Costa Soukoulis von der Iowa State University vorgeschlagen hatte: Mit Überstrukturen aus winzigen elektromagnetischen Schwingkreisen das Licht so zu manipulieren, dass für eine bestimmte Wellenlänge die Brechung negativ wird. Mit Mikrowellen, deren Wellenlängen im Zentimeterbereich

liegen, hatte das bereits funktioniert. Um diesen Effekt auch mit den deutlich kürzeren Wellenlängen von Licht zu erreichen, musste Linden jedoch Schwingkreis-Strukturen auf einem Trägersubstrat erzeugen, die sich alle paarhundert Nanometer wiederholen. „Ich hatte schon Erfahrung mit Elektronenstrahl-lithographie und es ging problemlos – im Nachhinein war ich erstaunt, dass es noch keiner vor uns gemacht hat“, erinnert sich Linden. Noch immer arbeitet er eng mit Wegener zusammen, inzwischen aber als Leiter einer Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe mit drei Doktoranden und drei Diplomanden. Auf ein Glassubstrat wird zuerst ein Polymerfilm aufgebracht, in den die „künstlichen Atome“ mit einem Elektronenstrahl eingeschrieben werden. Nach dem Entwickeln werden Schichten aus Silber und Magnesiumfluorid aufgetragen. Diese „künstlichen Atome“ wirken auf Licht wie winzige elektromagnetische Schwingkreise. Das Licht regt sie an und sie senden zeitversetzt wieder eine elektromagnetische Welle aus. Dies kann zu einem sehr seltsamen Phänomen führen: Wird ein Lichtpuls durch die Probe geschickt, dann beobachten die Physiker, dass das Maximum des durchgehenden Pulses bereits hinter der Probe erscheint, bevor das Maximum des einlaufenden Pulses die Vorderseite erreicht hat. „Der Puls verformt sich in der Probe selbst, weil die verschiedenen Wellenlängen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit durch das Material laufen. Dabei hängt der durchgehende Puls immer noch kausal mit dem einlaufenden Puls zusammen“, erklärt Linden. Der Effekt der negativen Brechung ist zurzeit am stärksten für eine Wellenlänge von 1500 Nanometern, also im nahen Infrarotbereich. Der momentane Rekord liegt im roten Ende des sichtbaren Spektrums bei 780 Nanometern. Um Licht mit noch kleineren Wellenlängen „falsch herum“ zu



DIE STRUKTUREN AUS SILBER SIND UNGEFÄHR 0,5 MIKROMETER GROSS UND ARBEITEN WIE EIN SCHWINGKREIS AUS KONDENSATOR UND SPULE. Foto: Linden/Forschungszentrum Karlsruhe



STRICKEN MIT POLYMEREN IST DIE KUNST, DIE DIE CHEMIEINGENIEURIN DOMINIQUE DE FIGUEIREDO GOMES ZUR PERFEKTION TREIBT. Foto: GKSS

brechen, müssten die Strukturen noch einmal deutlich verkleinert werden. Dazu kommt: Bisher wurden nur einzelne Schichten untersucht. Um nun zu „richtigen“ Materialien zu kommen, müsste man mehrere Schichten hintereinander aufbringen. Dabei wären dann aber die Verluste extrem hoch. Denn nur etwa 70 Prozent des Lichts werden durch eine Schicht durchgelassen und bei hintereinander geschalteten Schichten multipliziert sich das rasch. „Eventuell lässt sich das durch optische Verstärker kompensieren, aber auch das muss noch entwickelt werden“, meint Linden.

Während optische Linsen aus konventionellem Material nur Objekte auflösen, die größer als eine Wellenlänge des Lichts sind, könnten Linsen aus Metamaterialien „perfekt“ sein.

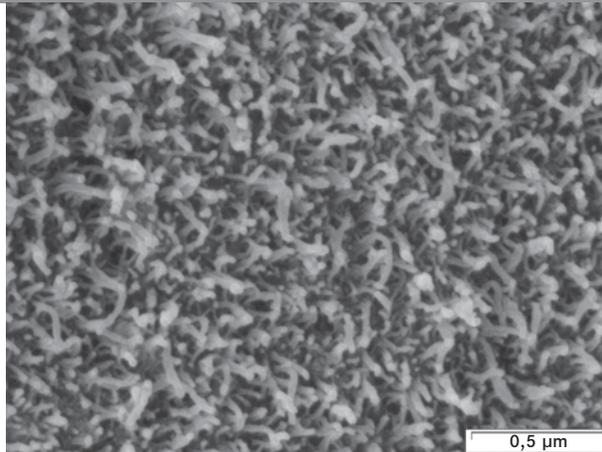
„Das ist zurzeit reine Grundlagenforschung“, betont der Physiker, aber einige Anwendungen sieht er schon am Horizont: Als perfekte Linsen zum Beispiel. Denn während optische Linsen aus konventionellem Material nur Objekte auflösen können, die größer als eine Wellenlänge des Lichts sind, könnten Linsen aus Metamaterialien „perfekt“ sein – ein Lichtmikroskop mit 10.000-facher Vergrößerung wäre damit grundsätzlich möglich. Und die Tarnkappen? Da muss Linden lächeln: „Prinzipiell wäre das denkbar“, räumt er ein. Natürlich müsste man dafür weitere komplexe Probleme lösen. Dazu kommt: Ein Umhang, wie ihn Harry Potter zum heimlichen Stöbern in der Bibliothek übergestreift hatte, kann nicht produziert werden. Denn die optischen Eigenschaften sind in beiden Richtungen die gleichen: Der Nutzer wäre auch selbst optisch von der Außenwelt abgeschnitten, also quasi blind.

DR. ANTONIA RÖTGER

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht

TAUSENDSASSA AUS DEM POLYMERLABOR

Eine Nachwuchswissenschaftlerin am GKSS-Forschungszentrum Geesthacht entwickelt Kunststoffe mit ganz besonderen Eigenschaften. Das eröffnet Chancen in Hightech-Branchen, die zu den Wachstumsträgern der Wirtschaft gehören. Eine in der prallen Sonne verformte Plastikflasche weist auf das Problem hin: Viele Kunststoffe halten hohe Temperaturen nicht aus. Auch aggressive Chemikalien hält man besser von ihnen fern. Bei denen Werkstoffen aus der Nachwuchsgruppe „Polyoxazolbasierte Nanokomposite“ von Dr. Dominique de Figueiredo Gomes sind diese Vorsichtsmaßnahmen unnötig. Die Chemieingenieurin trimmt ihre Materialien für Anwendungen in Hightech-Industrien. Mit Nanoteilchen macht sie die extrem leichten Werkstoffe fest, belastbar und chemisch aktiv. In einem Polymer verschlingen sich zu Ketten aufgereichte Kohlenstoffatome ineinander und halten dadurch ähnlich wie ein Wollknäuel fest zusammen. „Die spezielle Anordnung der Atome zu Ringen erklärt einen Teil der besonderen Eigenschaften“ erklärt die Leiterin der Nachwuchsgruppe. Außerdem sind an bestimmten Stellen Stickstoffatome eingebaut, was durch das „azol“ im Namen der von ihr erforschten Polymerklasse zum Ausdruck kommt. Der Durchbruch kam, als es ihr gelang, einen Kunststoff daraus herzustellen, der lange Ketten enthält. Lange Ketten sind Voraussetzung, um mechanisch stabile Membranen herzustellen, wie sie für viele Anwendungen unabdingbar sind.



FEIN STRUKTURIERT WIE EIN TEPPICH SIEHT SOLCH EIN NANOKOMPOSIT UNTER DEM ELEKTRONENMIKROSKOP AUS. Foto: Prause/GKSS

Indem Dominique de Figueiredo Gomes weitere chemische Gruppen an der Kette angebracht hat, konnte sie dann damit experimentieren und den Werkstoff danach in vielerlei Hinsicht weiter modifizieren. Das Polymer löst sich nun in organischen Lösungsmitteln, was die Verarbeitung erleichtert. „Es zeigt sich nun gleichzeitig stabil gegenüber vielen aggressiven Chemikalien und gegenüber Temperaturen von bis zu 500 Grad – für Kunststoffe ist das etwas besonderes“, sagt die gebürtige Brasilianerin, die vor rund sechs Jahren nach Deutschland kam und hier eine Familie gegründet hat. Seit einiger Zeit spickt die Chemieingenieurin, die einen großen Teil ihrer Arbeit mit den chemischen Synthesen verbringt, das Polymernetzwerk zusätzlich mit Silikat-Nanoteilchen, was viel Fingerspitzengefühl und Erfahrung erfordert. „Das ist eine Verbindung aus Silizium und Sauerstoff, die den Kunststoff mechanisch belastbarer macht“, sagt sie.

Es zeigt sich nun gleichzeitig stabil gegenüber vielen aggressiven Chemikalien und gegenüber Temperaturen von bis zu 500 Grad – für Kunststoffe ist das etwas besonderes.

In Zukunft wird sie auch Nanoröhrchen aus Kohlenstoff verwenden, mit denen ihr Kooperationspartner an der Technischen Universität Hamburg-Harburg bereits intensiv gearbeitet hat. Dadurch wird der Kunststoff neue Funktionen entfalten, unter anderem als Katalysator, der in einer Brennstoffzelle die Energie liefernde Reaktion von Wasserstoff und Sauerstoff zu Wasser ermöglicht. Nanoteilchen und Polymer zu verschmelzen, ist allerdings kein leichtes Unterfangen, denn die Materialien verbinden sich nur schlecht miteinander. Deshalb muss

Gomes zuerst die Oberfläche der Winzlinge modifizieren. Wenn sie Erfolg hat, wird ihr Kunststoff für die Wirtschaft

Mit Nanoteilchen macht sie die extrem leichten Werkstoffe fest, belastbar und chemisch aktiv.

hochinteressant. Sie ist davon überzeugt, dass sie dann eine Firma finden wird, die ihn herstellen wird. Denn durch die besonderen Eigenschaften kann das Material außer in Brennstoffzellen auch für den Leichtbau und für Anti-Korrosionsbeschichtungen von Magnesiumblechen eingesetzt werden. Da ihr neuartiger Werkstoff leicht und zugleich belastbar ist, werden Bauteile aus dem neuen Kunststoff weniger wiegen als wenn sie mit konventionellen Werkstoffen gefertigt würden. „Dadurch wird Energie eingespart“, erläutert Gomes. Der neue Kunststoff könnte so als innovativer Werkstoff in Hightech-Branchen wie der Automobil- und der Flugzeugindustrie eingesetzt werden.

DR. MICHAEL FUHS



FELIX WOLF BAUT KLEINE SENSORPROGRAMME IN COMPUTER-CODE EIN, DIE SCHWACHSTELLEN ANALYSIEREN UND SO PROGRAMMIERERN HELFEN, DEN CODE ZU VERBESSERN.
Foto: Forschungszentrum Jülich



BEREITS DIE SIMULATION EINER KLEINEN BLUTPUMPE IST UNGEHEUER AUFWÄNDIG, GELINGT MIT DEM SOFTWARE-WERKZEUG SCALASCA JEDOCH IN EINEM DRITTEL DER ZEIT.
Foto: MicroMedCardiovascular, Inc.

Forschungszentrum Jülich

SCNELLER RECHNEN DURCH VERBESSERTE KOOPERATION

Die Leistung der wissenschaftlichen Großrechner wächst rasant. Die existierende Software nutzt die Kapazität der Computer jedoch oft nicht voll aus. Am Forschungszentrum Jülich entwickeln Wissenschaftler deshalb eine Methode, die zeitraubende Fehler in den Programmen findet. Das Zauberwort heißt „kooperatives Arbeiten“.

Die 16.000 Prozessoren des Superrechners JUBL am Forschungszentrum Jülich müssen zusammenarbeiten, so wie die Angestellten in einem Betrieb. Je besser sie sich aufeinander abstimmen, umso effektiver erreichen sie das Ergebnis. Deshalb analysiert Prof. Dr. Felix Wolf, der in Jülich die Nachwuchsgruppe „Leistungsanalyse paralleler Programme“ leitet, die Arbeitsabläufe im Computer. „Die Leistung der modernen Rechner wird oft nur zu einem sehr geringen Prozentsatz genutzt“, erklärt Felix Wolf seine Motivation. Mit zunehmender Komplexität der Computer nimmt auch das Problem zu: Immer mehr Prozessoren müssen Teilprogramme parallel abarbeiten und zwischendurch ihre Daten austauschen. „Genau dort liegt das Problem vieler Programme“, so der Informatiker. Die Programmierer müssen die Arbeitsteilung zwischen den Prozessoren mit in den Code einbauen. „Wenn ein Prozessor Input von einem anderen benötigt, um weiter zu rechnen, und diesen nicht rechtzeitig bekommt, geht wertvolle Rechenzeit verloren“. Außer der Diagnose ist auch die Optimierung der Programme für parallele Rechner Ziel des Helmholtz-Virtuellen Instituts

„High-Productivity Supercomputing“, als dessen Sprecher Felix Wolf fungiert. Mit von der Partie im Virtuellen Institut sind außer dem Forschungszentrum Jülich, die RWTH Aachen, die Technische Universität Dresden und die University of Tennessee. Wie viel Potenzial in der Optimierung der Software liegt, zeigt das Simulationsprogramm von Wolfs Kooperationspartner Marek Behr von der RWTH Aachen. Er berechnet am JUBL-Supercomputer die Geometrie von Blutpumpen. Das sind fingergroße Wunderwerke, die implantiert werden und beim Pumpen die empfindlichen Blutkörperchen nicht zerstören dürfen. Deshalb muss der Computer die Strömung der vielen kleinen Teilchen im Blut berechnen. Im letzten Jahr konnten Felix Wolf und seine Mitarbeiter die benötigte Rechenzeit bereits auf ein Drittel reduzieren. Das Ende der Fahnenstange ist vermutlich noch nicht erreicht.

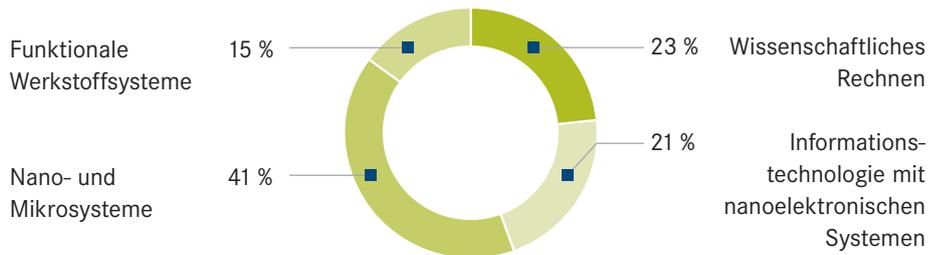
Zur weiteren Analyse baut Felix Wolf eine Art Sensoren in das Simulationsprogramm ein. „Das sind wiederum kleine Programmstücke, die bei jedem Rechenschritt winzige leistungsrelevante Ereignisse der einzelnen Prozessoren protokollieren“, erklärt er. Sein Programmpaket SCALASCA (Scalable Performance Analysis of Large-Scale Applications) wertet die Daten aus. Aufgrund dieser Ergebnisse können die Programmierer im nächsten Schritt den Code verbessern.

Ein großer Teil der heute gängigen Diagnosesoftware kann bisher keine Programme analysieren, die sämtliche Prozessoren des Jülicher Supercomputer nutzen. SCALASCA nimmt jetzt dagegen auch Software unter die Lupe, die alle 16.000 Prozessoren rechnen lässt. Damit können Programmierer auch aus dem JUBL und anderen Supercomputern der neuen Generationen das Beste herausholen.

DR. MICHAEL FUHS

Die Struktur des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien Grundfinanzierte Kosten 2006: 80 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien 26 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 106 Millionen Euro zur Verfügung.



DIE PROGRAMME

Das Programm Wissenschaftliches Rechnen

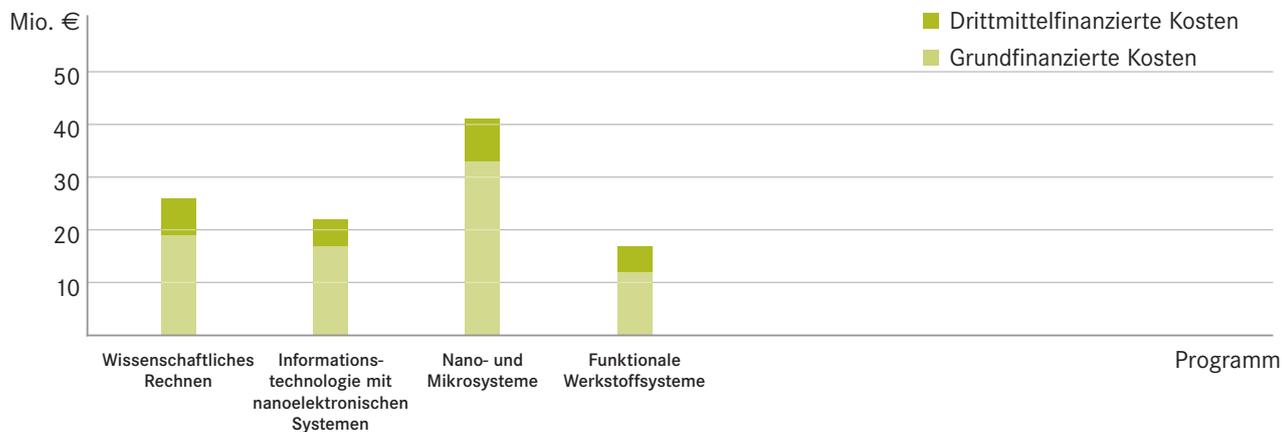
Die Verarbeitung von großen Datenmengen oder die Modellierung komplexer Systeme sind wichtige Werkzeuge für die Forschung, die unter dem Thema Wissenschaftliches Rechnen zusammengefasst sind. Mit seinen Schwerpunkten Höchstleistungsrechnen und Grid-Computing stellt das Programm unverzichtbare Infrastrukturen für die deutsche Wissenschaft bereit. Im John-von-Neumann-Institut für Computing (NIC) in Jülich und dem Grid Computing Centre in Karlsruhe arbeiten Experten an der Verbesserung der Methoden-, Werkzeug- und Anwendungsentwicklung und betreuen die zahlreichen internen und externen Nutzer aus anderen Forschungsbereichen und Institutionen. Das Forschungsprogramm hat die Aufgabe, die jeweils neueste und leistungsfähigste Generation der Höchstleistungsrechner aufzubauen und zu betreiben. Ab Herbst 2007 wird das Forschungszentrum Jülich über einen der schnellsten Rechner der Welt für wissenschaftliches Rechnen verfügen. Die Forscher entwickeln parallele Algorithmen und neue Techniken der Programmierung und Visualisierung. Eine besondere Herausforderung ist es, die anschwellenden Datenströme, die Beschleuniger und Satelliten liefern, sinnvoll zu verarbeiten. Das moderne Konzept des Grid-Computings in dem Computer zu Funktionsverbänden zusammengeschlossen werden, ermöglicht es, noch

größere Datenmengen zu analysieren. Am Forschungszentrum Karlsruhe wird auch der Rechnerverbund GridKA aufgebaut, der ab 2007 einen Teil der Daten des geplanten Large Hadron Colliders (LHC) des europäischen Forschungszentrums CERN verarbeiten soll und mit Rechenzentren in anderen Ländern vernetzt wird.

Das Programm Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen

Halbleiter-Bauelemente werden immer kleiner, und noch ist die Grenze der Miniaturisierung nicht erreicht. Die Forschung im Programm greift der industriellen Entwicklung vor und untersucht quantenelektronische, magnetoelektronische, ferroelektrische und molekulare Nanostrukturen. Auch die Höchstfrequenzelektronik und die bioelektrische Signalverarbeitung zählen zu diesem Programmteil. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler führen Grundlagenforschung zu Materialien und den darin ablaufenden Prozessen durch, untersuchen die Informationsverarbeitung in Logikbauelementen, die Speicherung von Information in Random Access Memories (RAM) und Massenspeichern, die Übertragung von Information auf Chip- und Systemebene und entwickeln neue Sensoren.

Gesamtkosten des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien



Das Programm Nano- und Mikrosysteme

Während die Mikrosystemtechnik bereits sehr nah an der Anwendung ist, erfordert die Nanotechnologie noch viel Grundlagenforschung. Beides verbindet sich in diesem Programm. Hier werden zum Beispiel neue Mikrosystemstrukturen aus Kunststoffen, Metallen oder Keramiken entwickelt, die Funktionen erfüllen, die Silizium basierte Mikrosysteme nicht leisten können. Solche neuartigen Materialien und Technologien können Innovationen anstoßen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwerfen auch mikrotechnische Komponenten und Systeme für ausgewählte Anwendungsgebiete, meist in Kooperation mit der Industrie: etwa für die Mikrooptik, die Mikroverfahrenstechnik, die Gasanalytik, die Mikrofluidik und die Life Sciences.

Die Nanotechnologie gilt als eine der Schlüsseltechnologien dieses Jahrhunderts. Die Anwendungspotenziale anorganischer, organischer und bioorganischer nanostrukturierter Systeme sind vielversprechend und erst ansatzweise untersucht. Hier geht es einerseits darum, die wesentlichen Prozesse zu verstehen, um dann in einem nächsten Schritt Materialien mit völlig neuen Eigenschaften zu entwickeln, von denen ein Teil für die Wirtschaft hochinteressant ist. Auch biologische Funktionseinheiten wollen die Forscherinnen und Forscher mit technischen Materialien kontrolliert erzeugen. An der Schnittstelle zwischen Mikro- und Nanotechnologien sollen Nano-Fabrikationsanlagen entstehen, in denen nanostrukturierte Systeme mit maßgeschneiderten Eigenschaften industriell gefertigt werden können. Wissenschaftliche Ergebnisse aus dem Labor sollen so in die Anwendung übertragen werden und neue Produkte ermöglichen.

Das Programm Funktionale Werkstoffsysteme

Neue Werkstoffe und Werkstoffsysteme wie Verbundwerkstoffe für eine nachhaltige und effiziente Rohstoff- und Energienutzung sowie für den Einsatz in der Medizintechnik – darauf zielt die Forschungsarbeit in diesem Programm. Zwei Bereiche mit einem großen Anwendungspotenzial stehen dabei im Zentrum: zum einen metallische Werkstoffe für den Leichtbau in der Verkehrs- und Energietechnik, zum anderen funktionale Polymersysteme für den Leichtbau, die chemische Prozess- und die Energietechnik sowie für die Medizintechnik. Langfristig sollen diese Werkstoffe klassische Materialien ergänzen oder ersetzen und neue Lösungen ermöglichen. In enger Kooperation mit der Industrie untersuchen die Helmholtz-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler grundlegende Fragen der Legierungs- bzw. Polymerentwicklung, der Be- und Verarbeitung sowie der Bauteil- und Prozesserprobung. Bei der Entwicklung von neuen Werkstoffsystemen spielt auch die Computersimulation und Modellierung von Materialeigenschaften eine entscheidende Rolle.

FORSCHUNGS- BEREICH STRUKTUR DER MATERIE



PROF. DR. ALBRECHT WAGNER
Vizepräsident für den Forschungs-
bereich Struktur der Materie,
Deutsches Elektronen-Synchrotron

„Wir erforschen, was die Welt im Innersten zusammenhält, studieren den Kosmos mit Teilchen aus dem Universum und untersuchen die Struktur von Materialien, vom Molekül bis zum Kristall. Hierzu entwickeln, bauen und betreiben wir einzigartige Großgeräte, gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern. Die Klärung grundlegender Fragen schafft die Voraussetzungen für zukünftige Entwicklungen.“

DIE AUFGABE

Von den unvorstellbar kleinen Elementarteilchen bis zur Struktur des Universums: Im Helmholtz-Forschungsbereich wird die Materie und die auf sie wirkenden Kräfte in ganz unterschiedlichen Größenordnungen erforscht. Zum Fokus gehören aber nicht nur groß und klein, sondern auch die komplexen Phänomene in Festkörpern und Flüssigkeiten, die durch die Wechselwirkungen zwischen Myriaden von Atomen entstehen. Die Grundlagenforschung soll dabei auch zu Einsichten verhelfen, die das Design von neuartigen Werkstoffen mit maßgeschneiderten elektronischen, mechanischen oder thermischen Eigenschaften ermöglichen.

Eine besondere Stärke unserer Forschung ist der Betrieb und der Einsatz von Großgeräten für die Forschung: Ob Teilchenbeschleuniger, Synchrotronstrahlen- oder Neutronen-Quellen – diese großen, teilweise weltweit einzigartigen wissenschaftlichen Infrastrukturen werden von zahlreichen Forschern aus dem In- und Ausland genutzt. Mit dem geplanten Röntgenlaser XFEL, der am Deutschen Elektronen-Synchrotron in europäischer Zusammenarbeit gebaut wird, entsteht eine Röntgenquelle, deren Spitzenleistung zehn Milliarden mal höher ist als die aller bislang gebauten Geräte. Ein weiteres Großinstrument entsteht an der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt. Die „Facility for Antiproton and Ion Research“ (FAIR) ist eine Beschleunigeranlage der nächsten Generation, die Ionenstrahlen mit bisher unerreichter Intensität sowie sehr hohen Energien liefert.

Im Rahmen der neuen Förderung der Helmholtz-Allianzen entstand 2007 ein Netzwerk zum Forschungsthema „Physik an der Teraskala“. Inhalt ist die Spitzenforschung an der Grenze der erreichbaren Beschleunigerenergien, um die Natur der Materie und der wirkenden Kräfte kurz nach dem Urknall zu untersuchen. Dazu haben sich Teilchenphysiker aus zwei Helmholtz-Zentren, dem Deutschen Elektronen-Synchrotron und dem Forschungszentrum Karlsruhe, mit Kollegen aus insgesamt 17 Universitäten und dem Münchner Max-Planck-Institut für Physik zusammengeschlossen. Der Impuls- und Vernetzungsfonds fördert diese Helmholtz-Allianz in den nächsten fünf Jahren mit insgesamt 25 Millionen Euro. Die Allianz unterstützt eine Bündelung der wissenschaftlichen Kompetenz auf diesem Gebiet in ganz Deutschland und bezieht die Hochschulen als starke Partner mit ein.

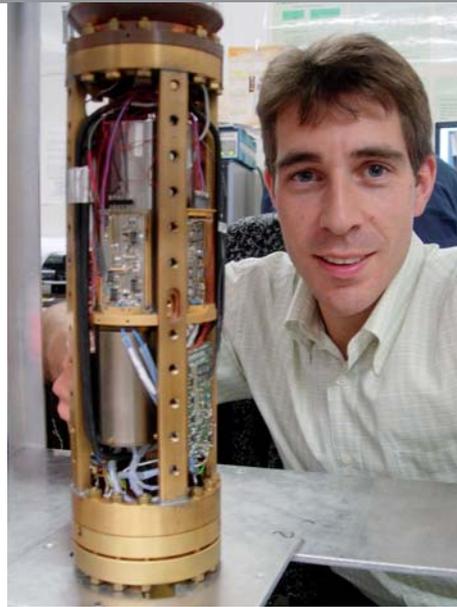
Der Forschungsbereich sieht eine wichtige Aufgabe in der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Das besondere Engagement auf diesem Gebiet wird daran deutlich, dass er für junge Forscherinnen und Forscher überaus attraktiv ist: Ein Drittel aller Helmholtz-Nachwuchsgruppen sind im Bereich Struktur der Materie angesiedelt.

DIE PROGRAMMSTRUKTUR

Im Forschungsbereich Struktur der Materie wirken sechs Helmholtz-Zentren zusammen: das Deutsche Elektronen-Synchrotron, das Forschungszentrum Jülich, das Forschungszentrum Karlsruhe, das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, die Gesellschaft für Schwerionenforschung und das Hahn-Meitner-Institut. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten in fünf Programmen:

- **Elementarteilchenphysik**
- **Astroteilchenphysik**
- **Physik der Hadronen und Kerne**
- **Kondensierte Materie**
- **Großgeräte für die Forschung mit Photonen, Neutronen und Ionen**

Alle Programme setzen auf die enge Wechselbeziehung zwischen Theorie und Experiment, und einige der Programme sind wissenschaftlich und technologisch untereinander verknüpft. Dabei ist es ein generelles Ziel, die Großgeräte weiterzuentwickeln, effizient einzusetzen und die Nutzer optimal zu unterstützen, um die Führungsrolle von Helmholtz-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftlern auf diesem Gebiet gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern zu erhalten.



KLAUS BLAUM FÄNGT GELADENE ATOME MIT RAFFINIERT KONSTRUIERTEN FALLEN EIN, UM SIE GENAU ZU VERMESSEN. Foto: GSI

PROJEKTE

Gesellschaft für Schwerionenforschung

IONEN IN DER FALLE

Warum bestehen wir aus Materie und nicht aus Antimaterie? Wie bringen es Sterne zustande, ultraschwere Elemente wie Blei und Uran auszubrüten? Große Fragen, denen Dr. Klaus Blaum mit einer kleinen Apparatur zu Leibe rückt. Der Mainzer Physiker arbeitet mit Ionenfallen-Anlagen. Deren Herzstück, die Penning-Falle, ist nicht größer als eine Garnrolle und vermag einzelne Ionen – geladene Atome – einzufangen, sodass sie von Blaum und seinem Team präzise vermessen werden können. Um Ionen einzufangen und zu speichern, müssen die Forscher sie erst einmal herstellen. Das passiert zum Beispiel mit einem schweren Ionenstrahl, der auf ein Target trifft und einen Schwarm von geladenen, kurzlebigen Atomen herauskickt. Das Problem: Anfangs sind die Ionen viel zu schnell, um sie in die garnrollengroße Falle sperren zu können. Also muss Klaus Blaum sie abbremsen, indem er sie beispielsweise durch eine Gaszelle schickt. „Stellen Sie sich vor, Sie rennen mit voller Wucht in eine Menschenmenge hinein“, beschreibt der Physiker. „Spätestens nachdem Sie den Dritten angerempelt haben, sind Sie in Ruhe.“ Ähnlich ergeht es den schnellen Ionen: In der Gaszelle prallen sie mit Heliumatomen zusammen. Bei jedem Stoß verlieren sie Bewegungsenergie, bis sie nach einigen hundert Stößen halbwegs zur Ruhe kommen. Jetzt kann die Ionenfalle greifen. „Mit starken elektromagnetischen Feldern fangen wir einzelne Ionen ein“, sagt Blaum, „dann lassen wir sie frei im Raum schweben.“ Ideale Voraussetzungen, um die Teilchen zu vermessen und Masse, Lebensdauer und magnetisches Moment zu bestimmen. Blaum:

„Durch diese Eigenschaften ist ein Teilchen ähnlich charakterisiert wie eine Person durch einen Fingerabdruck.“ Um diese Größen zu bestimmen, messen die Physiker die Frequenz, mit der das Ion in seiner Falle rotiert. Das Prinzip: Auf jeder Runde ruft das geladene Teilchen in einem Spezialdetektor einen winzigen „Spiegelstrom“ hervor. Blaums Team hat diese Nachweisteknik derart verfeinert, dass es sogar Ströme von einem Femtoampere messen kann – weniger als ein Milliardstel des Stroms einer Armbanduhr-Knopfzelle. Mit dieser Methode lassen sich Ionen sogar genauestens „wiegen“. Die exakten Massenwerte der unterschiedlichen Isotope braucht die Forschung unter anderem deswegen, um zu verstehen, wie im Inneren von Sternen schwere Elemente oberhalb von Eisen „gebacken“ werden und wie ein Beschleuniger extreme Elemente erzeugt wie das 1994 an der GSI entdeckte Darmstadtium (Ordnungszahl 110).

Mit starken elektromagnetischen Feldern fangen wir einzelne Ionen ein.

In einem anderen Experiment bestimmen die Mainzer die magnetischen Eigenschaften des Protons. In einigen Jahren plant Klaus Blaum eine spektakuläre Erweiterung: „An der künftigen GSI-Beschleunigeranlage FAIR wollen wir dasselbe Experiment mit Antiprotonen machen.“ Diese Antiprotonen möchte Blaum in seiner Falle speichern und dann deren Magnetmoment messen, um es anschließend mit dem des Protons zu vergleichen. Sollte er Unterschiede beobachten, wäre der Physiker dem lange gesuchten Ungleichgewicht zwischen Materie und Antimaterie auf der Spur – und damit der Antwort auf die Frage, warum es im All lauter Materie, aber so gut wie keine Antimaterie zu geben scheint. FRANK GROTELÜSCHEN



DIE TEILCHENPHYSIKERIN ERIKA GARUTTI BAUT HOCH-EMPFLINDLICHE SENSOREN FÜR DEN INTERNATIONAL LINEAR COLLIDER, DER IN WELTWEITER ZUSAMMENARBEIT GEBAUT WERDEN SOLL. Foto: DESY



EINE VON 40 SCHICHTEN FÜR DEN PROTOTYP DES ENERGIESENSORS: DIE „AUGEN“ BESTEHEN AUS KUNSTSTOFFSCHEIBEN, DIE DIE TEILCHENENERGIE IN LICHT UMWANDELN. Foto: DESY

Deutsches Elektronen-Synchrotron

HOCHPRÄZISER ENERGIESENSOR

Erika Garutti hält einen winzigen Chip zwischen den Fingern, er sieht aus wie eine feine, quadratische Spiegelscherbe. Dann zeigt die Italienerin auf einen kühlschrankgroßen Klotz: „Darin sind 8.000 dieser Chips eingebaut. Es ist der Prototyp eines neuartigen Teilchendetektors.“ Der neue Detektortyp ist für eine der größten Wissenschaftsmaschinen aller Zeiten gedacht – den International Linear Collider (ILC). Der Gigant, an dessen Plänen Hunderte von Physikern in aller Welt arbeiten, soll grundlegende Fragen der Physik beantworten helfen: Wie kommen Teilchen zu ihrer Masse? Und wie hängen sie mit den Kräften zusammen, die zwischen ihnen wirken?

Für den ILC ist ein Kalorimeter mit mehreren Millionen Kanälen geplant. Das wäre mit der alten Technologie nicht machbar.

Kernstück des ILC sind zwei Teilchenkanonen, jede zwölf Kilometer lang. Sie feuern Elektronen frontal auf ihre Antiteilchen, die Positronen. Bei der Kollision vernichten sich die Partikel zu einem extrem dichten Energieblitz. Aus diesem Blitz können neue, unbekannte Teilchen entstehen. Je stärker die Energie der Elektronen und Positronen, umso heftiger die Wucht des Zusammenstoßes – und umso exotischer und schwerer die Partikel, die erzeugt werden. Mit einer Kollisionsenergie von bis zu einem Teraelektronenvolt (TeV) soll der ILC den bisherigen Rekordhalter LEP in Genf um das Fünffache übertreffen. Die Hoffnung: Der ILC soll bislang hypothetische Partikel wie Higgs-Boson und SUSY-Teilchen erzeugen und präzise untersuchen.

Beobachten wollen die Physiker diese Exoten mit riesigen Detektoren und Sensoren. Das Team von Garutti versucht, einen dieser Sensoren entscheidend zu verbessern. „Die bei der Kollision entstehenden Teilchen zerfallen in lauter Bruchstücke, die in alle Richtungen davonfliegen“, erläutert sie. „Wir versuchen, die Flugbahnen dieser Sekundärteilchen präzise zu vermessen. Nur dann können wir rekonstruieren, welche Primärteilchen sich bei der Kollision gebildet haben.“

Konkret arbeitet Garutti am Energiesensor, dem Kalorimeter. In ihm rasen die Sekundärteilchen durch spezielle Kunststoffscheiben (Szintillatoren), diese wandeln die Teilchenenergie in Licht um. „Aus dem Licht schließen wir auf die Energie der ursprünglich erzeugten Teilchen“, erläutert Garutti. Bislang werden dafür so genannte Photomultiplier verwendet – relativ große Lichtzähler auf Röhrenbasis. Garuttis Team entwickelt Lichtsensoren auf der Basis winziger Siliziumchips. „Damit können wir die Sensoren verkleinern und wesentlich feinkörniger arbeiten.“

„Für den ILC ist ein Kalorimeter mit mehreren Millionen Kanälen geplant“, sagt Garutti. „Das wäre mit der alten Technologie nicht machbar.“ Die Physikerin hat ihren kühlschrankgroßen Prototyp schon erfolgreich getestet. „Jetzt müssen wir vor allem herausfinden, wie man die Sensoren industriell herstellen kann.“ Doch die Forscherin hat noch eine andere Anwendung im Blick – die Medizin. Sie will mit ihren Siliziumchips eine spezielle Diagnosemethode verfeinern, PET genannt. Dabei verabreichen die Ärzte dem Patienten radioaktiv markierte Zuckermoleküle, die bevorzugt von Tumorzellen verstoffwechselt werden. Im Tumor geben die Moleküle Gammastrahlung ab, die dann von Röhren detektiert wird. Garutti versucht nun, die großen Röhren durch kleine Siliziumsensoren zu ersetzen. „Dadurch wollen wir die räumliche Auflösung steigern, den Tumor genauer lokalisieren“, hofft sie.

FRANK GROTELÜSCHEN



DURCH EXPERIMENTE AM NEUTRONENSTREUINSTRUMENT ERLANGT LAKE EINBLICK IN DIE MAGNETISCHEN MUSTER. Foto: HMI

Hans-Meitner-Institut Berlin

MAGNETISCHE MUSTER

Wenn die Bausteine der Materie auf ungewöhnliche Weise miteinander wechselwirken, kann dies zu merkwürdigen und exotischen Materialeigenschaften führen. Viele dieser Wechselwirkungen sind noch nicht vollständig verstanden. Prof. Dr. Bella Lake will den Schleier mit Hilfe von starken Magnetfeldern und Neutronenstreuung lüften.

Die junge, britische Physikerin war in den letzten Jahren oft als Gast am Hahn-Meitner-Institut (HMI) in Berlin. HMI-Direktor Michael Steiner hat sie aus den USA, wo sie bereits als Assistent Professor an der Iowa-State-University arbeitete, als Helmholtz-Nachwuchsgruppenleiterin ans Zentrum geholt. Sie kam, weil sie hier ihre Proben unter starken Magnetfeldern und tiefen Temperaturen mit Neutronenstrahlung untersuchen kann, eine einzigartige Kombination, die Einblick in die magnetischen Muster erlaubt: „Früher musste ich für alle Experimente reisen, nun nur noch für einige“, sagt Lake.

Ich will verstehen, wie der Übergang von einem eindimensionalen zu einem dreidimensionalen Magneten abläuft.

Bella Lake untersucht vor allem die magnetischen Wechselwirkungen zwischen den Bausteinen der Materie, die in ihren Proben in nahezu perfekter Regelmäßigkeit geordnet sind. Sie durchleuchtet sie mit Neutronen aus dem HMI-Forschungsreaktor. Diese geben auf ihrem Flug durch die Probe einen Teil ihrer Energie an die so genannten Spins der Elektronen des

Kristalls ab, die man sich als winzig kleine Stabmagnete vorstellen kann. Indem sie betrachtet, wie die Neutronen abgelenkt werden und wie sich ihre Energie ändert, ermittelt Lake nicht nur die magnetischen Muster im Innern, sondern auch die Wechselwirkungen zwischen den Spins. Ihre Ergebnisse sind für die gesamte Physik wichtig und erscheinen deswegen nicht nur in den spezialisierten Fachzeitschriften, sondern auch gelegentlich in *Nature* und *Science*.

„Normalerweise wirken magnetische Kräfte in alle drei Raumrichtungen, aber es gibt Kristalle, in denen sie sich nur entlang einer einzigen Dimension beeinflussen“, erklärt Lake. Das Innere solcher Quantenmagnete kann man sich wie Perlenketten aus winzigen Stabmagneten vorstellen, bei denen jede Perle zwar ihre Nachbarn, nicht aber die Perlen anderer Ketten beeinflusst. „Ich will verstehen, wie der Übergang von einem eindimensionalen zu einem dreidimensionalen Magneten abläuft“, sagt Lake, „daran können wir auch die Voraussagen testen, die die Quantenphysik macht.“

Lake will aber auch herausfinden, warum eine bestimmte Klasse von kompliziert aufgebauten keramischen Substanzen bei Temperaturen von unter minus 140 Grad Celsius plötzlich supraleitend wird und Strom widerstandsfrei leitet. Denn anders als für die „normale“ Supraleitung in manchen Metallen bei minus 260 Grad Celsius, gibt es für diese „Hochtemperatur-Supraleiter“ noch keine wirkliche Erklärung. Daher ist es auch so schwierig, diese spröden Materialien gezielt für technische Anwendungen zu verbessern. Die Supraleitung könnte ein übergeordnetes Phänomen sein, das den Normalzustand dieses Materials verschleiert, vermuten einige Physiker. Und Lake plant nun, diesen einfacheren Normalzustand zu erforschen, indem sie die Proben in starken Magnetfeldern beobachtet.



NUR BEI TIEFEN TEMPERATUREN UND HOHEN MAGNETFELDERN ZEIGEN SICH DIE QUANTENPHYSIKALISCHEN EFFEKTE, DIE BELLA LAKE BEOBACHTEN WILL. Foto: Boeck/TU Berlin

Diese Felder erzeugen im Kristall regelmäßige Anordnungen aus tornadoartigen Magnetwirbeln und zerstören die Supraleitung zunächst nur dort, wo Magnetwirbel sind. Wird das Feld stärker, gibt es immer mehr Wirbel, so dass schließlich die Supraleitung ganz zusammenbricht.

Anfangs dachte ich schon, das ist ja eine große Verantwortung, aber jetzt genieße ich es, ein eigenes Team zu haben.

Wenn Strahlzeit ist, dann arbeiten Lake und ihre Mitarbeiter besonders intensiv – die Zeit, in denen die Neutronen durch die Kristallproben leuchten, ist kostbar. Seit kurzem ist ihr Team fast komplett: Dr. Nazmul Islam züchtet die Kristalle; seine Kollegin Dr. Tatiana Guidi arbeitet mit Lake am Aufbau der Neutronen-Experimente, außerdem betreut Lake einen Doktoranden, demnächst möglicherweise sogar zwei. Zusätzlich hält sie als Juniorprofessorin Vorlesungen an der TU Berlin. „Anfangs dachte ich schon, das ist ja eine große Verantwortung, aber jetzt genieße ich es, ein eigenes Team zu haben. Meine Leute ergänzen sich perfekt und fünf ist für mich die ideale Zahl, um effizient zusammen zu arbeiten.“

DR. ANTONIA RÖTGER



DER TRANSPORT DES HAUPTTEILS DES KATRIN-SPEKTROMETERS VOM FRACHTSCHIFF ZUM FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE WAR MILLIMETERARBEIT. Foto: Forschungszentrum Karlsruhe

Forschungszentrum Karlsruhe

EINE WAAGE FÜR GEISTERTEILCHEN

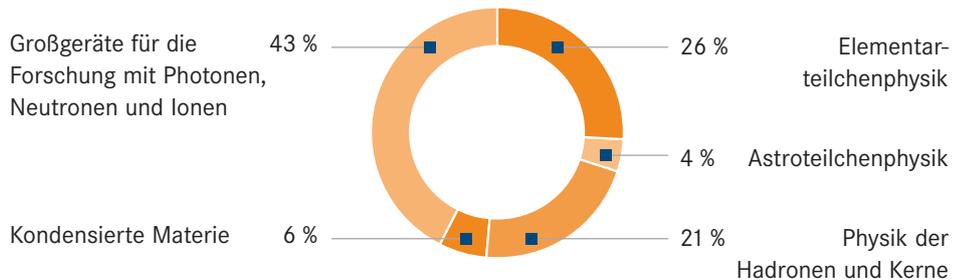
„Ein weltweit einmaliges Experiment von der ersten Planung bis zu den Resultaten zu begleiten, das wünscht sich jeder Neutrinophysiker. Auch wenn das – wie bei KATRIN – 15 Jahre dauert“, sagt Dr. Markus Steidl, Nachwuchswissenschaftler beim Karlsruher Tritium Neutrino Experiment KATRIN. Seit der Diplomarbeit 1994 ist der Physiker dem Forschungszentrum Karlsruhe treu geblieben, weil er hier diesen Traum verwirklichen kann. Gerade entwickelt er einen speziellen Detektor für die Neutrinowaage und koordiniert die Arbeiten mit den Partnern der University of Washington in Seattle.

Neutrinos sind die häufigsten und doch rätselhaftesten Teilchen des Universums. Denn die „Geisterteilchen“ entziehen sich direkten Messungen, sodass noch nicht einmal ihre Masse bekannt ist. Dennoch dürften sie – aufgrund ihrer schieren Überzahl – bei der Entwicklung des Universums eine tragende Rolle spielen.

KATRIN nutzt den Zerfall des Wasserstoffisotops Tritium in ein Heliumisotop, bei dem neben einem Elektron auch ein Neutrino ausgesandt wird. Dabei ist die Gesamtenergie des Zerfalls präzise bekannt und aus der gemessenen Endpunktenergie der Elektronen lassen sich somit Rückschlüsse auf die Neutrinomasse ziehen. Steidl, der zurzeit in Elternteilzeit arbeitet, freut sich schon auf 2010: „Wenn alles wie geplant läuft, werden wir dann zum ersten Mal Neutrinos auf die Waage legen.“ arö

Die Struktur des Forschungsbereichs Struktur der Materie Grundfinanzierte Kosten 2006: 321 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Struktur der Materie 30 Millionen Euro.
Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 351 Millionen Euro zur Verfügung.



DIE PROGRAMME

Das Programm Elementarteilchenphysik

In diesem Programm werden die kleinsten Bausteine der Materie und die Kräfte zwischen ihnen untersucht. Damit wollen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unter anderem die Evolution des frühen Universums verstehen: Der Ursprung der Masse, die Vereinigung aller fundamentalen Kräfte bei extrem hohen Energien sowie die Vereinheitlichung der Quantenphysik mit der allgemeinen Relativitätstheorie zählen zu den ganz großen Herausforderungen der Physik. Außerdem suchen sie nach Spuren von neuen Teilchen und nach den Supersymmetrie-Partnern aller bekannten Teilchen. Außer den Beschleuniger-Kapazitäten stehen den Wissenschaftlern auch Hochleistungsrechner für die Datenanalyse und für Fragen der Theoretischen Physik zur Verfügung. Mit dem Grid-Computing-Centre am Forschungszentrum Karlsruhe (GridKA) wird ein leistungsfähiges Rechenzentrum aufgebaut, das international vernetzt ist. Es wird eine wesentliche Rolle bei der Auswertung der großen Datenmengen spielen, die am Large Hadron Collider (LHC) des Europäischen Forschungszentrums CERN anfallen werden.

Das Programm Astroteilchenphysik

Die Astroteilchenphysik ist ein relativ junges interdisziplinäres Forschungsgebiet und verbindet das Wissen um die kleinsten Bausteine mit der Kenntnis der größten Strukturen des Universums. Astroteilchenphysiker untersuchen die Quellen kosmischer Strahlung sowie die Mechanismen kosmischer Beschleuniger. Sie erkunden, wie sich das All jenseits der Observation mit klassischen Wellenlängen darstellt, denn es wird ständig „durchleuchtet“ von kosmischer Strahlung. Gleichzeitig erforschen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter

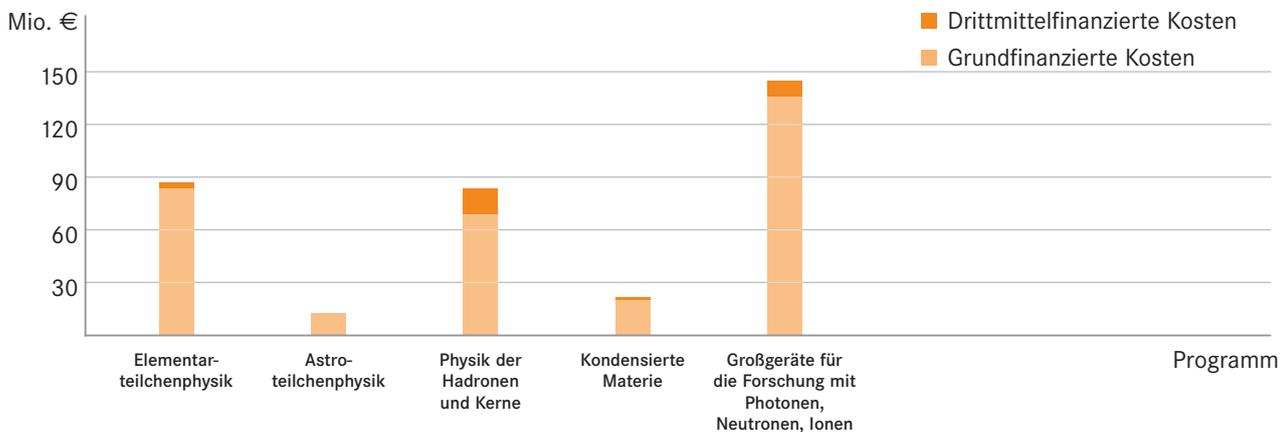
dieses Programms die so genannte Dunkle Materie, die sich bislang nur durch ihre Gravitationswirkung äußert. Das Programm umfasst deshalb drei Schwerpunkte: die Erforschung kosmischer Strahlung bei hohen Energien (Pierre Auger-Observatory, Argentinien), die Suche nach hochenergetischen Neutrinos aus astrophysikalischen Quellen mit Neutrino-Teleskopen (AMANDA II und IceCube, Antarktis) und die Bestimmung der Neutrino-Masse mit kosmologisch relevanter Empfindlichkeit (KATRIN, Karlsruhe). Für diese Aufgaben muss der Forschungsbereich große Detektoranlagen mit leistungsfähiger Infrastruktur teilweise fernab von existierenden Laboren entwickeln, bauen und betreiben.

Das Programm Physik der Hadronen und Kerne

Hadronen wie Neutronen und Protonen sind aus Quarks aufgebaut, die durch die starke Wechselwirkung zusammengehalten werden. Im Programm Physik der Hadronen und Kerne bearbeiten die Forscherinnen und Forscher hauptsächlich folgende Themen: Quark-Einschluss in Hadronen, spontane Brechung der chiralen Symmetrie, Ursprung der Masse von Hadronen, Eigenschaften von nuklearen Vielteilchensystemen, exotische Kerne an der Grenze der Stabilität, Erzeugung superschwerer Elemente, Verhalten ausgedehnter nuklearer Materie in astrophysikalischen Objekten wie Neutronen-Sternen und Supernovae. Auch die Suche nach bisher unbekanntem Materietypen ist ein Forschungsthema.

Das Programm nutzt für seine Fragestellungen Experimente an den Großgeräten der Gesellschaft für Schwerionenforschung und des Forschungszentrums Jülich. Mit der geplanten Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) entsteht an der GSI nun in internationaler Zusammenarbeit eine Beschleunigeranlage

Gesamtkosten des Forschungsbereichs Struktur der Materie



der nächsten Generation. FAIR wird Ionenstrahlen liefern, mit denen sich exotische Atomkerne oder Antiprotonen für weitere Experimente erzeugen lassen, beispielsweise zur Erforschung der Natur des Quark-Gluonen-Plasmas oder zu Materieformen, die den Beginn des Universums prägten. Die Helmholtz-Forschung in diesem Programm leistet auch wesentliche Beiträge zu heutigen und künftigen Forschungsaktivitäten am CERN.

Das Programm Kondensierte Materie

Im Programm Kondensierte Materie werden Eigenschaften von Festkörpern und Flüssigkeiten eingehend erforscht. Dazu untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Wechselwirkungen zwischen den Elektronen und Atomen, die die mechanischen, thermischen, elektronischen, magnetischen und optischen Eigenschaften der Materie bestimmen. Zum Fokus gehören Systeme, die aus vielen Teilchen bestehen und neue komplexe Eigenschaften zeigen. Das sind zum Beispiel Nanosysteme, die den Übergang von Atomen zu Festkörpern bilden und dadurch neuartige Eigenschaften besitzen. Hauptziel des Programms ist es, neue und ungewöhnliche Zustände von Festkörpern, weicher Materie sowie dünnen Filmen und Grenzschichten zu erkunden. Das Programm profitiert von den Großgeräten mit Neutronen-, Ionen- und Synchrotron-Strahlen. Ebenso nutzen die Wissenschaftler spektroskopische Verfahren, Messverfahren für Thermodynamik und Transport, hochauflösende Elektronen-Mikroskopie sowie die Großcomputer, die ihnen die theoretische Modellierung und Simulation erlauben. Ab 2009 wird das Programm zum Forschungsbereich Schlüsseltechnologien gehören.

Das Programm Großgeräte für die Forschung mit Photonen, Neutronen und Ionen

In diesem Programm werden die Großgeräte zusammengefasst, die für die atomare und molekulare Physik, für Plasmaphysik und Physik der kondensierten Materie, für strukturelle Molekularbiologie, Chemie und Materialwissenschaften, für Geo- und Umweltforschung sowie das Ingenieurwesen besonders wichtig sind. Die Forschung im Programm konzentriert sich darauf, die vorhandenen Photonen-, Neutronen- und Ionen-Quellen effektiv zu nutzen und den Bedürfnissen der Nutzerschaft ständig neu anzupassen.

Einige neue Entwicklungen verdienen besondere Erwähnung: Der Freie-Elektronen-Laser FLASH am Deutschen Elektronen-Synchrotron erzeugt jetzt Strahlung im weichen Röntgenbereich. Gleichzeitig wird dort der europäische Röntgenlaser XFEL aufgebaut, der ab 2013 Röntgenblitze mit extrem hoher Intensität liefern wird. Damit werden sich zum Beispiel Reaktionen in chemischen oder biologischen Systemen filmen und atomare Details von Molekülen entschlüsseln lassen. Außerdem wird am Hahn-Meitner-Institut Berlin der weltweit stärkste Magnet für Neutronenexperimente errichtet. Die Kombination mit einer einzigartigen Probenumgebung verspricht große Fortschritte in der Materialforschung, zum Beispiel im grundlegenden Verständnis der Hochtemperatur Supraleitung.

FORSCHUNGS- BEREICH VERKEHR UND WELTRAUM



PROF. DR. JOHANN-DIETRICH WÖRNER
Vizepräsident für den Forschungsbereich
Verkehr und Weltraum, Deutsches
Zentrum für Luft- und Raumfahrt

„Dem menschlichen Bedürfnis nach Mobilität, Kommunikation, Sicherheit und wirkungsvollem Umweltmanagement werden wir auf Dauer nur nachkommen können, wenn wir technologische Lösungen aus Luftfahrt, Raumfahrt und Verkehr zur Bewältigung der gesellschaftlichen Anforderungen anwenden und Synergien nutzen.“

DIE AUFGABE

Mobilität, Kommunikation und Information bilden das Rückgrat einer modernen Gesellschaft. Ihre nachfragegerechte Entwicklung wird jedoch durch kapazitive Engpässe, zunehmende Umweltbelastungen und verschärfte Sicherheitsanforderungen begrenzt. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Forschungsbereichs Verkehr und Weltraum suchen deshalb nach neuen Konzepten und technischen Problemlösungen und beraten politische Entscheidungsträger. Gleichzeitig wird die Weltraumtechnik genutzt, um grundlegende Erkenntnisse über Weltraum und Erde zu gewinnen.

Träger des Forschungsbereichs Verkehr und Weltraum ist das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt, das gleichzeitig das Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt ist. Als Deutsche Raumfahrtagentur führt das DLR die Forschung im Rahmen des Nationalen Programms und koordiniert die deutsche Beteiligung an den Programmen der Europäischen Weltraumorganisation ESA. Die insgesamt acht Standorte des DLR liegen in verschiedenen Bundesländern und sind intensiv mit den benachbarten Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vernetzt. Gleichzeitig arbeitet das DLR eng mit den anderen Forschungsbereichen der Helmholtz-Gemeinschaft zusammen.

DIE PROGRAMMSTRUKTUR

Die Forscherinnen und Forscher des DLR arbeiten in drei Programmen zusammen:

- **Verkehr**
- **Luftfahrt**
- **Weltraum**

Prägend für die Arbeit in den Programmen ist die organisatorische und thematische Integration unter dem Dach des DLR. Hierdurch können die Forscher in allen drei Programmen direkt auf gemeinsam benötigte Kernkompetenzen zugreifen, etwa in der Aerodynamik, der Antriebs-, Atmosphären-, Struktur- und Konstruktionstechnik, im Bereich Robotik und Mechatronik, in der Sensortechnik und Datenprozessierung. Synergien entfalten sich auch dort, wo sich Forschungsthemen der Luftfahrt und des terrestrischen Verkehrs mit solchen der Weltraumtechnik verbinden. Das ist zum Beispiel bei den Themen Ortung, Navigation, Kommunikation und Fernerkundung der Fall. Ein Beispiel für diese Synergien zum Nutzen von Gesellschaft und Wirtschaft ist das Monitoring ökologischer Zusammenhänge: Auf Gebieten wie Klima, Schadstoffe oder Lärm können die Wissenschaftler Daten verknüpfen, die sie durch orbitale, luftgestützte und terrestrische Erdbeobachtung gewinnen.



WÄHREND DER FAHRT WERDEN VERHALTEN UND BLICKRICHTUNG DES FAHRERS IM REALEN STRAßENVERKEHR DURCH EINE KAMERA AUFGEZEICHNET. Foto: DLR

PROJEKTE

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

EINFÄDELN LEICHT GEMACHT

Autos entlasten Fahrer zunehmend durch Automation. Der Nutzen ist zweifelhaft. Denn viele Systeme passen sich nicht an den jeweiligen Verkehrszustand an. Das wollen Psychologen und Ingenieure des Virtuellen Instituts „Humane Automation“ jetzt ändern.

Eine Fahrt auf der rechten Spur auf der Autobahn. Die Automatic Cruise Control hält den Abstand zum Vorderwagen konstant. Auf den ersten Blick bequem für den Fahrer. Doch als der Verkehr dichter wird, scheren plötzlich immer wieder Wagen vor ihm ein – das System bremst und der Fahrer ärgert sich. „In solchen Momenten schalten Fahrer das an sich sinnvolle System aus, denn es reagiert nicht auf die Verkehrssituation und verkürzt nicht den Abstand“, erklärt Dr. Mark Vollrath seine Kritik. Er und seine Kollegen vom DLR-Institut für Verkehrsführung und Fahrzeugsteuerung in Braunschweig forschen deshalb an intelligenteren, adaptiven Systemen.

Dazu haben sich die Psychologen und Ingenieure vom DLR mit dem Institut für Kraftfahrwesen der RWTH Aachen und dem Interdisziplinären Zentrum für Verkehrswissenschaften Würzburg zum Virtuellen Institut „Humane Automation“ zusammen geschlossen. In ihrem Fokus, so Koordinator Mark Vollrath, steht zunächst nur eine einzige Verkehrssituation: Einfädeln auf der Autobahn. Das ist nicht so komplex wie der Stadtverkehr, aber deutlich schwieriger als die Situationen, die die erhältlichen Systeme bereits beherrschen.

Zuerst müssen die Verkehrspsychologen heraus bekommen, wann Fahrer unter Stress geraten und falsch reagieren. Zum

einen analysieren sie dazu das Fahrverhalten von Testpersonen im Fahrsimulator in ausgewählten Situationen. Zum anderen analysieren sie mit dem Forschungsfahrzeug ViewCar das Verhalten im realen Straßenverkehr.

Die ersten Ergebnisse geben den Wissenschaftlern mit ihrem Vorhaben, an die Situation anpassungsfähige Systeme zu entwickeln, recht. Es hängt vom Verkehrszustand ab, welche Fehler die Fahrer machen.

Wir können jetzt aber auch quantitativ angeben, ab welcher objektiv messbaren Verkehrsdichte die Systeme reagieren müssen.

Bei geringem Verkehr werden Fahrer nachlässig. Ein System darf den Fahrer deshalb nicht noch mehr entlasten, damit er nicht noch unaufmerksamer wird. Bei mittelschwerem Verkehr geschehen die meisten Fehler. Fahrer müssen den Abstand zum Vorderfahrzeug halten, gleichzeitig den Verkehr neben sich im Blick haben, die richtige Lücke zum Einfädeln erkennen und dann entsprechend bremsen oder beschleunigen. Bei sehr hoher Verkehrsdichte fahren Autos dann so langsam, dass sich genug Lücken ergeben.

Qualitativ überraschen die Ergebnisse nicht. „Wir können jetzt aber auch quantitativ angeben, ab welcher objektiv messbaren Verkehrsdichte die Systeme reagieren müssen“, erklärt Mark Vollrath. Damit sind er und seine Kollegen in der Lage, ein System zu konstruieren, das sich im ersten Schritt an verschiedene Verkehrssituationen anpasst. Im nächsten Schritt soll das System sogar anhand der Blickrichtung von Fahrern deren Verhalten vorhersehen, um unnötige Aktionen und Warnmeldungen zu vermeiden.



AM FAHRSIMULATOR MIT LEITSTAND KÖNNEN DIE PSYCHOLOGEN TESTEN, WELCHE ASSISTENZSYSTEME DIE FAHRER SINNVOLL UNTERSTÜTZEN. Foto: DLR

Die Ingenieure des Kooperationsprojekts entwickeln ein Verfahren zur automatischen Messung der drei verschiedenen Verkehrszustände. Es nutzt Laser- und Radarscanner am Forschungsfahrzeug FASCar. Welche Assistenzsysteme in Frage kommen und Fahrer am besten unterstützen, erforschen die Psychologen parallel am Fahrsimulator. Noch ist nicht entschieden, ob ein Einfädel-System in bestimmten Situationen automatisch bremsen oder Gas geben, ob es dem Fahrer nur die richtige Lücke anzeigen, oder ob es schlicht und einfach nur Alarm schlagen sollte, wenn die Situation brenzlig wird. In drei Jahren sollen die am DLR entwickelten Einfädel-Systeme in ein Auto eingebaut werden, das im realen Verkehr fahren kann und darf.

Bis das Auto der Zukunft autonom fährt, gibt es noch genug zu tun für Assistenzsysteme, die den Fahrer in verschiedenen Situationen richtig unterstützen.

Mark Vollrath denkt sogar schon weiter. Er hält es für möglich, dass die Autos der Zukunft autonom fahren – automatisches Einfädeln und Geschwindigkeitsregulierung inbegriffen. „Aber bis dahin gibt es noch genug zu tun für Assistenzsysteme, die den Fahrer in verschiedenen Situationen richtig unterstützen.“

DR. MICHAEL FUHS



BISLANG WURDEN DIE EMISSIONEN DES SCHIFFSVERKEHRS WENIG BEACHTET, OBWOHL SIE ERHEBLICH SIND, WIE EINE DLR-STUDIE ZEIGT. Foto: Fessler/Helmholtz

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

SZENARIEN ZUM SCHIFFSVERKEHR

Die internationale Schifffahrt belastet durch veraltete Antriebstechnik und Abfallöl die Umwelt fast ebenso stark wie der Luftverkehr. Beiden Transportformen ist zudem gemeinsam, dass die Schadstoffe in einem Gebiet emittiert werden, das ansonsten keine anthropogenen Emittenten aufweist. Das belegen Studien des Instituts für Physik der Atmosphäre im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt. Dr. Veronika Eyring leitet dort eine Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppe, die im Forschungsprojekt SeaKLIM (Einfluss von Schiffsemissionen auf Atmosphäre und Klima) zusammen mit der Universität Bremen Umwelteffekte des Schiffsverkehrs untersucht.

Ihre Ergebnisse zeigen: Im Jahr 2000 haben Schiffsmotoren rund 800 Millionen Tonnen CO₂ oder 2,7 Prozent aller anthropogenen CO₂-Emissionen emittiert; der Anteil an Stickoxiden (NO_x) liegt bei 15 Prozent und an Schwefeldioxid (SO₂) bei 8 Prozent. Der jährliche Treibstoffverbrauch der internationalen Schifffahrt ist zudem zwischen 1950 und 2000 um den Faktor 4,3 auf inzwischen rund 280 Millionen Tonnen gestiegen. Die Forschergruppe hat in verschiedenen Szenarien gezeigt, dass sich die CO₂- und SO₂-Emissionen der Schifffahrt bis zum Jahr 2050 im Vergleich zur Gegenwart noch verdoppeln könnten, durch entsprechende Maßnahmen und wirksame Strategien sich jedoch die Situation deutlich verbessern ließe. Sollte nicht gegengesteuert werden, könnten die Stickoxid-Emissionen bald die heutigen Emissionen des weltweiten Straßenverkehrs übertreffen.

DLR



CHRISTIANE VOIGT FÜHRT VIELE MESSUNGEN MIT EINEM FORSCHUNGSFLUGZEUG DES DLR DURCH, DAS ENTSPRECHENDE GERÄTE AN BORD HAT. Foto: DLR

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

UMWELTSCHUTZ IM FLUGVERKEHR

Im Luftverkehr können eventuell schon relativ einfache Maßnahmen zur Reduktion schädlicher Einflüsse auf das Klima beitragen. Eine DLR-Nachwuchswissenschaftlerin sucht jetzt nach solchen Lösungen.

Vom Weltall aus betrachtet, überzieht an manchen Tagen ein Wirrwarr von weißen Linien ganz Westeuropa. Kondensstreifen von Flugzeugen bedecken hier im Jahresmittel fast ein halbes Prozent des Himmels. Sichtbar wird von Flugzeugen emittierter Wasserdampf, der in der kalten Atmosphäre zu kleinen Eiskristallen kondensiert.

Wir konnten in den Eiskristallen der Kondensstreifen erhöhte Mengen von stickoxidhaltigen Verbindungen nachweisen.

„Wie diese Eiskristalle mit den anderen Flugzeugabgasen wechselwirken und dadurch das Klima verändern, hat bisher noch niemand untersucht“, erklärt Dr. Christiane Voigt vom DLR-Institut für Physik der Atmosphäre in Oberpfaffenhofen. Die junge Physikerin leitet dort seit kurzem eine Nachwuchsgruppe, die im Forschungsprojekt AEROTROP (Impact of Aircraft Emissions on the heteroGeneous chemistry of the Tropopause region) zusammen mit der Universität Mainz und dem Max-Planck-Institut für Chemie die Umwelteffekte des Luftverkehrs unter die Lupe nimmt.

Das bekannteste von Flugzeugen freigesetzte Treibhausgas ist Kohlendioxid, das durch Verbrennung von Kerosin in den

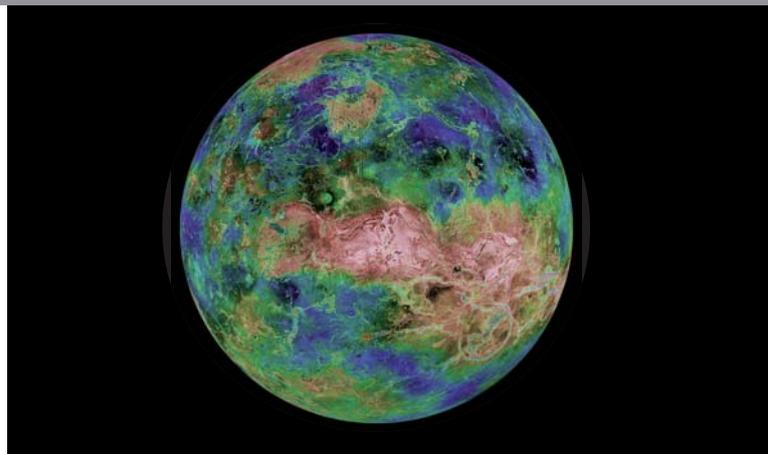
Triebwerken entsteht. Durch Kohlendioxid trägt der Luftverkehr etwa ein bis zwei Prozent zur globalen Erwärmung bei. „Aber der Beitrag aller Flugzeugemissionen zusammen liegt deutlich darüber“, gibt Christiane Voigt zu Bedenken. Vermutlich gehen aktuell drei Prozent der Erderwärmung auf das Konto der Luftfahrt. Die Tendenz ist steigend, denn der Luftverkehr ist eine Wachstumsbranche. Seit 1990 hat sich die Transportleistung des Luftverkehrs fast verdoppelt. Sorgenkind der Forscher sind neben Kohlendioxid die Stickoxide in den Flugzeugabgasen. Diese Moleküle aus Stickstoff und Sauerstoffatomen erzeugen in Reiseflughöhen zwischen acht und zwölf Kilometern das Spurengas Ozon. In größeren Höhen in der Stratosphäre schützt die Ozonschicht die Menschen vor der krebserregenden UV-Strahlung der Sonne. Dagegen entfaltet Ozon in Reiseflughöhen eine besonders relevante Wirkung als Treibhausgas. Hier vermindert Ozon die Abstrahlung der langwelligen Wärmestrahlung in den Weltraum und bewirkt so, dass sich die Atmosphäre aufheizt. Schon jetzt ist die luftfahrtbedingte Erwärmung durch Ozon ähnlich groß wie durch Kohlendioxid.

Anschließend möchten wir mit globalen Modellsimulationen die Klimawirksamkeit des Flugverkehrs in Abhängigkeit von der Höhe bestimmen.

Außer der Bildung von Ozon setzen Stickoxide weitere Prozesse in Gang. So bauen sie vermutlich Methan ab und reagieren mit Wolken. Wie sehr die Stickoxidemissionen in der Bilanz die Atmosphäre erwärmen, ist daher unklar und Gegenstand der Forschung von Christiane Voigt. Vor kurzem hat sie mit ihren Kooperationspartnern und dem Forschungszentrum Jülich bei



SEIT 1990 HAT SICH DER FLUGVERKEHR VERDOPPELT UND WÄCHST WEITER RASANT AN. DABEI WERDEN TREIBHAUSGASE FREIGESETZT, DIE DEN TREIBHAUS-EFFEKT VERSTÄRKEN. Foto: DLR



IN DEN 90ER-JAHREN WURDE DIE VENUS DURCH DIE MAGELLAN-SONDE VERMESSEN, DIE TIEFEBENEN ERSCHEINEN IN GRÜN UND BLAU, DIE GEBIRGE ROSA. Foto: NASA/JPL/USGS

Forschungsflügen in Norddeutschland Überraschendes gefunden. „Wir konnten in den Eiskristallen der Kondensstreifen erhöhte Mengen von stickoxidhaltigen Verbindungen nachweisen“, erklärt Christiane Voigt. Durch die Aufnahme dieser Verbindungen in Eisteilchen werden die aggressiven Stickoxide aus dem Abgas entfernt. Die klimaschädliche Ozonbildung nimmt ab.

Solche unverständenen Prozesse will Christiane Voigt in Zukunft mit ihrer Nachwuchsgruppe weiter untersuchen. Mit dem neuen Forschungsflugzeug HALO (High Altitude Long Range Research Aircraft) wird sie zusammen mit ihren Kooperationspartnern bei so genannten Verfolgungsflügen direkt hinter Düsenjets die Veränderung der Atmosphäre durch Flugzeugabgase und Kondensstreifen beobachten. „Anschließend möchten wir mit globalen Modellsimulationen die Klimawirksamkeit des Flugverkehrs in Abhängigkeit von der Höhe bestimmen“, erläutert Christiane Voigt. Denn die Stärke der einzelnen Prozesse variiert mit der Temperatur und damit mit der Flughöhe.

In drei Jahren wollen die AEROTROP Wissenschaftler eine Aussage darüber treffen, in welchen Luftschichten die geringsten Umweltwirkungen durch die Flugzeug-Abgase zu erwarten sind. Möglich, dass sich aus den Forschungsergebnissen dann ein Beitrag zur Verringerung des Treibhauseffekts ableiten lässt: Die Anpassung der Flughöhen.

DR. MICHAEL FUHS

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

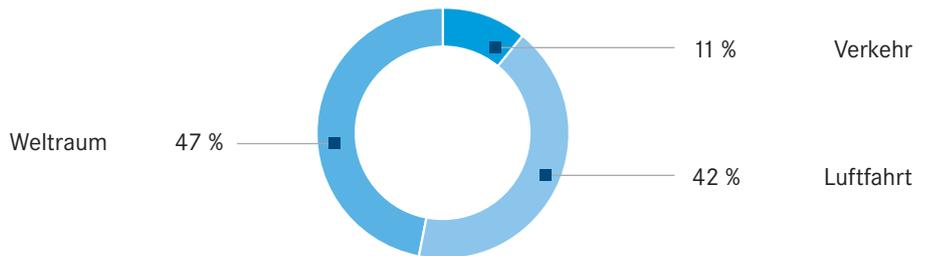
HINTER DEM SCHLEIER DER VENUS

Die Venus ist heiß, im Durchschnitt 460 Grad Celsius und selbst auf den Gipfeln der höchsten Berge ist es gerade mal 30 Grad kühler. Doch viel mehr weiß man noch immer nicht, denn die Venus verhüllt sich mit einem rund 100 Kilometer dicken Schleier aus reinem Kohlendioxid, undurchsichtig für die meisten Frequenzen des Lichts. Dr. Jörn Helbert vom Institut für Planetenforschung des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt ist gerade dabei, hinter diesen Schleier zu schauen: Denn seit gut einem Jahr umrundet die ESA-Sonde Venus-Express die Venus, an Bord ist das Spektrometer VIRTIS, das teilweise am DLR in Berlin entwickelt wurde. Helbert und seine Kollegen haben eine Datenpipeline für die automatische Auswertung der VIRTIS-Daten entwickelt. VIRTIS besitzt insgesamt 120 optische Kanäle, die mit präzisen elektromagnetischen Frequenzen arbeiten, drei dieser Kanäle blicken durch die winzigen „optischen Fenster“ der Treibhausschicht bis zum Boden. Aus den thermischen Signalen, die vom Boden emittiert werden, kann Helbert die Oberflächentemperatur genau messen und die Morphologie abtasten. Insbesondere will er nun herausfinden, ob es auf der Venus aktive Vulkane gibt, die auch heute noch die Gestalt des Planeten verändern. Seine Messungen kann er nun sogar durch die Daten ergänzen, die die amerikanische Raumsonde Messenger auf dem Weg zum Merkur beim Vorbeiflug an der Venus liefert – „eine einmalige Chance“, meint der Planetenexperte.

arö

Die Struktur des Forschungsbereichs Verkehr und Weltraum Grundfinanzierte Kosten 2006: 110 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Verkehr und Weltraum 157 Millionen Euro.
Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 266 Millionen Euro zur Verfügung.



DIE PROGRAMME

Das Programm Verkehr

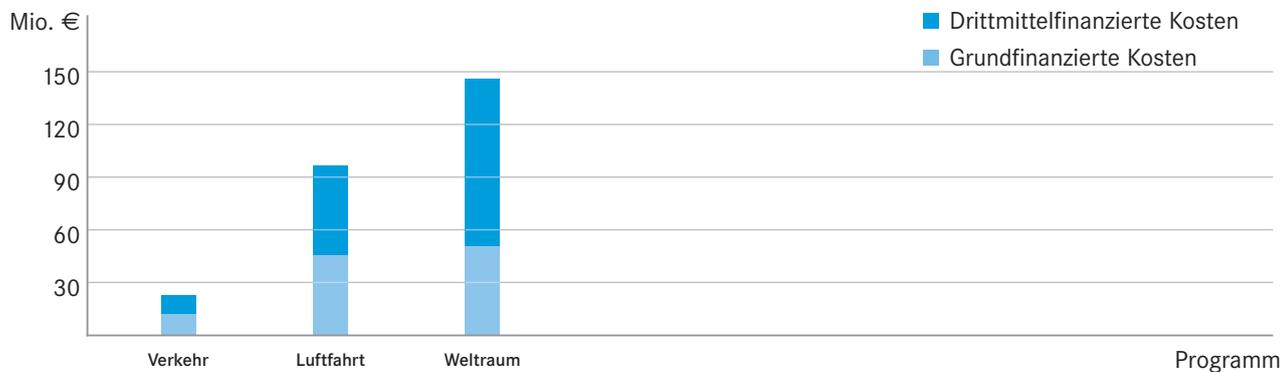
Das Verkehrssystem ist bereits heute in weiten Teilen überfordert und hat immer größere Schwierigkeiten, den steigenden Verkehr aufzunehmen. Die chronische Überbeanspruchung dieses zentralen Systems gefährdet dabei zunehmend die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen und europäischen Wirtschaft. Hohes Verkehrsaufkommen belastet aber auch die Umwelt, mindert die Lebensqualität der Menschen und geht mit spürbaren Unfallrisiken einher. Das Programm Verkehr orientiert sich deshalb an drei übergeordneten Zielen: Mobilität sichern, Umwelt und Ressourcen schonen, Sicherheit erhöhen. Um diese Ziele zu erreichen, entwickelt das DLR problemorientierte Lösungsansätze für bodengebundene Fahrzeuge, Verkehrsmanagement und das Verkehrssystem. Dabei wird auf eine in Deutschland einzigartige Art und Weise an verkehrlichen Fragestellungen gearbeitet, indem spezifische Verkehrsexpertisen mit vorhandenen Kompetenzen aus Luft- und Raumfahrt sowie Energie verknüpft werden. Wie lassen sich Fahrzeugstrukturen und Energiesysteme optimieren, Fahrwiderstände und Verschleiß vermindern, Komfort erhöhen und zugleich Umweltwirkungen reduzieren? Dies sind zentrale Fragen bei der Erforschung von Straßen- und Schienenfahrzeugen der nächsten und übernächsten Generation. Individualisierte Assistenzsysteme stehen im Fokus, wenn es darum geht, die Sicherheit weiter zu erhöhen und Verkehrsteilnehmer zukünftig

situationsbezogen zu unterstützen. Innovative Lösungen zum Straßen- und Schienenverkehrs- sowie Flughafenmanagement tragen dazu bei, die Effektivität und Effizienz der Infrastrukturnutzung zu verbessern. Für eine wesentliche Unterstützung von Einsatzkräften bei Großereignissen und Katastrophen sorgen Verkehrsmanagementinformationen und maßgeschneiderte Entscheidungshilfen. Die Bereiche Verkehrsentwicklung und Umwelt werden integral unter Berücksichtigung ihrer Wechselwirkungen betrachtet, womit neue Wege bei der Untersuchung des Verkehrssystems beschritten werden.

Das Programm Luftfahrt

Die Luftfahrtindustrie heute ist durch die Europäische Integration geprägt. Deshalb wird im Programm Luftfahrt die Vernetzung mit europäischen Partnern vorangetrieben, insbesondere mit den französischen und niederländischen Partnerorganisationen ONERA und NLR. Im Vordergrund stehen zurzeit die Weiterentwicklung von Transportflugzeugen in Zusammenarbeit mit ONERA, der Flugführungstechnologie in Kooperation mit NLR und die Erweiterung des DLR-NLR-Windkanalverbundes um die ONERA-Windkanäle. Inhaltlich orientiert sich die Forschung an folgenden Zielen: Steigerung der Sicherheit, Reduktion von Fluglärm und Emissionen, Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Steigerung der Leistungsfähigkeit des Lufttransportsystems. Unter „DLR/ONERA Aircraft Research“ sind die

Gesamtkosten des Forschungsbereichs Verkehr und Weltraum



Arbeiten an Starrflügelflugzeugen gebündelt. Bei der Hub-schrauber-Forschung „DLR/ONERA Rotorcraft Research“ geht es insbesondere darum, auch bei schwierigen Wetterbedingungen einen sicheren Flugbetrieb zu ermöglichen und somit den Einsatzbereich zu erweitern und die Umweltverträglichkeit dieses Flugverkehrssystems zu verbessern. Ein weiteres Thema ist der effiziente und umweltfreundliche Antrieb. Forschung zum Programmthema „Sichere und effiziente Luftverkehrsführung“ behandelt das Gebiet des „Air Traffic Management“, vor allem für den Flughafenbereich. „Luftverkehr und Umwelt“ ist ein Querschnittsthema: Im Zentrum stehen Arbeiten zum schadstoffarmen und leisen Luftverkehr sowie zu Wirbelschleppen.

Das Programm Weltraum

Im Programm Weltraum werden unter anderem die Grundlagen geschaffen, um neue Satelliten zu entwickeln und zu betreiben, deren Daten für Meteorologie, Umweltüberwachung, Katastrophenvorsorge, Ressourcenmanagement, Mobilität und Friedenssicherung heute unverzichtbar sind. Die sechs Themen des Programms sind in das Nationale Raumfahrtprogramm integriert. Im Thema „Erdbeobachtung“ befasst sich das DLR als einzige europäische Einrichtung mit dem gesamten Aufgabenspektrum der Satellitenfernerkundung, von der Sensordefinition über die Realisierung bis hin zu

Datenempfang und Nutzung. Zum Thema „Kommunikation und Navigation“ gehören die Weiterentwicklung der mobilen, satellitengestützten Breitbandkommunikation und der Aufbau des europäischen Satellitennavigationssystems GALILEO. „Raumtransport“ ist ein weiteres Forschungsthema: Hier stehen Aktivitäten im Mittelpunkt, die den europäischen Zugang zum Weltraum sichern. In Arbeitsteilung mit den europäischen Partnern konzentrieren sich die Forscher auf Raketenantriebe, insbesondere die Schubkammertechnologie und auf die Arbeitsgebiete Hochtemperatur-Faserkeramik und Aerothermodynamik. Die im DLR durchgeführten Raketenantriebstests sind fester Bestandteil des Ariane-Programms. Auch die Erforschung des Weltraums, insbesondere der Entwicklung des Planetensystems und der Suche nach Wasservorkommen und Lebensspuren auf anderen Planeten ist ein weiteres Thema des Programms. Bei der Forschung unter Weltraumbedingungen geht es vor allem um die effiziente Nutzung der Internationalen Raumstation ISS. Als sechstes und letztes Thema rundet die „Technik für Raumfahrtsysteme“ das Programm in technologischer Hinsicht ab: Hier werden ferngesteuerte, teilweise autarke Roboter entwickelt, die nicht nur im Weltraum, sondern auch in der Industrie eingesetzt werden können.

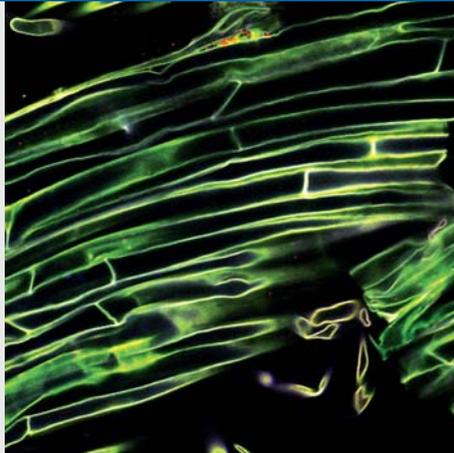
WISSENSCHAFTSPREIS DES STIFTERVERBANDES – ERWIN SCHRÖDINGER-PREIS

WIE BAKTERIEN IHRE STRATEGIEN OPTIMIEREN

Bahnbrechende Erkenntnisse über die Kommunikation in bakteriellen Gemeinschaften hat ein interdisziplinäres Forschungsteam vom GSF-Forschungszentrum für Umwelt- und Gesundheit, der Universität Bonn und der TU München gewonnen.

Für ihre Analyse der Strategien von Bakterien in komplexen, natürlichen Umgebungen haben sie den Wissenschaftspreis des Stifterverbandes – Erwin Schrödinger-Preis erhalten, der abwechselnd vom Stifterverband und der Helmholtz-Gemeinschaft finanziert wird und mit 50.000 Euro dotiert ist. „Mit diesem Preis werden Ergebnisse ausgezeichnet, die durch enge Zusammenarbeit zwischen den Disziplinen entstanden sind“, betont Prof. Dr. Jürgen Mlynek. Das ist hier geradezu beispielhaft der Fall: Die Preisträger kommen aus den Bereichen Biologie und Mathematik und haben gemeinsam eine völlig neue, zukunftsweisende Theorie zur bakteriellen Kommunikation aufgestellt, die sowohl auf medizinische als auch auf ökologische Fragestellungen angewandt werden kann. Denn auch Bakterien „reden“ miteinander: Sie senden chemische Botenstoffe aus, die von Artgenossen aufgenommen werden. Doch was haben sie sich zu sagen? Und wie leiten sie daraus ab, was sie tun müssen? Bakterielle Gemeinschaften sind zu erstaunlich komplexen, kollektiven Handlungen

imstande. Sie können zum Beispiel einen Biofilm bilden oder Stoffe produzieren, um unter widrigen Bedingungen zu überleben. Entdeckt wurde die mikrobielle Kommunikation zunächst unter stark vereinfachten Bedingungen im Labor. So begannen Kulturen des Leuchtbakteriums *Vibrio fischeri* stets ab einer bestimmten Zelldichte zu leuchten. Dieser Schwellenwert (Quorum) wurde offensichtlich als Startschuss für die chemische Leucht-Reaktion verstanden. Allerdings hatte diese Erklärung einen Schwachpunkt: Von der Biolumineszenz ihrer Artgenossen profitierten eben auch solche Bakterien, die ihren Stoffwechsel schonten. Solche „Schmarotzer“ würden sich jedoch über kurz oder lang stärker vermehren und damit das kooperative Phänomen zum Erliegen bringen. Die andere Erklärung kommt ohne Kooperation aus: Denn die Bakterien könnten auch einfach aus der Konzentration der Signalmoleküle ableiten, wie viel freier Raum in ihrer unmittelbaren Umgebung zur Verfügung steht (Diffusion Sensing). Allerdings vernachlässigen beide Theorien die Bedeutung der



MIKROKOLONIEN VON BAKTERIEN KOMMUNIZIEREN MIT SIGNALMOLEKÜLEN: ROT LEUCHTEN DIE PRODUZENTEN DER SIGNALMOLEKÜLE, GRÜN DIE NICHT ANGEREGTEN UND GELB DIE ANGEREGTEN SENSORZELLEN. Foto: GSF-Abteilung Mikrogen-Pflanzen-Interaktionen

räumlichen Verteilung der Bakterien in ihrem Lebensraum. Nun hat eine Gruppe aus Biomathematikern und Biologen von der GSF, der TU München und der Universität Bonn gezeigt, dass Bakterien in komplexen, natürlichen Umgebungen eine Gesamtstrategie nutzen, die sich nur in einfachen Extremfällen auf Diffusion Sensing oder Quorum Sensing reduzieren lässt. Erst mit dieser Gesamtstrategie, dem „Efficiency Sensing“ können Bakterien feststellen, ob sich in ihrer Umwelt der Energieaufwand lohnt, um Antibiotika zu produzieren oder einen Biofilm zu bilden.

Die Wissenschaftler untersuchten dafür den Lebensraum an Wurzeloberflächen im Boden, die so genannte Rhizosphäre. Hier findet sich ein hochkomplexes und kleinräumig verzahntes Gemisch aus Feststoffen, Gelen, Flüssigkeiten und Gasen, in denen zahllose Organismen und Lebensgemeinschaften kreuz und quer miteinander „palavern“. Dieses Beispiel haben Dr. Burkhard Hense und Dr. Christina Kuttler vom GSF-Institut für Biomathematik und Biometrie modelliert, indem sie eng mit Prof. Dr. Anton Hartmann und Dr. Michael Rothballer von der GSF-Abteilung Mikrogen-Pflanzen-Interaktionen, Prof. Dr. Johannes Müller von der TU München sowie dem theoretischen Biologen Dr. Jan-Ulrich Kreft von der Universität Bonn zusammen gearbeitet haben.

Hense und Kuttler konnten zeigen, dass die Kommunikation in der Rhizosphäre nicht nur von der Zelldichte oder der Größe der Umgebung abhängt, sondern auch stark von der räumlichen Verteilung der Bakterien. Die Mikroben nehmen immer eine Mischung aus Zelldichte, Zellverteilung und Diffusionslimitierung durch räumliche Bedingungen wahr und es kommt dabei auf die genauen Umstände an, welcher Aspekt die Oberhand gewinnt. Das Schmarotzerproblem wird dabei

durch Zusammenballung eng verwandter Organismen gelöst, die an den Wurzeloberflächen „klonale Mikrokolonien“ bilden. Und da so alle Verwandten in nächster Nähe sitzen, „lohnt“ sich genetisch gesehen auch die Kooperation – Fremde bleiben weitgehend ausgeschlossen.

„Die Preisträger haben damit erstmals eine Theorie vorgestellt, die den großen Nutzen und die mannigfaltigen Funktionen der bakteriellen Kommunikation zeigt. Und ihre Theorie kann jetzt auf vielfältige medizinische, aber auch ökologische Probleme angewendet werden“, schreibt ein Fachgutachter, der die Arbeit bewertet hatte. Diese besonders gelungene Art der interdisziplinären Zusammenarbeit erschließt neue Sichtweisen auf das Gebiet der bakteriellen Kommunikation und dürfte langfristig neue Möglichkeiten aufzeigen, in das bakterielle Signalsystem gezielt einzugreifen: Zum Beispiel in der Landwirtschaft, um bestimmte Bodenbakterien zu unterstützen oder in der Medizin, um bei bakteriellen Infektionen die Bildung von Biofilmen zu verhindern.

DIE PREISTRÄGER

Dr. Burkhard A. Hense und Dr. Christina Kuttler,
GSF/Institut für Biomathematik und Biometrie
Prof. Dr. Johannes Müller, TU München, Zentrum Mathematik
und GSF/Institut für Biomathematik und Biometrie
Dr. Michael Rothballer und Prof. Dr. Anton Hartmann,
GSF/Abteilung Mikrogen-Pflanzen-Interaktionen
Dr. Jan-Ulrich Kreft, Universität Bonn, Theoretische Biologie



MENSCHEN UND MITTEL

Auf den nächsten Seiten dokumentieren wir, wie wir unsere Ressourcen investieren. Unser wichtigstes Kapital sind dabei unsere Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die mit ihren Ideen, ihrer Kreativität und ihrem Engagement die Forschung vorantreiben.

PARTNER DES PAKTS FÜR FORSCHUNG UND INNOVATION

Die Helmholtz-Gemeinschaft steht dafür ein, entsprechend ihrer Mission ihren Beitrag zu Wachstum und Wohlstand zu leisten. Ein bedeutendes Instrument ist der Impuls- und Vernetzungsfonds.

Exzellenz durch Wettbewerb, Forschung, von der Wissenschaft und Gesellschaft gleichermaßen profitieren, und starke strategische Partnerschaften: Das sind die wichtigsten Mittel, mit denen die Helmholtz-Gemeinschaft die Ziele des Pakts für Forschung und Innovation erreichen will. Zusätzlich verstärkt sie die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, eröffnet Karrierewege in der Helmholtz-Gemeinschaft und übernimmt damit Verantwortung für die Zukunft.

Auf der Grundlage der im Pakt bis 2010 garantierten finanziellen Planungssicherheit hat die Helmholtz-Gemeinschaft eine Reihe von Maßnahmen angestoßen, die dieses Konzept in besonderer Weise umsetzen. Diese Maßnahmen werden einerseits in der Grundfinanzierung durch die Programmorientierte Förderung realisiert. Andererseits bestehen sie aus neuen Initiativen, die mit einem zusätzlichen Förderinstrument finanziert werden: dem Impuls- und Vernetzungsfonds.

Qualität sichern, Entwicklungsimpulse geben

Der Impuls- und Vernetzungsfonds wirkt in vieler Hinsicht komplementär zu den Vergabeverfahren der Programmorientierten Förderung. Das gilt sowohl zeitlich als auch thematisch. Der Fonds ermöglicht es erstens, schnell und flexibel zu reagieren und Impulse dort zu setzen, wo strategische Forschungsziele rasch erreicht werden sollen. Zweitens können strukturelle Innovationen wie eine stärkere Vernetzung mit Partnerinstitutionen aus dem In- und Ausland durch die Impulsfondsförderung gezielt vorangetrieben werden. Durch den Pakt für Forschung und Innovation wurde es möglich, den Impulsfonds zu stärken und die verfügbaren Mittel auf 42 Millionen Euro im Jahr 2007 und 57 Millionen Euro in 2008 aufzustocken.

Wesentliche Neuerung des Jahres 2006 ist die neue Förderlinie der Helmholtz-Allianzen, die der doppelten Zielsetzung – strategische Ziele erreichen und strukturelle Innovationen fördern – gerecht werden. Sie können ein Gesamtvolumen von bis zu zehn Millionen Euro pro Allianz und Jahr erreichen, welches je zur Hälfte durch den Impulsfonds und durch das Partnerkonsortium finanziert wird.

Exzellenz durch Wettbewerb

Der Pakt für Forschung und Innovation garantiert als ein wesentliches Ziel hervorragende Qualität in der Forschung. Die Helmholtz-Gemeinschaft setzt dieses Ziel um, indem sie Mittel fast ausschließlich im Wettbewerb vergibt. Dieses wettbewerbliche Prinzip gilt sowohl für die Grundfinanzierung der Helmholtz-Zentren über die Programmorientierte Förderung als auch für die Vergabe von Geldern aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds. Die Qualität der Vorhaben wird durch Peer Review sichergestellt. Allein im Rahmen der Ausschreibungen des Impuls- und Vernetzungsfonds 2006 waren über 200 ehrenamtliche, größtenteils internationale Experten als Gutachter für die Helmholtz-Gemeinschaft tätig.

Wissenschaft und Gesellschaft profitieren

Im Einklang mit ihrer Mission erforscht die Helmholtz-Gemeinschaft mit den Mitteln aus dem Pakt für Forschung und Innovation Themenfelder von hoher gesellschaftlicher Relevanz. Ein Beispiel dafür aus dem Gesundheitsbereich ist das neue „Berlin-Brandenburg Center for Regenerative Therapies“. Betrieben wird das Zentrum gemeinsam von der Charité-Universitätsmedizin Berlin und der Helmholtz-Gemeinschaft, die zehn Millio-



Mit dem Pakt für Forschung und Innovation haben Bund und Länder eine wichtige Richtungsentscheidung für die Forschung getroffen. Im Bild: Bundesforschungsministerin Dr. Annette Schavan am Alfred-Wegener-Institut

nen Euro in das Projekt einbringt. Dabei macht sich einmal mehr die Stärke der Helmholtz-Gemeinschaft bemerkbar, Zukunftsthemen über die Grenzen von Disziplinen und Einrichtungen hinweg in Angriff zu nehmen.

Ein weiteres großes Projekt aus dem Forschungsbereich Gesundheit beweist die besondere Fähigkeit der Helmholtz-Gemeinschaft, neuartige Ansätze fächerübergreifend zu verfolgen. Die Helmholtz-Initiative Systembiologie hat zum Ziel, die Ursachen komplexer Erkrankungen durch einen ganzheitlichen Ansatz zu erforschen und neue Therapieansätze zu entwickeln. Mit dem zentrenübergreifenden und interdisziplinären Forschungsvorhaben sollen zelluläre Vorgänge systemisch aufgeklärt werden, um einen vertieften Einblick in die Entstehung häufiger Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems, des Gehirns und Nervensystems oder Krebs zu bekommen. Die Ergebnisse werden in Diagnose, Prävention und Therapie dieser Krankheiten einfließen. Von 2007 bis 2011 wird die Initiative mit rund 24 Millionen Euro aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds des Präsidenten gefördert. Die Helmholtz-Zentren und ihre Projektpartner investieren in etwa den gleichen Anteil zusätzlich.

Wesentliche Neuerung des Jahres 2006 ist die neue Förderlinie der Helmholtz-Allianzen, die der doppelten Zielsetzung – strategische Ziele erreichen und strukturelle Innovationen fördern – gerecht werden.

Auch im Forschungsbereich Energie investiert die Helmholtz-Gemeinschaft die Mittel aus dem Pakt für Forschung in die Lösung von Problemen, die für unsere Gesellschaft elementar sind. Angesichts des Klimawandels und der Tatsache, dass wir in den nächsten Jahrzehnten noch nicht auf fossile Brennstoffe verzichten können, gehören Technologien für emissionsfreie Kraftwerke zu den Entwicklungen, die wir am dringendsten benötigen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aus vier Helmholtz-Zentren (Forschungszentrum Jülich, GKSS-Forschungszentrum Geesthacht, Deutsches Elektronen-Synchrotron, Hahn-Meitner-Institut Berlin) haben deshalb mit Partnern aus in- und ausländischen Universitäten und der Industrie eine Allianz geschlossen, die keramische Membranen entwickelt,

mit denen Schadstoffe und Kohlendioxid in Kohlekraftwerken abgeschieden und damit die Emissionen gesenkt werden können. Diese Helmholtz-Allianz wird ein Volumen von rund 22 Millionen Euro über eine Laufzeit von drei Jahren erreichen.

Starke Partnerschaften schmieden

Die Helmholtz-Gemeinschaft ist ein starker Partner der Universitäten. Die Gemeinschaft setzt auf strategische Partnerschaften in Forschungsschwerpunkten und in der Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs. Erfolgskriterium ist Qualität, nicht Quantität. Davon zeugen auch die gemeinsamen Erfolge.

Die Gemeinschaft setzt auf strategische Partnerschaften in Forschungsschwerpunkten und in der Ausbildung von wissenschaftlichem Nachwuchs.

Die Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft sind wichtige Partner in beiden Ausschreibungen der Exzellenzinitiative: In der ersten Runde wurden als gemeinsame Projekte vier Graduiertenschulen, sechs Exzellenzcluster und ein Zukunftskonzept zusammen mit der Universität Karlsruhe bewilligt. In der Vorauswahl zur zweiten Runde sind sechs Graduiertenschulen, vier Exzellenzcluster und zwei Zukunftskonzepte eingereicht worden, eines zusammen mit der Universität Heidelberg und eines zusammen mit der RWTH Aachen.

Mit dem bewilligten Zukunftskonzept des Karlsruhe Institute of Technology (KIT) werden gegenwärtig im Rahmen der Exzellenzinitiative die Forschungskapazitäten der beteiligten Institutionen – Exzellenzuniversität und nationales Helmholtz-Zentrum – in thematisch fokussierten Zentren und Schwerpunkten gebündelt. In den Bereichen Energieforschung, Optik und Nanowissenschaften will das KIT neben der Spitzenforschung und der exzellenten akademischen Ausbildung eine herausragende Stätte für lebenslanges Lernen, umfassende Weiterbildung und Wissensaustausch bieten. Jetzt wird die Verschränkung der Aufsichts- und Leitungsgremien vorbereitet, um als Basis für die strategische Partnerschaft zu dienen, insbesondere für eine abgestimmte Berufungspolitik und eine umfassende Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses.



Förderung von Kooperation

Die Helmholtz-Gemeinschaft beschreitet in der Exzellenzinitiative, aber auch mit den Förderinstrumenten des Impuls- und Vernetzungsfonds innovative Wege, um die Zentren inhaltlich und organisatorisch mit Universitäten noch enger zu verschränken. Dazu trägt besonders auch die neue Förderlinie der „Helmholtz-Allianzen“ bei. Herausragendes Beispiel dafür ist die im Mai 2007 bewilligte Helmholtz-Allianz „Physics at the Terascale“, die unter der Konsortialführerschaft des DESY wesentliche Aktivitäten der deutschen Teilchenphysiker-Gemeinde im Hinblick auf die anlaufenden Experimente am Large Hadron Collider des CERN in Genf bündelt. Damit können die deutschen Institutionen im internationalen Kontext gemeinsam agieren. In dem Projekt sind neben dem DESY und dem Forschungszentrum Karlsruhe ein Max-Planck-Institut und 17 Universitäten beteiligt.

Bei den Virtuellen Instituten der Helmholtz-Gemeinschaft handelt es sich um eine besondere Form der Kooperation, in der sich Wissenschaftler orts- und institutionenübergreifend zu Teams zusammenfinden, die Forschungsfragen gemeinsam bearbeiten und über eine Laufzeit von drei Jahren eine Anschubfinanzierung von 250.000 bis 300.000 Euro pro Jahr aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft erhalten. Ein wesentlicher Teil dieser Gelder kommt dabei den beteiligten Hochschulen zugute.

Bei den Virtuellen Instituten der Helmholtz-Gemeinschaft handelt es sich um eine besondere Form der Kooperation, in der sich Wissenschaftler orts- und institutionenübergreifend zu Teams zusammenfinden.

Im Jahr 2006 wurden zehn neue Virtuelle Institute gegründet, so dass nun seit der ersten Ausschreibung dieser Förderform im Jahr 2003 insgesamt 77 solcher Kooperationen von der Helmholtz-Gemeinschaft gefördert wurden oder werden. Dass diese Investition sich auszahlt, bezeugt der erklärte Wille der Partner, die Zusammenarbeit auch über das Ende der Impulsfondsförderung hinaus fortzusetzen. In einer Umfrage unter den Projektsprechern berichteten außerdem mehr als die Hälfte der Teilnehmer, mit den Partnern aus dem Virtuellen Institut

bereits weitere Drittmittel eingeworben zu haben. Zu den prominentesten Beispielen hierfür zählt das Virtuelle Institut „Wirklichkeitsnahe 3D-Rekonstruktion und -Modellierung von Objekten“, dessen Trägerinstitutionen, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt und die TU München, gemeinsam mit dem Cluster „Cognitive Technical Systems“ bei der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder erfolgreich waren.

Großgeräte als Kristallisationspunkte der Kooperation

Ein Kernstück der Mission der Helmholtz-Gemeinschaft ist die Weiterentwicklung der Großgeräte, die für den Forschungsstandort Deutschland von großer Bedeutung sind. Zum einen forscht die Helmholtz-Gemeinschaft dort in eigener Regie mit hervorragenden Ergebnissen. Zum anderen leistet die Helmholtz-Gemeinschaft als Partner an den Großgeräten einen erheblichen Beitrag zur wissenschaftlichen Infrastruktur und zur Internationalisierung des Wissenschaftsstandortes Deutschland. Zu den wichtigsten internationalen Großprojekten zählen der europäische Freie-Elektronen-Röntgenlaser XFEL (Baubeginn Juni 2007) und der Teilchenbeschleuniger FAIR, die von den jeweils beteiligten Helmholtz-Zentren in Hamburg und Darmstadt federführend vorangetrieben werden. Beide Instrumente finanziert die Bundesrepublik nicht allein: Beim XFEL in Hamburg bringt Deutschland etwa 60 Prozent der Gesamtkosten von rund einer Milliarde Euro auf. Die europäischen Partner tragen die Restsumme. Für Arbeiten am XFEL werden Spitzenwissenschaftler aus aller Welt nach Deutschland kommen. Das Helmholtz-Zentrum für Schwerionenforschung in Darmstadt ist der ideale Standort für FAIR. Dort stehen bereits Beschleuniger, die FAIR mit schnellen Teilchen beliefern, aus denen dann exotische Atomkerne und Antiprotonen für die Experimente der Physiker erzeugt werden. Deutschland wird 75 Prozent der Kosten für die Errichtung von FAIR übernehmen, die rund eine Milliarde Euro betragen. 25 Prozent übernehmen europäische Partner und Indien.

Die Helmholtz-Gemeinschaft beteiligt sich auch an Großgeräten außerhalb Deutschlands. Sie liefert etwa den deutschen Beitrag zum Aufbau von ITER, einem Experimentalreaktor im französischen Cadarache und fördert so die

Der Pakt für Forschung und Innovation eröffnet notwendige Handlungs- und Entwicklungsfreiräume für die Forschung. Im Gegenzug hat sich die Helmholtz-Gemeinschaft als Partner dieser Innovationsoffensive verpflichtet, ihren Beitrag zu Wachstum und Wohlstand zu leisten: durch Konzentration auf Exzellenz, neue Formen der Kooperation und Vernetzung, die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses und die Entwicklung neuer Ansätze zur Innovationsförderung.

Kooperation in der internationalen Gemeinde der Fusionsforscher. Mit ITER soll getestet werden, ob Energiegewinnung durch Kernfusion technisch möglich ist und wirtschaftlich rentabel sein kann.

Internationale Vernetzung

Mit ihren Kooperationen innerhalb des europäischen Forschungsraums kann die Helmholtz-Gemeinschaft überdurchschnittliche Erfolge für sich verbuchen: Die Erfolgsquote der Anträge von Helmholtz-Wissenschaftlern bei der Europäischen Kommission betrug im sechsten Forschungsrahmenprogramm etwa 36 Prozent gegenüber dem europäischen Durchschnitt von zirka 22 Prozent und dem nationalen Durchschnitt von 24 Prozent. Die meisten Fördermittel wurden in den Bereichen Gesundheit und Forschungsinfrastrukturen eingeworben, gefolgt vom Bereich Luft- und Raumfahrt.

Die Helmholtz-Gemeinschaft initiierte aber auch Projekte, die über den EU-Rahmen hinausgehen und wichtige internationale Partnerschaften zum Beispiel in Indien, Russland und China. Hierbei handelt es sich zunächst um Aktivitäten im kleineren Maßstab, die aber als Türöffner für größere und langfristige Projekte dienen.

Mit ihren Kooperationen innerhalb des europäischen Forschungsraums kann die Helmholtz-Gemeinschaft überdurchschnittliche Erfolge für sich verbuchen.

Die russische Gesellschaft für Grundlagenforschung (Russian Foundation for Basic Research – RFBR) und die Helmholtz-Gemeinschaft unterzeichneten im September 2006 eine Vereinbarung über die gemeinsame Förderung von deutsch-russischen Forschungsgruppen. Zwischen 2007 und 2010 werden jedes Jahr vier „Helmholtz-Russian-Joint-Research Groups“ eingerichtet, die wissenschaftliche Kooperationen zwischen den Helmholtz-Zentren und russischen Wissenschaftseinrichtungen und Universitäten intensivieren. Dafür werden russische und deutsche Forschungskapazitäten in „Centres of Excellence“ von internationaler Sichtbarkeit und hoher Attraktivität für Forscher aus der ganzen Welt gebündelt.

Um den Austausch von Wissenschaftlern und die Kooperationen zwischen China und Deutschland zu unterstützen, haben der China Scholarship Council (CSC) und die Helmholtz-Gemeinschaft im letzten Jahr eine Vereinbarung über die Förderung von chinesischen Nachwuchswissenschaftlern geschlossen. Die Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft haben 50 Stellen für Doktoranden und Postdoktoranden ausgeschrieben, wobei die Doktoranden entweder in China oder an einer deutschen Universität promovieren. Sie werden gemeinsam von den deutschen Wissenschaftlern und dem CSC ausgewählt.

Talente entdecken, fördern und begleiten

Die Nachwuchsförderinitiativen der Helmholtz-Gemeinschaft etablieren Standards auf hohem Niveau und setzen damit eine wichtige Zielsetzung des Pakts für Forschung und Innovation in die Tat um. Auch in diesem Bereich setzt der Impuls- und Vernetzungsfonds besondere Akzente.

Zur breiten Palette der Förderlinien gehört das Nachwuchsgruppen-Programm. Geboten wird den besten Bewerbern aus dem In- und Ausland, deren Promotion zwei bis sechs Jahre zurückliegt, die Einrichtung und Leitung eigener Arbeitsgruppen, frühe wissenschaftliche Selbstständigkeit sowie die Option auf eine unbefristete Beschäftigung (Tenure). Letzteres ist in Deutschland einmalig. Die Forschenden vor der Promotion werden durch die Einrichtung von Graduiertenschulen und -kollegs an den Helmholtz-Zentren unterstützt. Die Kollegs bieten thematisch fokussierte Doktorandengruppen und die Doktorandenschulen eine fächerübergreifende Dachstruktur. Beide sichern eine hohe Qualität der Doktorarbeiten in der Helmholtz-Gemeinschaft.

Die Nachwuchsförderung geht jedoch über die üblichen Zielgruppen der Graduierten und Promovierten hinaus. Die neu eingerichtete Helmholtz-Akademie fördert Karrieren im Wissensmanagement. Für die Berufsausbildung in den Forschungszentren wurde Anfang 2007 eine Sonderförderung von 10 Millionen Euro beschlossen. Und nicht zuletzt gehört die Helmholtz-Gemeinschaft zu den wenigen Institutionen, die auch vorakademische Forscherkarrieren unterstützen: Mit der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ in den Kindergärten und mit den Schülerlaboren im Schulalter.

ÜBERBLICK ÜBER DIE HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

LEISTUNGSBILANZ 2006

Im Jahr 2006 haben die Helmholtz-Zentren zusätzlich zu ihren institutionell geförderten Kosten durch Bund und Länder in Höhe von insgesamt 1,653 Milliarden Euro Drittmittel in Höhe von 696 Millionen Euro eingeworben.

Diese Drittmittel stammen in den anwendungsorientierten Forschungsbereichen überwiegend aus Kooperationen mit der Wirtschaft, in den eher grundlagenorientierten Forschungsbereichen handelt es sich überwiegend um wettbewerblich eingeworbene Fördermittel, zum Beispiel aus Förderprogrammen der Europäischen Union, der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) oder der Ministerien. Die relativ hohen Drittmittelinwerbungen sind ein Beweis für die Attraktivität der Helmholtz-Forschung für Wissenschaft und Wirtschaft.

Die Helmholtz-Zentren haben mit der Programmorientierten Förderung begonnen, den Fortschritt der Programme nicht nur anhand von inhaltlichen Berichten, sondern auch anhand von quantitativen Erfolgsindikatoren systematisch zu erfassen.

Jedes Programm wird dabei von Experten beurteilt und je nach Aufgabenstellung sind verschiedene Maßstäbe für den Erfolg am aussagekräftigsten. Herausgehoben werden können jedoch gemeinsame Aspekte, die im Allgemeinen charakteristisch für den Erfolg der Forschung sind. Dazu gehören vor allem die wissenschaftliche Exzellenz, aber auch die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft und die Förderung des akademischen Nachwuchses.

Einige unserer wichtigsten Leistungen, nämlich konkrete Lösungen für gesellschaftliche Probleme zu erarbeiten, lassen sich mit einem starren Schema nicht adäquat erfassen. Diese Beiträge werden am ehesten durch Beispiele verdeutlicht, von denen wir im ersten Teil dieses Geschäftsberichts eine Auswahl vorgestellt haben.



Ihre Ressourcen bündelt die Helmholtz-Gemeinschaft in Programmen, um Spitzenforschung in ihren sechs Forschungsbereichen zu betreiben: Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie sowie Verkehr und Weltraum.

Wissenschaftliche Exzellenz

- 12.000 wissenschaftliche Publikationen – zwei Drittel davon in ISI zitierten Fachjournalen (2006)
- 1.500 verfasste Bücher in 2006
- Jährlich bis zu 50 Habilitationen und bis zu 70 Berufungen von Helmholtz-Wissenschaftlern auf eine Professur an Hochschulen (W2/W3)
- 5.700 wissenschaftliche Kooperationen, sowie Beteiligung an 95 DFG-Schwerpunktprogrammen und 86 Sonderforschungsbereichen

Partner der Wirtschaft

- Helmholtz-Wissenschaftler melden jährlich 400 Patente an und haben einen Schutzrechtsbestand von insgesamt 10.300.
- Sie schließen jährlich etwa 400 Lizenzverträge ab und erzielen Lizenzträge in Höhe von 11 Millionen Euro pro Jahr.
- In 2006 wurden sieben Unternehmen von Helmholtz-Wissenschaftlern ausgegründet.
- Die Helmholtz-Gemeinschaft arbeitet in mehr als 2.000 Kooperationsprojekten mit der Wirtschaft zusammen – ein Drittel davon sind mit internationalen Partnern besetzt.
- Insgesamt wurden in 2006 Drittmittel in Höhe von 696 Millionen Euro eingeworben.

Nachwuchsförderung

- In 2006 wurden insgesamt 3.800 Doktoranden betreut.
- Daneben gab es 1.440 Post-Doktoranden, sowie 132 Nachwuchsgruppen, von denen 68 aus dem IVF gefördert wurden.
- Helmholtz-Zentren sind an 40 Graduiertenkollegs der DFG beteiligt.
- Sie sind des Weiteren an 65 Marie-Curie-Maßnahmen beteiligt.
- In 2006 gab es zwölf Juniorprofessoren.
- Circa 1.000 Helmholtz-Wissenschaftler haben mit insgesamt 2.850 Semesterwochenstunden den Unterricht an den Universitäten unterstützt (Sommersemester 2005/2006).
- In der Helmholtz-Gemeinschaft erfolgt die Förderung der kontinuierlichen wissenschaftlichen Arbeit junger Wissenschaftler durch familienfreundliche Maßnahmen (Kinderbetreuung, Wiedereinstieg).
- Die Helmholtz-Gemeinschaft sorgt mit 22 Schülerlabors und der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ für den wissenschaftlichen Nachwuchs der Zukunft.
- In 2006 lernten 1.613 Auszubildende bei der Helmholtz-Gemeinschaft. Dies entspricht einer Quote von 7,1 Prozent bezogen auf das Gesamtpersonal (ohne Doktoranden).



Personal

Wissenschaftliches Personal

Das Gesamtpersonal der Helmholtz-Gemeinschaft umfasst 26.500 Mitarbeiter, davon sind 8.000 Wissenschaftler und 3.800 betreute Doktoranden. Wissenschaftlich tätig sind insgesamt fast 50 Prozent der Mitarbeiter.

Anteil von Frauen

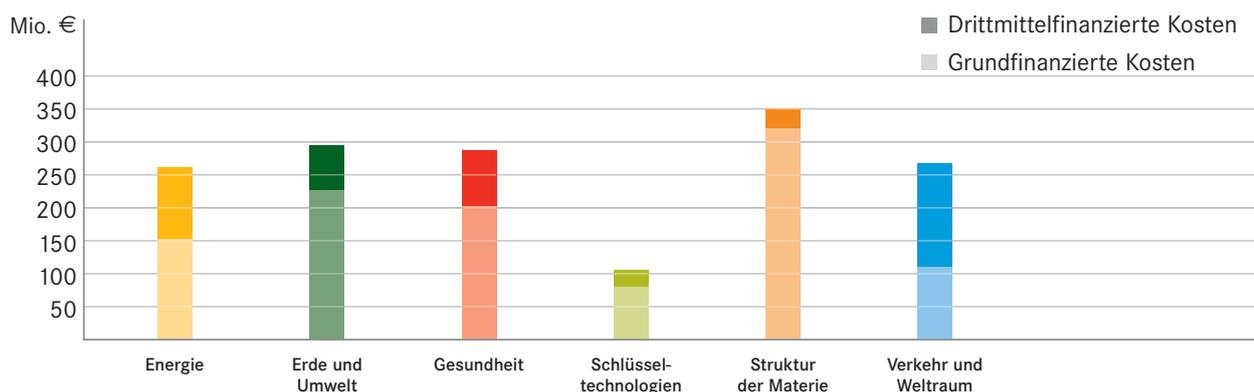
Der Anteil der Frauen an den Wissenschaftlern beträgt 20 Prozent. Bei den Nachwuchswissenschaftlern beträgt der Anteil der Frauen sogar 36 Prozent. Wird die Entwicklung der Frauen in den Funktionen Instituts- und Abteilungsleitung betrachtet, ist eine steigende Tendenz sichtbar. Insgesamt beträgt der Anteil der Frauen in bestehenden wissenschaftlichen, technischen und administrativen Führungspositionen 14 Prozent.

Wissenschaftliche Führungspositionen wurden zu 13 Prozent von Frauen besetzt. Von den 60 neu besetzten wissenschaftlichen Führungspositionen in 2006 wurden sogar 23 Prozent von Frauen besetzt.

Gäste in der Helmholtz-Gemeinschaft

Gäste waren in 2006 in der Helmholtz-Gemeinschaft wieder zahlreich für Forschungsaufenthalte zu Besuch. Insgesamt mehr als 3.700 Wissenschaftler aus aller Welt nutzen die Forschungsmöglichkeiten in Helmholtz-Zentren. Die häufigsten Herkunftsländer sind dabei Russland mit mehr als 500 Wissenschaftlern, Polen (350), sowie China und Italien (beide jeweils mehr als 200; alle Angaben stammen aus dem Jahr 2005).

Grund- und Drittmittelfinanzierte Kosten der Forschungsbereiche 2006



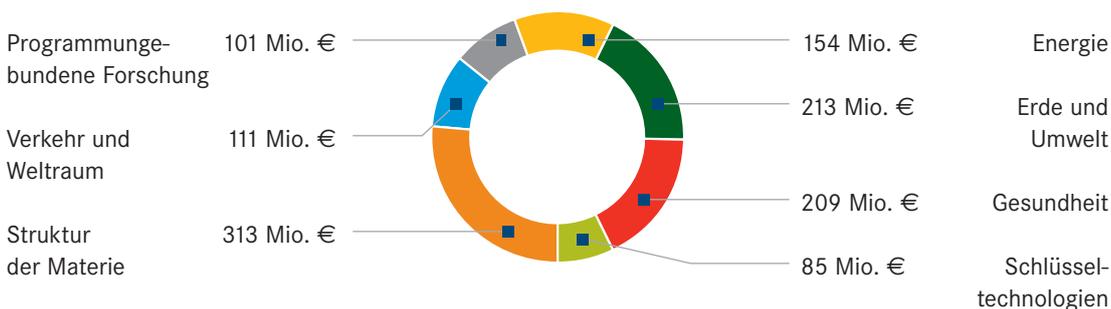
DIE PROGRAMMORIENTIERTE FÖRDERUNG

Mit Einführung der Programmorientierten Förderung macht die Helmholtz-Gemeinschaft seit 2003 Kosten und Personalkapazitäten der Forschungsbereiche transparent.

Programmorientierte Förderung ist das Prinzip für die Finanzierung der Forschung in der Helmholtz-Gemeinschaft. Es bedeutet: Orientierung der wissenschaftlichen Arbeit an Forschungsprogrammen und damit Kooperation der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler über die Grenzen von Institutionen und Disziplinen hinweg. Es bedeutet aber auch: Wettbewerb der Zentren und Programme um Forschungsgelder, deren Höhe für die Laufzeit der Programme an die Ergebnisse strategisch-programmatischer Begutachtungen gekoppelt ist.

Kosten der Helmholtz-Gemeinschaft 2007

Geplante grundfinanzierte Kosten für das Jahr 2007, die im Rahmen der Programmorientierten Förderung finanziert und direkt für die Forschung eingesetzt werden.



Programmungebundene Forschung

Um neue wissenschaftliche Fragestellungen und Forschungsansätze aufzugreifen, Know-how zu erweitern und bedeutsame strategische Projekte vorzubereiten setzen die Zentren Mittel der programmungebundenen Forschung ein. Die Höhe dieser Mittel ist gekoppelt an den Erfolg der in den Wettbewerb gestellten Programmanteile der Zentren. Sie beträgt 20 Prozent der insgesamt von dem Zentrum eingeworbenen Programmmittel.

Sonderaufgaben

Unter Sonderaufgaben werden die Aufgaben der Zentren gebündelt, die sie unabhängig von ihrer wissenschaftlichen Aufgabenstellung und Zielsetzung erbringen. Beispielhaft sei hier die Ausbildung junger Menschen in vielerlei technischen und kaufmännischen Berufen genannt oder die Wahrnehmung von speziellen wissenschaftlich-technischen und administrativen Managementaufgaben für Bundes- oder Landesministerien.

KOSTEN UND PERSONAL DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT 2006

Die Gesamtkosten setzen sich aus den grund- und drittmittelfinanzierten Kosten zusammen. Sie sind nach Forschungsbereichen und Zentren gegliedert. Analog wird die Gesamtpersonalkapazität der Helmholtz-Gemeinschaft dargestellt.

	Summe	AWI	DESY	DKFZ	DLR***	FZJ**	FZK	GFZ
Kosten¹⁾ der Helmholtz-Gemeinschaft								
Kosten ¹⁾ für Forschung und Entwicklung	1.606	87	140	92	315	209	198	59
Infrastruktur - Kosten ¹⁾	536	18	65	33	80	111	62	12
Sonderaufgaben - Kosten ¹⁾	207	1	2	5	73	15	38	1
Summe Kosten¹⁾ (Programmorientierte Förderung)	2.349	106	207	130	468	334	297	72

Personal²⁾ der Helmholtz-Gemeinschaft								
Personal ²⁾ für Forschung und Entwicklung	13.968	655	987	1.323	2.635	1.558	1.932	410
Infrastruktur - Personal ²⁾	5.882	129	575	280	994	1.245	866	116
Sonderaufgaben - Personal ²⁾	2.692	34	127	138	881	351	568	40
Summe Personal²⁾ (Programmorientierte Förderung)	22.542*	818	1.688	1.742	4.510	3.154	3.365	566

Aufteilung von Kosten und Personal für Forschung und Entwicklung nach Forschungsbereichen

Energie								
Gesamtkosten ¹⁾	261				28	52	53	14
Gesamtpersonal ²⁾	1.935				194	455	505	24
Erde und Umwelt								
Gesamtkosten ¹⁾	296	84				28	54	44
Gesamtpersonal ²⁾	2.599	599				290	530	370
Gesundheit								
Gesamtkosten ¹⁾	287			82		24	15	
Gesamtpersonal ²⁾	3.369			1.162		216	158	
Schlüsseltechnologien								
Gesamtkosten ¹⁾	106					45	44	
Gesamtpersonal ²⁾	896					259	485	
Struktur der Materie								
Gesamtkosten ¹⁾	351		140			60	32	
Gesamtpersonal ²⁾	2.462		987			333	254	
Verkehr und Weltraum								
Gesamtkosten ¹⁾	266				266			
Gesamtpersonal ²⁾	2.234				2.234			
Programmungebundene Forschung								
Gesamtkosten ¹⁾	39	3		11	20	0,4		1
Gesamtpersonal ²⁾	473	56		162	207	4		17
Kosten¹⁾ für Forschung und Entwicklung	1.606	87	140	92	315	209	198	59
Personal²⁾ für Forschung und Entwicklung	13.968	655	987	1.323	2.635	1.558	1.932	410

* In natürlichen Personen sind das 26.558 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in der Helmholtz-Gemeinschaft

1) in Mio. € (in ganzen Zahlen)

** Zusätzlich im FZJ 6,5 Mio. Euro für das Programm „Biotechnologie“, das ausschließlich vom Land Nordrhein-Westfalen gefördert wird.

2) in FTE (Vollzeitäquivalenten)



GKSS	GSF	GSI	HMI	HZI	IPP	MDC	UFZ	
								Kosten¹⁾ der Helmholtz-Gemeinschaft
54	91	69	55	40	100	50	48	Kosten ¹⁾ für Forschung und Entwicklung
13	25	27	18	10	34	12	16	Infrastruktur - Kosten ¹⁾
17	43	0,5	3	1	6	1	1	Sonderaufgaben - Kosten ¹⁾
84	158	97	75	52	140	63	65	Summe Kosten¹⁾ (Programmorientierte Förderung)

								Personal²⁾ der Helmholtz-Gemeinschaft
432	993	652	406	369	605	527	485	Personal ²⁾ für Forschung und Entwicklung
173	303	253	192	107	320	162	170	Infrastruktur - Personal ²⁾
53	244	32	72	35	35	35	49	Sonderaufgaben - Personal ²⁾
657	1.540	937	670	511	960	723	703	Summe Personal²⁾ (Programmorientierte Förderung)

Aufteilung von Kosten und Personal für Forschung und Entwicklung nach Forschungsbereichen

								Energie
			15		99			Gesamtkosten ¹⁾
			164		593			Gesamtpersonal ²⁾
								Erde und Umwelt
15	17			8			45	Gesamtkosten ¹⁾
152	177			33			448	Gesamtpersonal ²⁾
								Gesundheit
6	74	2	1	32		49	2	Gesamtkosten ¹⁾
73	816	33	16	334		527	34	Gesamtpersonal ²⁾
								Schlüsseltechnologien
17								Gesamtkosten ¹⁾
152								Gesamtpersonal ²⁾
								Struktur der Materie
15		67	38					Gesamtkosten ¹⁾
44		619	226					Gesamtpersonal ²⁾
								Verkehr und Weltraum
								Gesamtkosten ¹⁾
								Gesamtpersonal ²⁾
								Programmungebundene Forschung
1				0,3	0,6	0,5	0,1	Gesamtkosten ¹⁾
11				2	12		3	Gesamtpersonal ²⁾
54	91	69	55	40	100	50	48	Kosten¹⁾ für Forschung und Entwicklung
432	993	652	406	369	605	527	485	Personal²⁾ für Forschung und Entwicklung

*** Über die Programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft hinaus erhält das DLR jährlich aus weiteren Quellen institutionelle Förderung (z.B. BMVg, Sonderfinanzierungen), die hier nicht berücksichtigt wird, rund 40 Mio. Euro.

PRÄSIDIUM UND ZENTRALE GREMIEN

Präsident

Präsident

Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Präsidium

Vizepräsident für den Forschungsbereich Energie

Prof. Dr. Eberhard Umbach, Vorsitzender des Vorstandes des Forschungszentrums Karlsruhe

Vizepräsident für den Forschungsbereich Erde und Umwelt

Prof. Dr. Georg Teutsch, Wissenschaftlicher Geschäftsführer des Helmholtz-Zentrums für Umweltforschung – UFZ

Vizepräsident für den Forschungsbereich Gesundheit

Prof. Dr. Otmar D. Wiestler, Vorstandsvorsitzender des Deutschen Krebsforschungszentrums

Vizepräsident für den Forschungsbereich Schlüsseltechnologien

Prof. Dr. Achim Bachem, Vorstandsvorsitzender des Forschungszentrums Jülich

Vizepräsident für den Forschungsbereich Struktur der Materie

Prof. Dr. Albrecht Wagner, Vorsitzender des Direktoriums des Deutschen Elektronen-Synchrotrons

Vizepräsident für den Forschungsbereich Verkehr und Weltraum

Prof. Dr. Johann-Dietrich Wörner, Vorstandsvorsitzender des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

Kaufmännischer Vizepräsident

Klaus Hamacher, Stellvertretender Vorstandsvorsitzender des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt

Kaufmännischer Vizepräsident

Dr. Bernhard Raiser, Administrativer Vorstand des GeoForschungsZentrums Potsdam

GESCHÄFTSFÜHRER

Dr. Sebastian M. Schmidt

Mitglieder des Senats

GEWÄHLTE MITGLIEDER

Prof. Dr. Max M. Burger

Vorsitzender Novartis Science Board, Novartis International AG, Basel/Schweiz

Prof. Dr. Ralph Eichler, Direktor des Paul Scherrer Instituts, Villigen/Schweiz

Prof. Dr. Ellen Ivers-Tiffée, Universität Karlsruhe, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Karlsruhe

Prof. Dr. Joachim Milberg, Vorsitzender des Aufsichtsrats der BMW Group, München

Dr. Detlef Müller-Wiesner, Senior Vice President des EADS Corporate Research Center, Frankreich

Prof. Dr. Mary Osborn, Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen

Prof. Dr. Peter Paul, Brookhaven National Laboratory, Upton/USA

Prof. Dr. Klaus Töpfer, ehem. Under-Secretary-General und Exekutiv-Direktor des Umweltprogramms der Vereinten Nationen

Dr. Bärbel Voigtsberger, Geschäftsführerin der inocermic GmbH, Hermsdorf

Prof. Dr. Ulrich Wagner, Technische Universität München, Lehrstuhl für Energiewirtschaft und Anwendungstechnik, München

Prof. Dr. Claus Weyrich, ehem. Mitglied des Vorstandes der Siemens AG, München

Prof. Dr. Alexander J. B. Zehnder, Präsident des ETH-Rates, ETH Zentrum, Zürich/Schweiz

MITGLIEDER DES SENATS EX OFFICIO

Prof. Dr. Peter Frankenberg, Minister für Wissenschaft, Forschung und Kunst des Landes Baden-Württemberg, Stuttgart

Werner Gatzert, Staatssekretär im Bundesministerium der Finanzen, Berlin

Dr. Robert Heller, Staatsrat der Behörde für Finanzen der Stadt Hamburg

Michael Kretschmer, Mitglied des Deutschen Bundestages, Berlin

Prof. Dr. Jürgen Mlynek, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Ernst Rietschel, Präsident der Wissenschaftsgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz

Dr. Annette Schavan, Bundesministerin für Bildung und Forschung

Prof. Dr. Peter Strohschneider, Vorsitzender des Wissenschaftsrates, Köln

Jörg Tauss, Mitglied des Deutschen Bundestages, Berlin

Dr. Joachim Wuermeling, Staatssekretär im Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Berlin

GÄSTE

Prof. Dr. Achim Bachem, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

Prof. Dr. Peter Gruss, Präsident der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, München

Stand: August 2007

Mitgliederversammlung

Klaus Hamacher, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Cornelia Jebsen, Vertreterin der Betriebs- und Personalräte der Helmholtz-Zentren, Forschungszentrum Jülich

Prof. Dr. Matthias Kleiner, Präsident der Deutschen Forschungsgemeinschaft, Bonn

Dr. Martin Lipp, Stellvertretender Vorsitzender des Ausschusses der Vorsitzenden der Wissenschaftlich-Technischen Räte der Helmholtz-Zentren, Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin Berlin-Buch

Dr. Bernhard Raiser, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Detlev Stöver, Vorsitzender des Ausschusses der Vorsitzenden der Wissenschaftlich-Technischen Räte der Helmholtz-Zentren, Forschungszentrum Jülich

Prof. Dr. Georg Teutsch, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Eberhard Umbach, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Albrecht Wagner, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Otmar D. Wiestler, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Prof. Dr. Margret Wintermantel, Präsidentin der Hochschulrektorenkonferenz, Bonn

Prof. Dr. Johann-Dietrich Wörner, Vizepräsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Stiftung Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

Prof. Dr. Jörn Thiede, Direktor,
Dr. Heike Wolke, Verwaltungsdirektorin

Stiftung Deutsches Elektronen-Synchrotron

Prof. Dr. Albrecht Wagner,
Vorsitzender des Direktoriums,
Christian Scherf, Administrativer Direktor

Stiftung Deutsches Krebsforschungszentrum

Prof. Dr. Otmar D. Wiestler,
Stiftungsvorstand,
Dr. Josef Puchta, Administrativ-kaufmännischer
Vorstand des Stiftungsvorstandes

Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

Prof. Dr. Johann-Dietrich Wörner,
Vorsitzender des Vorstandes,
Klaus Hamacher, Stellvertretender
Vorsitzender des Vorstandes

Forschungszentrum Jülich GmbH

Prof. Dr. Achim Bachem,
Vorsitzender des Vorstandes,
Dr. Ulrich Krafft, Stellvertretender
Vorsitzender des Vorstandes

Forschungszentrum Karlsruhe GmbH

Prof. Dr. Eberhard Umbach,
Vorsitzender des Vorstandes,
N.N., Stellvertretender Vorsitzender
des Vorstandes

Stiftung GeoForschungsZentrum Potsdam

Prof. Dr. Reinhard Hüttl,
Wissenschaftlicher Vorstand,
Dr. Bernhard Raiser, Administrativer Vorstand

GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH

Prof. Dr. Wolfgang Kaysser,
Wissenschaftlich-Technischer Geschäftsführer,
Michael Ganß,
Kaufmännischer Geschäftsführer

GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH

Prof. Dr. Günther Wess,
Wissenschaftlich-Technischer Geschäftsführer,
Dr. Nikolaus Blum,
Kaufmännischer Geschäftsführer

Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH

Prof. Dr. Horst Stöcker,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Alexander Kurz,
Kaufmännischer Geschäftsführer

Hahn-Meitner-Institut Berlin GmbH

Prof. Dr. Michael Steiner,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Ulrich Breuer,
Kaufmännischer Geschäftsführer

Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung GmbH

Prof. Dr. Rudi Balling,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Georg Frischmann,
Administrativer Geschäftsführer

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH - UFZ

Prof. Dr. Georg Teutsch,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Andreas Schmidt,
Administrativer Geschäftsführer

Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Prof. Dr. Alexander M. Bradshaw,
Wissenschaftlicher Direktor,
Dr. Karl Tichmann,
Kaufmännischer Geschäftsführer

Stiftung Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin Berlin-Buch

Prof. Dr. Walter Birchmeier,
Vorsitzender des Stiftungsvorstandes,
Dr. Stefan Schwartze,
Administratives Mitglied des Stiftungsvorstandes

WISSENSCHAFTLICHE PREISE FÜR FORSCHERINNEN UND FORSCHER IN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

- AI Acta Materialia Gold Medal**
Prof. Dr. Herbert Gleiter (2007),
Forschungszentrum Karlsruhe
- BI Karl Heinz Beckurts-Preis**
Prof. Dr. Knut Urban, Prof. Harald
Rose (2006, mit wissenschaftlichen
Partnern), Forschungszentrum Jülich
- BioFuture, Preisträger
im BMBF-Wettbewerb**
Prof. Dr. Erich Wanker (2006),
Max-Delbrück-Centrum für
Molekulare Medizin
- Felix Burda Award, Kategorie
„Medical Prevention“**
Prof. Dr. Hermann Brenner (2006),
Deutsches Krebsforschungszentrum
- CI Communicator-Preis**
Arbeitsgruppe unter Leitung von
Prof. Dr. Heinrich Miller (2007),
Alfred-Wegener-Institut für Polar-
und Meeresforschung
- DI René Descartes Forschungspreis
der Europäischen Union**
Prof. Dr. Martin Wegener (2006),
Dr. Stefan Linden, Forschungs-
zentrum Karlsruhe
- René Descartes Forschungspreis
der Europäischen Union**
Dr. Christian Sattler/Sollab (2007,
mit wissenschaftlichen Partnern),
Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt
- Deutscher Krebspreis 2006**
Prof. Dr. Martin Göttlicher,
GSF – Forschungszentrum für Umwelt
und Gesundheit
- Deutscher Krebspreis 2007**
Prof. Dr. Achim Leutz,
Max-Delbrück-Centrum für Molekulare
Medizin Berlin-Buch
Prof. Dr. Lutz Gissmann,
Deutsches Krebsforschungszentrum
- EI Paul Ehrlich- und Ludwig Darm-
staedter-Nachwuchspreis**
Dr. Ana Martin-Villalba (2006),
Deutsches Krebsforschungszentrum
- European Young Investigator Award (EURYI)**
Dr. Klaus Hallatschek (2006),
Max-Planck-Institut für Plasmaphysik
- European Young Investigator Award (EURYI)**
Dr. Dieter Chichung Lie (2006),
GSF – Forschungszentrum für Umwelt
und Gesundheit
- European Young Investigator Award (EURYI)**
Dr. Igor Gornyi (2006), Forschungs-
zentrum Karlsruhe
- FI Federation of European Biochemical
Societies Letters Young Investigator
Award**
Dr. Theresia Stradal (2006), Helmholtz-
Zentrum für Infektionsforschung
- Forschungspreis der Alexander
von Humboldt-Stiftung**
Prof. R.T. Lahey, jun. (2005/2006),
Forschungszentrum Karlsruhe
- Forschungspreis Onkologie der H.W.&J.-
Hector-Stiftung**
Dr. Selma Ugurel (2006), Deutsches
Krebsforschungszentrum
- GI Go-Bio-Wettbewerb des Bundesminis-
teriums für Bildung und Forschung**
Dr. Igor V. Tetko (2006), GSF – Forschungs-
zentrum für Umwelt und Gesundheit
- HI Familie-Hansen-Preis für besondere
Leistungen in Biologie und Medizin**
Prof. Dr. Magdalena Götz (2006),
GSF – Forschungszentrum für Umwelt
und Gesundheit
- Mechthild-Harf-Preis für die
Wissenschaft**
Prof. Dr. Hans-Jochem Kolb (2006),
GSF – Forschungszentrum für Umwelt
und Gesundheit
- Von Hippel Award (Materials
Research Society)**
Prof. Dr. Knut Urban (2006),
Forschungszentrum Jülich
- II Imagining the Future (Roche Applied
Science 2006), 1. Preis im Wettbewerb**
Prof. Dr. Jan Buer, Helmholtz-Zentrum
für Infektionsforschung
- JI Japan Prize, Kategorie Innovationen
durch Grundlagenforschung**
Prof. Dr. Peter Grünberg (2007,
mit wissenschaftlichem Partner),
Forschungszentrum Jülich
- Junge Akademie an der Berlin-Branden-
burgischen Akademie der Wissenschaften
und Deutsche Akademie der Natur-
forscher Leopoldina, Aufnahme in die
Akademie und Preis**
Prof. Dr. Anke Jentsch (2007),
Helmholtz-Zentrum für Umwelt-
forschung - UFZ

ab der Preissumme 10.000 Euro in den Jahren 2006/2007, Stichtag 30.6.2007

LI Lehrpreis des Landes Rheinland-Pfalz
Dr. Klaus Blaum (2007), Gesellschaft für Schwerionenforschung

Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft
Prof. Dr. Gerald Haug (2006), Geoforschungszentrum Potsdam

Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis der Deutschen Forschungsgemeinschaft
Prof. Dr. Magdalena Götz (2006), GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

NI NaT-Working-Preis der Robert Bosch Stiftung
HIGH school of Science & Education @ the AWI, Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung

Novartis-Preis für therapierelevante pharmakologische Forschung
Prof. Dr. Frank Lyko (2007), Deutsches Krebsforschungszentrum

PI Robert-Pfleger-Preis
Prof. Dr. Karl Zilles (2006), Forschungszentrum Jülich

RI Walther und Christine Richtzenhain-Preis
Dr. Fabian Kießling und Dr. Ana Martin-Villalba (2006), Deutsches Krebsforschungszentrum, Prof. Dr. Clemens A. Schmitt (2006), Max-Delbrück-Centrum Berlin-Buch

SI Dr. Emil-Salzer-Preis des Landes Baden-Württemberg
Dr. Fabian Kießling (2006), Deutsches Krebsforschungszentrum

Erwin Schrödinger-Preis
Dr. Eckehart Speth, Dr. Hans-Dieter Falter, Dr. Peter Franzen, Dr. habil. Ursel Fantz und Dr. Werner Kraus (2006), Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

Dr. Willmar Schwabe-Preis der Gesellschaft für Arzneipflanzenforschung
Prof. Dr. Thomas Efferth (2006), Deutsches Krebsforschungszentrum

Joachim-Siebeneicher-Promotionspreis für biomedizinische Forschung
Dr. Beate Straub (2006), Deutsches Krebsforschungszentrum

TI Technical Achievement Award der International Partnership for the Hydrogen Economy IPHE
Dr. Christian Sattler/Sollab (2006), Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

Felix-Wankel-Tierschutz-Forschungspreis
Dr. Kristin Schirmer (2007), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

WI Wolf Prize
Prof. Dr. Peter Grünberg (2007, mit wissenschaftlichem Partner), Forschungszentrum Jülich

ZI Carl-Zeiss-Forschungspreis
Prof. Dr. Martin Wegener, Prof. Dr. Kurt Busch (2006), Forschungszentrum Karlsruhe

Johann-Georg-Zimmermann-Forschungspreis
Dr. Michael Boutros (2007), Deutsches Krebsforschungszentrum

DIE TRÄGER DES HELMHOLTZ-HUMBOLDT-FORSCHUNGSPREISES VERLIEHEN DURCH DIE HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT 2006/2007

Hendrikus Granzier
Washington State University, Pullman, USA (2006)

Francis Halzen
University of Wisconsin, Madison, USA (2006)

Marie-Louise Saboungi
Centre de Recherche sur la Matière Divise, Orléans, Frankreich (2007)

Holly J. Stein
Colorado State University, Fort Collins, USA (2007)

Laszlo Tora
Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), Illkirch-Cedex (2006)

Yogendra Pathak Viyogi
Institute of Physics, Bhubaneswar, Indien (2006)

DIE GOVERNANCESTRUKTUR DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

AUSSCHUSS DER ZUWENDUNGSGEBER

Der Ausschuss der Zuwendungsgeber – Bund und Sitzländer – beschließt die forschungspolitischen Vorgaben einschließlich der Forschungsbereiche für eine mehrjährige Laufzeit und beruft die Mitglieder des Senats.

SENAT

Der extern besetzte Senat ist neben der Mitgliederversammlung das zentrale Gremium der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Mitglieder des Senats sind „ex officio“ Vertreter von Bund und Ländern, Parlament und Wissenschaftsorganisationen sowie für drei Jahre gewählte Persönlichkeiten aus Wissenschaft und Wirtschaft. Im Senat werden alle wichtigen Entscheidungen beraten. Der Senat wählt den Präsidenten und die Vizepräsidenten.

SENATSKOMMISSION

Um seine Beratungen über die Empfehlung zur Finanzierung der Programme auf der Basis der Ergebnisse der Programmbegutachtung und über die Investitionspriorisierung vorzubereiten, hat der Senat die Senatskommission eingerichtet. Ihr gehören als ständige Mitglieder „ex officio“ Vertreter von Bund und Ländern sowie externe Vertreter für die sechs Forschungsbereiche, aber auch – je nach beratenem Forschungsbereich – wechselnde Mitglieder.

PRÄSIDENT

Der hauptamtliche Präsident vertritt die Helmholtz-Gemeinschaft nach außen und moderiert den Dialog zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik. Er ist zuständig für die Vorbereitung und die Umsetzung der Empfehlungen des Senats zur Programmförderung. Er koordiniert die forschungsbereichsübergreifende Programmentwicklung, das zentrenübergreifende Controlling und die Entwicklung der Gesamtstrategie.

GESCHÄFTSSTELLE

Die Geschäftsstelle unterstützt den Präsidenten und die Vizepräsidenten bei der Erfüllung ihrer Aufgaben.

VIZEPRÄSIDENTEN

Der Präsident wird von acht Vizepräsidenten unterstützt, beraten und vertreten. Sechs wissenschaftliche Vizepräsidenten sind zugleich die Koordinatoren der sechs Forschungsbereiche. Der kaufmännisch-administrative Bereich ist durch zwei administrative Vizepräsidenten vertreten.

Energie

Erde und Umwelt

Gesundheit

Schlüsseltechnologien

Struktur der Materie

Verkehr und Weltraum

FORSCHUNGSBEREICHE

In sechs Forschungsbereichen, die auf Grundlage der Programmorientierten Förderung forschen, kooperieren Helmholtz-Wissenschaftler zentrenübergreifend mit externen Partnern – interdisziplinär und international.

MITGLIEDERVERSAMMLUNG

Die Helmholtz-Gemeinschaft ist ein eingetragener Verein, seine 15 Mitglieder sind rechtlich selbstständige Forschungszentren. Zentrales Gremium der Gemeinschaft ist – neben dem Senat – die Mitgliederversammlung, der die wissenschaftlich-technischen und kaufmännischen Vorstände der Mitgliedszentren angehören. Die Mitgliederversammlung ist zuständig für alle Aufgaben des Vereins. Sie steckt den Rahmen für die zentrenübergreifende Erarbeitung von Strategien und Programmen ab und hat Vorschlagsrecht für die Wahl des Präsidenten und der Mitglieder des Senats.

| Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung

| Deutsches Elektronen-Synchrotron

| Deutsches Krebsforschungszentrum

| Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt

| Forschungszentrum Jülich

| Forschungszentrum Karlsruhe

| GeoForschungsZentrum Potsdam

| Gesellschaft für Schwerionenforschung

| GKSS-Forschungszentrum Geesthacht

| GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit

| Hahn-Meitner-Institut Berlin

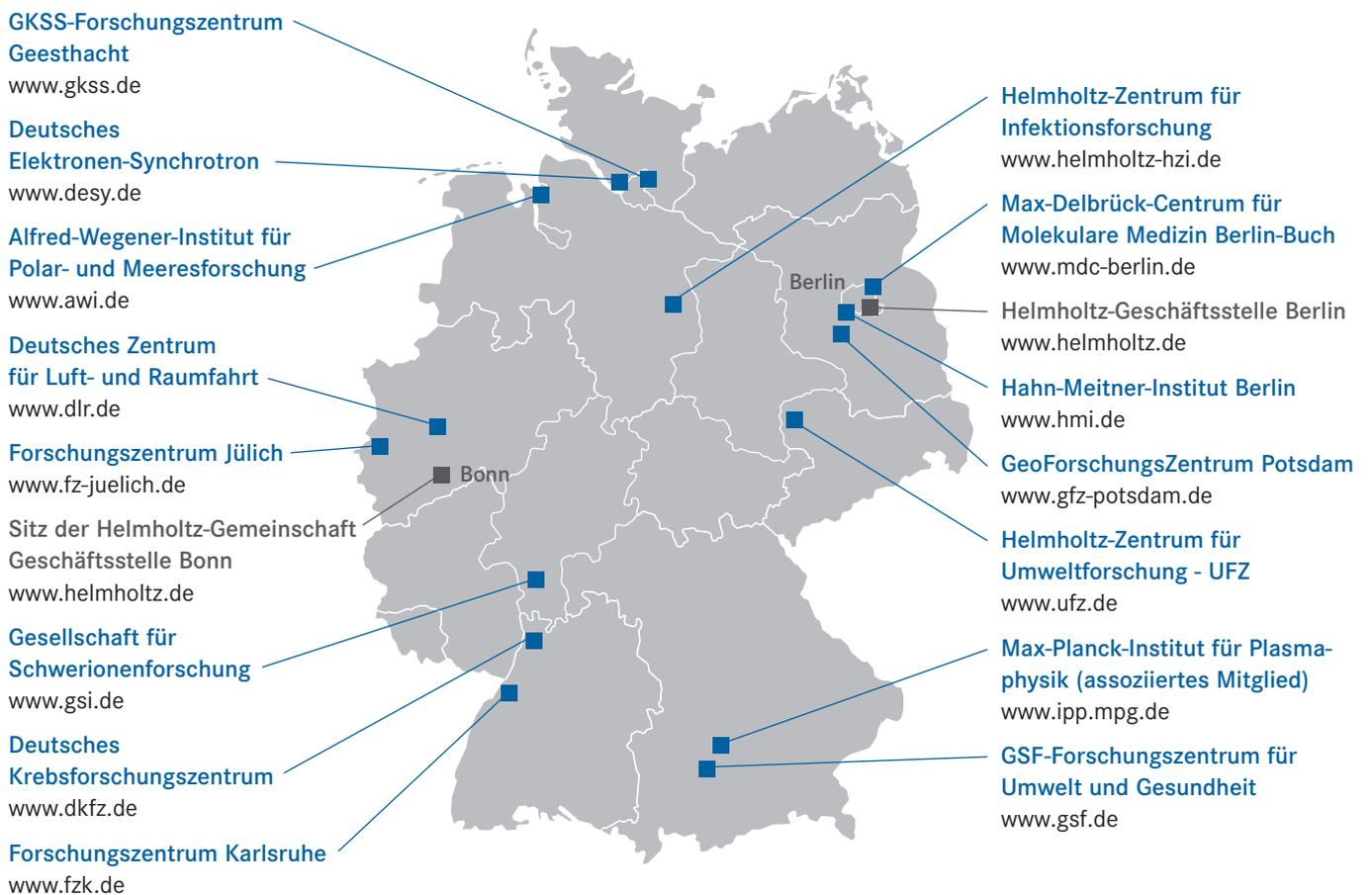
| Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

| Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ

| Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin

| Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (assoziiertes Mitglied)

DIE STANDORTE DER FORSCHUNGSZENTREN



DIE MITGLIEDSZENTREN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT

ALFRED-WEGENER-INSTITUT FÜR POLAR- UND MEERESFORSCHUNG

VORSTAND: Prof. Dr. Jörn Thiede, Direktor,
Dr. Heike Wolke, Verwaltungsdirektorin
Am Handelshafen 12, 27570 Bremerhaven
Telefon 0471 4831-0, Telefax 0471 4831-1149
E-Mail awi-pr@awi.de, www.awi.de

DEUTSCHES ELEKTRONEN-SYNCHROTRON

DIREKTORIUM: Prof. Dr. Albrecht Wagner, Vorsitzender
des Direktoriums, Christian Scherf, Administrativer Direktor,
Prof. Dr. Rolf-Dieter Heuer, Direktor für den Bereich
Hochenergiephysik und Astroteilchenphysik,
Prof. Dr. Jochen R. Schneider,
Direktor für den Bereich Forschung mit Photonen,
Dr. Reinhard Brinkmann, Direktor für den Bereich
Beschleunigerphysik
Notkestraße 85, 22607 Hamburg
Telefon 040 8998-0, Telefax 040 8998-3282
E-Mail desyinfo@desy.de, www.desy.de

DEUTSCHES KREBSFORSCHUNGSZENTRUM

STIFTUNGSVORSTAND: Prof. Dr. Otmar D. Wiestler,
Vorsitzender des Stiftungsvorstandes,
Dr. Josef Puchta, Administrativ-kaufmännischer Vorstand
des Stiftungsvorstandes
Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg
Telefon 06221 42-0, Telefax 06221 42-2995
E-Mail pressestelle@dkfz.de, www.dkfz.de

DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT

VORSTAND: Prof. Dr. Johann-Dietrich Wörner,
Vorsitzender des Vorstandes,
Klaus Hamacher, Stellvertretender Vorsitzender des Vorstandes,
Prof. Dr. Joachim Szodrich, Mitglied des Vorstandes,
Dr. Ludwig Baumgarten, Mitglied des Vorstandes,
Thomas Reiter, Mitglied des Vorstandes
Linder Höhe, 51147 Köln
Telefon 02203 601-0, Telefax 02203 67310
E-Mail pressestelle@dlr.de, www.dlr.de

FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH

VORSTAND: Prof. Dr. Achim Bachem,
Vorsitzender des Vorstandes,
Dr. Ulrich Krafft, Stellvertretender
Vorsitzender des Vorstandes
Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich
Telefon 02461 61-0, Telefax 02461 61-8100
E-Mail info@fz-juelich.de, www.fz-juelich.de

FORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

VORSTAND: Prof. Dr. Eberhard Umbach,
Vorsitzender des Vorstandes,
Prof. Dr. Reinhard Maschuw, Stellvertretender
Vorsitzender des Vorstandes,
Dr. Peter Fritz, Mitglied des Vorstandes
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Telefon 07247 82-0, Telefax 07247 82-5070
E-Mail info@fzk.de, www.fzk.de

GEOFORSCHUNGSZENTRUM POTSDAM

VORSTAND: Prof. Dr. Reinhard F. Hüttl, Vorsitzender
des Vorstandes und wissenschaftlicher Vorstand,
Dr. Bernhard Raiser, Administrativer Vorstand
Telegrafenberg, 14473 Potsdam
Telefon 0331 288-0, Telefax 0331 288-1600
E-Mail presse@gfz-potsdam.de, www.gfz-potsdam.de

GESELLSCHAFT FÜR SCHWERIONENFORSCHUNG

VORSTAND: Prof. Dr. Horst Stöcker,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Alexander Kurz, Kaufmännischer Geschäftsführer
Planckstraße 1, 64291 Darmstadt
Telefon 06159 71-0, Telefax 06159 71-2785
E-Mail info@gsi.de, www.gsi.de

GKSS-FORSCHUNGSZENTRUM GEESTHACHT

VORSTAND: Prof. Dr. Wolfgang Kaysser,
Wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer,
Michael Ganß, Kaufmännischer Geschäftsführer
Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht
Telefon 04152 87-0, Telefax 04152 87-1403
E-Mail presse@gkss.de, www.gkss.de

GSF-FORSCHUNGSZENTRUM FÜR UMWELT UND GESUNDHEIT

VORSTAND: Prof. Dr. Günther Wess,
Wissenschaftlich-technischer Geschäftsführer,
Dr. Nikolaus Blum, Kaufmännischer Geschäftsführer
Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg
Telefon 089 3187-0, Telefax 089 3187-3322
E-Mail oea@gsf.de, www.gsf.de

HAHN-MEITNER-INSTITUT BERLIN

VORSTAND: Prof. Dr. Michael Steiner,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Ulrich Breuer, Kaufmännischer Geschäftsführer
Glienicker Straße 100, 14109 Berlin
Telefon 030 8062-0, Telefax 030 8062-2181
E-Mail info@hmi.de, www.hmi.de

HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR INFEKTIONSFORSCHUNG

VORSTAND: Prof. Dr. Rudi Balling,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Georg Frischmann, Administrativer Geschäftsführer
Inhoffenstraße 7, 38124 Braunschweig
Telefon 0531 6181-0, Telefax 0531 6181-2655
E-Mail kontakt@helmholtz-hzi.de, www.helmholtz-hzi.de

HELMHOLTZ-ZENTRUM FÜR UMWELTFORSCHUNG – UFZ

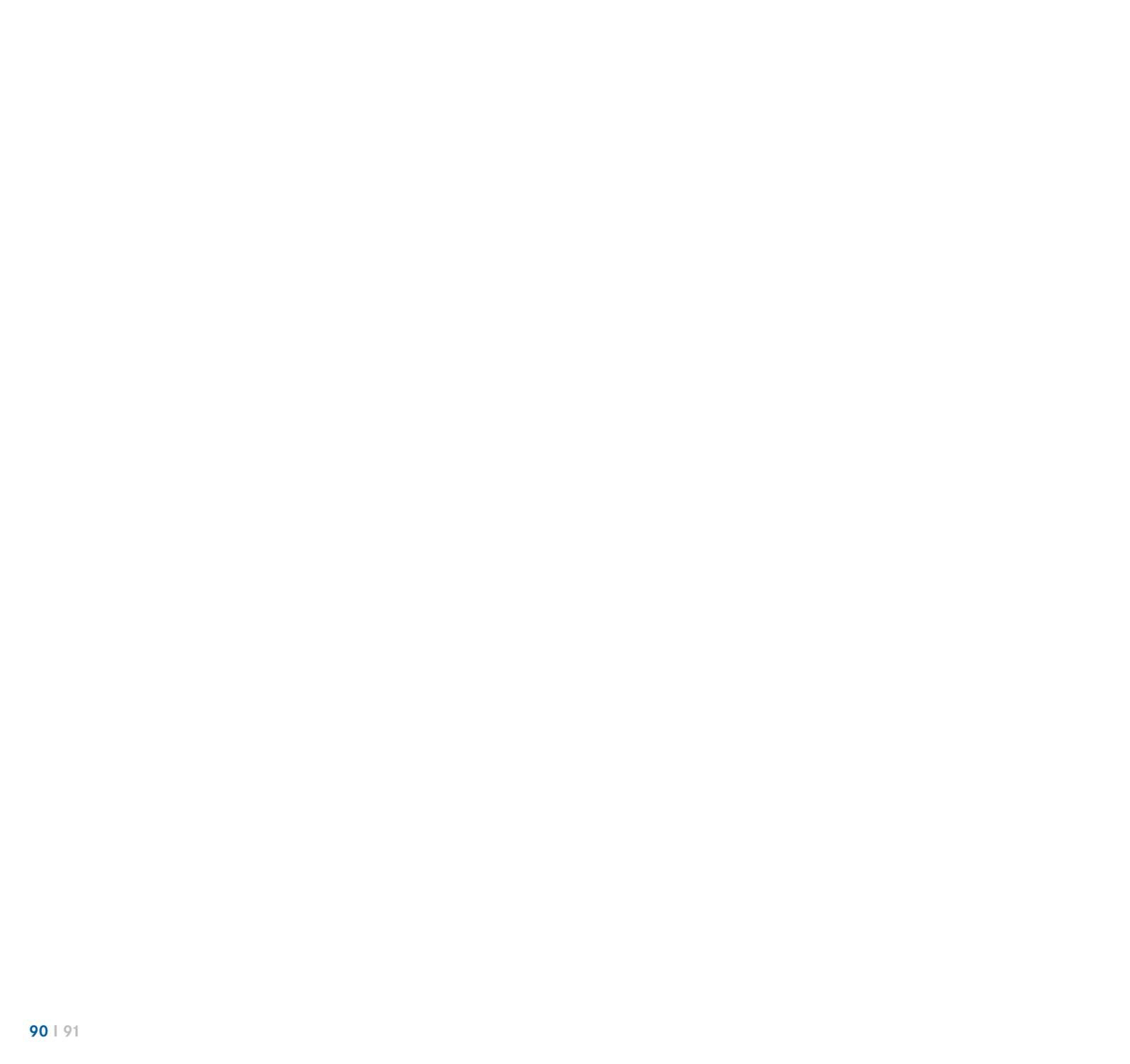
VORSTAND: Prof. Dr. Georg Teutsch,
Wissenschaftlicher Geschäftsführer,
Dr. Andreas Schmidt, Administrativer Geschäftsführer
Permoserstraße 15, 04318 Leipzig
Telefon 0341 235-0, Telefax 0341 235-2791
E-Mail info@ufz.de, www.ufz.de

MAX-DELBRÜCK-CENTRUM FÜR MOLEKULARE MEDIZIN BERLIN-BUCH

STIFTUNGSVORSTAND: Prof. Dr. Walter Birchmeier,
Wissenschaftliches Mitglied und
Vorsitzender des Stiftungsvorstandes,
Dr. Stefan Schwartze, Administratives
Mitglied des Stiftungsvorstandes
Robert-Rössle-Straße 10, 13125 Berlin-Buch
Telefon 030 9406-0, Telefax 030 949-4161
E-Mail presse@mdc-berlin.de, www.mdc-berlin.de

MAX-PLANCK-INSTITUT FÜR PLASMAPHYSIK (assoziiertes Mitglied)

DIREKTORIUM: Prof. Dr. Alexander M. Bradshaw,
Wissenschaftlicher Direktor,
Dr. Karl Tichmann, Geschäftsführer und
Mitglied des Direktoriums,
Prof. Dr. Sibylle Günter, Mitglied des Direktoriums,
Prof. Dr. Thomas Klinger, Mitglied des Direktoriums,
Dr. Rem Haange, Mitglied des Direktoriums (beratend)
Boltzmannstraße 2, 85748 Garching
Telefon 089 3299-01, Telefax 089 3299-2200
E-Mail info@ipp.mpg.de, www.ipp.mpg.de



IMPRESSUM

Herausgeber

Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft
Deutscher Forschungszentren e.V.

Sitz der Helmholtz-Gemeinschaft

Ahrstraße 45, 53175 Bonn
Telefon 0228-30818-0, Telefax 0228-30818-30

Kommunikation und Medien

Geschäftstelle Berlin
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2, 10178 Berlin
Telefon 030-206329-57, Telefax 030-206329-60
E-Mail info@helmholtz.de, www.helmholtz.de

V.i.S.d.P.

Thomas Gazlig

Redaktion

Dr. Angela Bittner (Projektleitung)
Dr. Antonia Rötger (Wissenschaftliche Redaktion)
Autorenkürzel: arö (Dr. Antonia Rötger),
mf (Dr. Michael Fuhs), pei (Patrick Eickemeier),
skar (Sascha Karberg)

Bildnachweise

Titelbild: GKSS; Seite 4, 7: Helmholtz/David
Ausserhofer; Seite 8: GSI; Seite 10, 11, 12, 81: UFZ/
André Künzelmann; Seite 14: FZK; Seite 24: UFZ;
Seite 34: DKFZ; Seite 44: Forschungszentrum Jülich;
Seite 52: DESY; Seite 60: DLR; Seite 70: Helmholtz/
Ernst Fessler; Seite 73, 74: Alfred-Wegener-Institut/
Jens Kube; Seite 77: Alfred-Wegener-Institut/
Kim Lawrenz; Seite 78: HZI. Im wissenschaftlichen
Geschäftsberichtsteil finden Sie den Bildnachweis
direkt am Bild.

Gestaltung

noldt-design, Düsseldorf

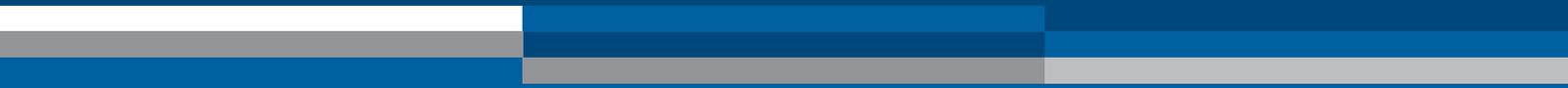
Druckerei

in puncto druck+medien, Bonn

Druck

8500 Exemplare

Stand: August 2007



WWW.HELMHOLTZ.DE

Sitz der Helmholtz-Gemeinschaft
Ahrstraße 45, 53175 Bonn