

ENERGIE  
ERDE UND UMWELT  
GESUNDHEIT  
SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN  
STRUKTUR DER MATERIE  
VERKEHR UND WELTRAUM

Geschäftsbericht 2006

# INHALT

<b>HELMHOLTZ UND DIE WIRTSCHAFT</b>	<b>4</b>
-------------------------------------	----------

<b>BERICHT DES PRÄSIDENTEN</b>	<b>6</b>
--------------------------------	----------

<b>AKTUELLE PROJEKTE AUS DEN FORSCHUNGSBEREICHEN</b>	<b>10</b>
--	-----------

Algen- und Muschelfarm auf hoher See	12
--------------------------------------	----

Röntgenblitze für die Materialforschung	14
---	----

Forschung trifft Business	16
---------------------------	----

Impfung gegen Krebs	17
---------------------	----

Aus dem Weltraum auf die Erde: Robotergreifer mit Gefühl	18
--	----

Messkampagne für GALILEO	19
--------------------------	----

Gigabyte-Festplatten dank Riesenmagnetwiderstand	20
--	----

Treibhäuser mit intelligentem Glasdach	21
--	----

Trickreicher Schalter spart Energie	22
-------------------------------------	----

Spitzenmagnete für Forschung und Industrie	23
--	----

Aufschub für das Klima	24
------------------------	----

Multitalent InnovaRig	25
-----------------------	----

Wissenschaft steuert Ozeanriesen	26
----------------------------------	----

Kalte Schweißpunkte	27
---------------------	----

Bremse für den Östrogenstoffwechsel	28
-------------------------------------	----

Monoklonale Antikörper nach Maß	29
---------------------------------	----

Ionenstrahlen treiben Tumorzellen zum Selbstmord	30
--	----

Preiswerter Strom aus Sonnenlicht	32
-----------------------------------	----

Auf Biegen und Brechen	33
------------------------	----

Die Brücke zur Anwendung schlagen	34
-----------------------------------	----

Ein Bündnis für die Antikörper-Produktion	35
---	----

Plasmagefäß bringt Innovationsschub für die Industrie	36
---	----

Gemeinsam gegen Bluthochdruck	38
-------------------------------	----

Hilfreiche Zusammenarbeit	39
---------------------------	----

Arsen und Spitzenforschung	40
----------------------------	----

Lizenz zur Bodenerwärmung	41
---------------------------	----

Schrödinger-Preis 2005 und 2006	42
---------------------------------	----

<b>DIE FORSCHUNGSBEREICHE</b>	<b>46</b>
-------------------------------	-----------

Der Forschungsbereich Energie	48
-------------------------------	----

Der Forschungsbereich Erde und Umwelt	52
---------------------------------------	----

Der Forschungsbereich Gesundheit	56
----------------------------------	----

Der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien	60
---	----

Der Forschungsbereich Struktur der Materie	64
--	----

Der Forschungsbereich Verkehr und Weltraum	68
--	----

<b>MENSCHEN UND MITTEL</b>	<b>72</b>
----------------------------	-----------

Leistungsbilanz 2005	74
----------------------	----

Kosten der Helmholtz-Gemeinschaft 2005	76
--	----

Personal der Helmholtz-Gemeinschaft 2005	78
--	----

Der Impuls- und Vernetzungsfonds	80
----------------------------------	----

<b>DIE MITGLIEDER DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT</b>	<b>82</b>
--	-----------

<b>IMPRESSUM</b>	<b>83</b>
------------------	-----------

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.**

# HELMHOLTZ UND DIE WIRTSCHAFT



PROFESSOR DR. JÜRGEN MLYNEK, Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft

Liebe Leserin, lieber Leser,

Mit dem Motto „Helmholtz und die Wirtschaft“, unter dem die Jahrestagung 2006 steht, haben wir die Aufmerksamkeit diesmal auf den Wissenstransfer von der Forschung in die Wirtschaft fokussiert. Dieser Transfer hat viele Facetten: von Kooperationsprojekten mit der Wirtschaft, Patentanmeldungen und Lizenzeinnahmen bis zu Ausgründungen mit einer Produktidee, die wirtschaftlich erfolgreich ist.

Im ersten Teil dieses Hefts finden Sie daher aus allen 15 Helmholtz-Zentren ausgewählte Beispiele aus den sechs Forschungsbereichen für eine gelungene Zusammenarbeit mit der Wirtschaft. Es handelt sich um eine Art Schnappschuss ohne Anspruch auf Vollständigkeit, denn an guten Beispielen herrscht zum Glück kein Mangel. Auch bei den Zentren, die sehr grundlagenorientiert arbeiten, finden sich interessante Kooperationen mit Partnern aus der Wirtschaft. Im zweiten Teil erhalten Sie einen Überblick über die sechs in der Helmholtz-Gemeinschaft vertretenen Forschungsbereiche und die im Rahmen der Programmorientierten Förderung finanzierten Themenfelder.

Und im dritten Teil „Menschen und Mittel“ können Sie sich ein Bild über die beschäftigten Mitarbeiter und unseren Umgang mit den finanziellen Ressourcen machen. Auch die Aktivitäten des Impuls- und Vernetzungsfonds und eine Leistungsbilanz der Helmholtz-Gemeinschaft werden dort vorgestellt.

Zurück zum Thema der Jahrestagung: Grundlagenforschung und Anwendung sind kein Gegensatz, sondern ein Paar. Unser Namensgeber Herrmann von Helmholtz, der ein leidenschaftlicher Forscher war, betonte immer wieder: „Wissen allein ist aber nicht Zweck des Menschen auf der Erde. Handeln und Handeln allein gibt dem Manne ein würdiges Dasein.“ So verstehen auch wir heute unseren Auftrag und unsere Mission: mit unserem Wissen zur Lösung von komplexen und drängenden Fragen beizutragen und damit die Zukunftsfähigkeit unserer Gesellschaft zu sichern.

Die Helmholtz-Gemeinschaft ist auf gutem Weg. Mein Vorgänger im Amt, Professor Dr. Walter Kröll, hat dazu entscheidende Weichen gestellt. Dafür danke ich ihm im Namen der Gemeinschaft.

Ich wünsche Ihnen viel Spaß beim Lesen.

Ihr

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'J. Mlynek'. The signature is stylized and fluid.

## BERICHT DES PRÄSIDENTEN

Wir blicken auf ein bewegtes Jahr zurück. Am 23. Juni 2005 haben Bund und Ländern mit den deutschen Forschungsorganisationen den Pakt für Forschung und Innovation geschlossen.

Die Politik will bis zum Jahr 2010 die Mittel für die Forschung jährlich um 3 Prozent steigern, um das ehrgeizige Lissabon-Ziel zu erreichen, das im Jahr 2000 von den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union beschlossen wurde: drei Prozent des Bruttoinlandsprodukts sollen ab 2010 in Wissenschaft, Forschung und Innovation fließen, eine deutliche Steigerung gegenüber den gegenwärtigen zweieinhalb Prozent.

Die Helmholtz-Gemeinschaft hat sich im Gegenzug dazu verpflichtet, zukunftssträchtige neue Forschungsgebiete zu entwickeln, den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern, sich mit konkreten Maßnahmen für mehr Chancengleichheit einzusetzen und Kooperationen mit anderen Forschungsorganisationen, mit den Hochschulen aber insbesondere auch mit der Wirtschaft auszubauen.

Das nehmen wir ernst und daran arbeiten wir. Denn der Pakt für Forschung und Innovation gibt uns nicht nur Planungssicherheit, sondern auch die Chance, unsere strategische Mission beschleunigt umzusetzen. Der erste Missionspunkt lautet: **Wir leisten Beiträge zur Lösung großer und drängender Fragen von Gesellschaft, Wirtschaft und Wissenschaft.** Dies spiegelt sich wider in unseren sechs Forschungsbereichen Energie, Gesundheit, Erde und Umwelt, Schlüsseltechnologie, Verkehr und Weltraum sowie Struktur der Materie. Helmholtz-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler leisten rund die Hälfte der öffentlich geförderten Energieforschung in Deutschland. Energie ist eines der großen Zukunftsthemen, und es gilt, schneller als bisher Klima schonende Technologien zu entwickeln, die den immer noch wachsenden Bedarf an Energie sicherstellen können. Wir beteiligen uns am Bau des ersten

„Echte Innovationen entstehen oft unvermutet aus der Grundlagenforschung. Wir müssen daher verstärkt dafür sorgen, dass wir uns als Forschende einen offenen Blick für Anwendungen bewahren und unsere wissenschaftlichen Erkenntnisse umsetzen, wenn sich die Möglichkeit dazu bietet.“

JÜRGEN MLYNEK

Experimentalreaktors für die Kernfusion ITER, erforschen aber auch die Potenziale von erneuerbaren Energiequellen und untersuchen, wie sich die Effizienz konventioneller Technik steigern lässt. Auch die Bedeutung der anderen Forschungsbereiche für die Gesellschaft liegt auf der Hand und muss nicht näher erläutert werden. Der zweite Punkt der Mission heißt: **Wir erforschen Systeme hoher Komplexität mit Hilfe von Großgeräten und wissenschaftlichen Infrastrukturen gemeinsam mit nationalen und internationalen Partnern.** Auch dafür ist der Aufwuchs aus dem Pakt eine Chance, denn der größte Teil geht an die Forschungsbereiche, die die Mittel zum Aus- und Aufbau der Großgeräte einsetzen werden. So entsteht in internationaler Kooperation am Deutschen Elektronensynchrotron DESY der Freie Elektronen-Röntgenlaser XFEL, und an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) wird die Facility for Antiproton and Ion Research FAIR gebaut. Der dritte Aspekt der Mission fordert: **Wir leisten Beiträge zur Gestaltung unserer Zukunft durch Schaffung von Wohlstand und Arbeitsplätzen.** Dieser Aspekt soll in Zukunft noch mehr Gewicht erhalten. Denn wir alle wissen: Nur durch Innovationen können wir unseren Wohlstand im internationalen Wettbewerb halten. Echte Innovationen entstehen oft aber auch unvermutet aus der Grundlagenforschung. Wir müssen daher verstärkt dafür sorgen, dass wir uns als Forschende einen offenen Blick für Anwendungen bewahren und unsere wissenschaftlichen Erkenntnisse umsetzen, wenn sich die Möglichkeit dazu bietet.

Nur fünf Jahre nach ihrer Gründung hat die Helmholtz-Gemeinschaft bereits viel erreicht: Das neue Finanzierungsinstrument der zentrenübergreifenden, Programmorientierten Förderung, das unter der Präsidentschaft meines Vorgängers, Professor Dr. Walter Kröll, aufgebaut wurde, funktioniert und wird bereits weiter ent-

wickelt. Die erste Runde der strategischen Begutachtungen ist abgeschlossen. Die Vernetzung mit den Hochschulen und die Entwicklung von Instrumenten zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist weiter vorangetrieben worden. Alles zusammen macht die Helmholtz-Gemeinschaft zu einer sehr leistungsfähigen und modernen Forschungsorganisation in Deutschland. An dieser Stelle will ich daher Walter Kröll danken, der diesen schwierigen Prozess gemeistert hat.

Nun kommt es darauf an, die Gemeinschaft aus 15 nationalen Forschungszentren weiter zu stärken. Dazu gehört, neben der konsequenten Umsetzung der Programmorientierten Förderung auch ein gemeinsamer Auftritt unter dem Markennamen „Helmholtz“, damit unsere Leistungen von Wirtschaft, Politik und Öffentlichkeit besser wahrgenommen werden.

Im Rahmen der Exzellenzinitiative und des Paktes für Forschung und Innovation sind wir Verpflichtungen eingegangen, die es einzulösen gilt. Außerdem haben wir gemeinsam eine Gesamtstrategie der Gemeinschaft und ihrer Zentren erarbeitet und evaluieren auch die Programmorientierte Förderung, um sie als Instrument zur strategischen Steuerung weiter zu verbessern.

#### **Den Forschungsraum gestalten: Der Impuls- und Vernetzungsfonds**

Der Präsident der Helmholtz-Gemeinschaft verfügt über einen Impuls- und Vernetzungsfonds, um die Reform der Helmholtz-Gemeinschaft schneller umzusetzen. Der Ausschuss der Zuwendungsgeber hat in seiner Sitzung im Dezember 2005 beschlossen, das Budget für den Impuls- und Vernetzungsfonds von 25 Millionen Euro im Jahr 2006 auf 57 Millionen Euro im Jahr 2008 zu erhöhen. Das entspricht einem Prozentpunkt aus dem dreiprozentigen Gesamtaufwuchs der Helmholtz-Gemeinschaft. Dadurch eröffnen

„Wissenschaftler suchen zum Besten der ganzen Nation und fast immer in deren Auftrag und auf deren Kosten die Kenntnisse zu vermehren, welche zur Steigerung der Industrie, des Reichtums, der Schönheit des Lebens, zur Verbesserung der politischen Organisation und der moralischen Entwicklung der Individuen dienen können.“

HERMANN VON HELMHOLTZ (1821–1894)

sich neue Spielräume, um den Fonds zu einem strategischen Instrument weiterzuentwickeln. Er soll vor allem für den Anschlag neuer Forschungsthemen in Helmholtz-Allianzen, die Vernetzung mit Hochschulen in Form von Virtuellen Instituten, die internationale Vernetzung und die Nachwuchsförderung genutzt werden. Dafür werden – in enger Kooperation mit den Hochschulen – Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppen, Helmholtz-Kollegs und Graduiertenschulen eingerichtet. Für die Weiterbildung von Helmholtz-Mitarbeitern im Wissenschaftsmanagement ist eine Helmholtz-Akademie für Führungskräfte im Aufbau. Auch die Chancengleichheit ist für uns mehr als ein Lippenbekenntnis: Mit einem Fünf-Punkte-Programm haben wir konkrete Maßnahmen getroffen, um den Frauenanteil in Führungspositionen zu erhöhen und Wissenschaftlerinnen in der Helmholtz-Gemeinschaft zu halten oder einzustellen. (Ausführliche Informationen zum Impuls- und Vernetzungsfonds auf Seite 80.)

#### **Aufbau neuer internationaler Großgeräte**

Die Helmholtz-Gemeinschaft betreibt einzigartige Großgeräte und Infrastrukturen und stellt diese auch der wissenschaftlichen Gemeinschaft im In- und Ausland zur Verfügung. Teilchenbeschleuniger, Großrechenanlagen, aber auch die Mauslinik und die bio-

medizinischen Translationszentren, das Forschungsflugzeug HALO und der Eisbrecher POLARSTERN machen Deutschland zu einem international attraktiven Forschungsstandort.

Vor allem im Forschungsbereich Struktur der Materie werden in den kommenden Jahren in internationaler Kooperation zwei neue Großgeräte errichtet. So entsteht am Deutschen Elektronensynchrotron DESY der Freie Elektronen-Röntgenlaser XFEL, der ab 2013 Röntgenblitze mit bislang unerreichter Intensität liefern wird. Dieses Gerät wird unter anderem Einblick in extrem schnelle Prozesse ermöglichen, die in komplexen Systemen wie zum Beispiel biologischen Zellen ablaufen. An der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) wird die Facility for Antiproton and Ion Research FAIR gebaut. Dieser Beschleuniger der nächsten Generation wird hochenergetische und konzentrierte Ionenstrahlen liefern, mit denen exotische Atome sowie Antiprotonen erzeugt werden können. FAIR ist damit ein Instrument, um die Natur der Materie, insbesondere des Quark-Gluonen-Plasmas, zu untersuchen. Die Finanzierung des XFEL, dessen Gesamtkosten inklusive Personal rund 1.081 Millionen Euro betragen, wird zu 60 Prozent von Bund und Ländern getragen. Das FAIR-Projekt (Gesamtkosten inklusive Personal 1.187 Millionen Euro) wird zu 75 Prozent von Bund und Ländern finanziert.

Für beide Projekte werden derzeit Verhandlungen mit internationalen Partnern über weitere Finanzierungsbeiträge geführt. Die neuen internationalen Großgeräte sind von herausragender Bedeutung für die Zukunft des Forschungsstandorts Deutschland und der Helmholtz-Gemeinschaft. Deshalb hat die Realisierung dieser Geräte für den Forschungsbereich Struktur der Materie höchste Priorität. Die „scientific community“ verfolgt die neuen Möglichkeiten aufmerksam. Es formieren sich schon jetzt ganz neue Nutzergruppen, so beispielsweise gemeinsam mit der Max-Planck-Gesellschaft, der Universität Hamburg und dem Land Hamburg eine Initiative zur Strukturbiochemie am XFEL. Beide Großgeräte haben für die Helmholtz-Gemeinschaft eine hohe strategische Relevanz und werden langfristig dazu beitragen, das Profil der Gemeinschaft weiter zu stärken.

Auch der Bau eines neuen Forschungsschiffs für die Erkundung der Arktis ist nun vom Wissenschaftsrat positiv beurteilt worden. Die „Aurora Borealis“ soll in europäischer Zusammenarbeit entstehen und neben Bordlaboratorien auch einen Bohrturm besitzen. Das Schiff wäre als Eisbrecher ganzjährig in der Arktis einsetzbar, um dort Daten zum Klimageschehen und zur Geophysik zu sammeln.

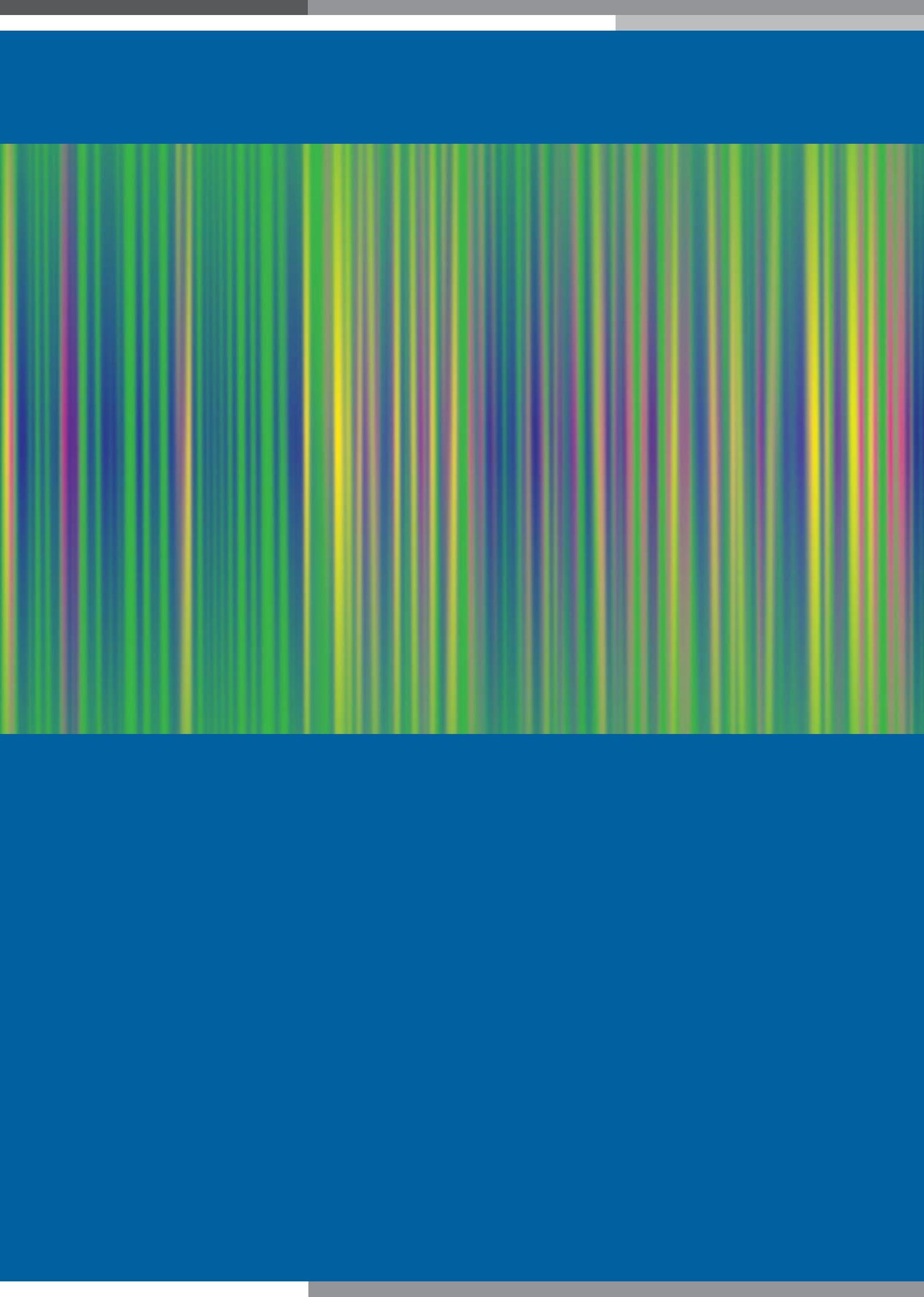
#### Entwicklung einer „Marke Helmholtz“

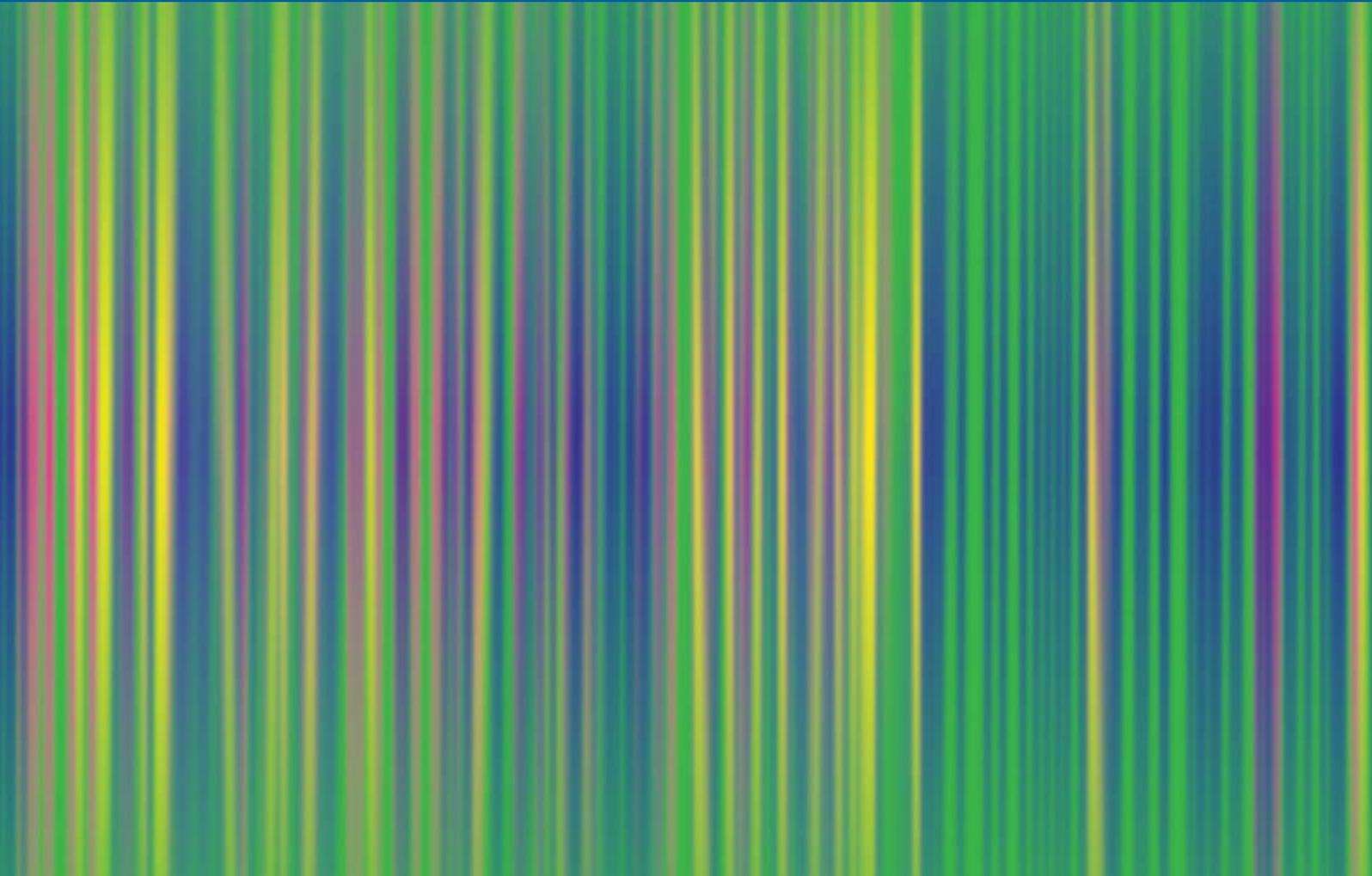
Bisher haben die Mitglieder der Gemeinschaft eine auf die Zentren bezogene Öffentlichkeitsarbeit betrieben, die dazu führt, dass die Erfolge eines Partners nicht auf alle anderen Mitglieder der Gemeinschaft ausstrahlen. Damit verbunden sind zum Beispiel Nachteile im Wettbewerb um Fördermittel und um hervorragende junge Wissenschaftler, die neben der fachlichen Spezialisierung auch ein Netzwerk suchen, in dem sie sich weiterentwickeln können. Eine weitere Folge ist, dass die Helmholtz-Gemeinschaft im Vergleich zu anderen Forschungsorganisationen in der breiten Öffentlichkeit, aber auch in der Wirtschaft nicht entsprechend ihrer Leistung wahrgenommen wird.

Vor diesem Hintergrund hat der Prozess zur Entwicklung einer gemeinsamen „Marke Helmholtz“ deutlich an Dynamik gewonnen. Zentrale Bedeutung hat vor allem die Integration des Namens Helmholtz in den Bezeichnungen der Zentren. Daneben wurde ein neues Corporate Design entwickelt, das allen Zentren zur Verfügung gestellt wird. Die Mitgliederversammlung der Helmholtz-Gemeinschaft hat sich in ihrer Sitzung im April 2006 für dieses Vorgehen ausgesprochen. Neun Helmholtz-Zentren haben sich mittlerweile entschlossen, sich umzubenennen. Im Juli hat sich als erstes Zentrum die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF) in Braunschweig zum Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung umbenannt. Diese Umbenennung bietet auch die Chance, das eigene Forschungsfeld genauer zu charakterisieren.

Mit der Markenbildung wird auch der Wissenschaftler Herrmann von Helmholtz bekannter werden. Er formulierte 1847 den ersten Hauptsatz der Thermodynamik, den Satz von der Energieerhaltung, und erkannte die überragende Bedeutung der Thermodynamischen Hauptsätze. Helmholtz war ein enorm neugieriger, genauer und vielseitiger Grundlagenforscher. Gleichzeitig war es ihm sehr wichtig, Anwendungen zu erkennen, wenn sie sich aus der Forschung ergaben. Auf einem Berliner Kolloquium sagte er 1862: „Wissenschaftler suchen zum Besten der ganzen Nation und fast immer in deren Auftrag und auf deren Kosten die Kenntnisse zu vermehren, welche zur Steigerung der Industrie, des Reichtums, der Schönheit des Lebens, zur Verbesserung der politischen Organisation und der moralischen Entwicklung der Individuen dienen können.“

Das ist die Mission der Helmholtz-Gemeinschaft: Im Auftrag der Gesellschaft mit wissenschaftlicher Expertise dazu beizutragen, die großen und drängenden Probleme der Menschen, der Gesellschaft und der Wirtschaft zu lösen.





## AKTUELLE PROJEKTE AUS DEN FORSCHUNGSBEREICHEN

In allen sechs Forschungsbereichen gibt es zahlreiche Projekte mit Partnern aus der Wirtschaft. Diese Kooperationen reichen von Wissenstransfer, Auftragsforschung oder gemeinsam entwickelten Produkten über Patente und Lizenzen bis hin zu Ausgründungen.



VOM FORSCHUNGSSCHIFF AUS ZIEHEN DIE WISSENSCHAFTLER EINE BOJE HOCH, AN DER DIE ZUCHTANLAGEN BEFESTIGT SIND. Foto: AWI/Bela Buck

## ALGEN- UND MUSCHELFARM AUF HOHER SEE

Die Zucht von Algen und Muscheln könnte eine interessante Sekundärnutzung der geplanten Offshore-Windkraftanlagen in der deutschen Nordsee sein. Wissenschaftler des Alfred-Wegener-Instituts für Polar- und Meeresforschung in Bremerhaven untersuchen das Potenzial solcher Kulturanlagen und haben nun Miesmuscheln und Braunalgen mit hervorragender Qualität geerntet.

Die Windenergie ist in Deutschland ein Wachstumsmarkt. In den nächsten Jahren sollen leistungsstarke Offshore-Windparks in der deutschen Bucht in der Nordsee entstehen. Dadurch verlieren jedoch zum Beispiel Fischereibetriebe quadratkilometergroße Meeresgebiete. Diese werden zu Sperrflächen und dürfen nur zu Wartungszwecken befahren werden. Als der Meeresbiologe Bela Hieronymus Buck vom Alfred-Wegener-Institut vor rund sechs Jahren von diesen Planungen erfährt, beginnt er zu überlegen, ob diese Gebiete ein Potenzial für die Aquakultur hätten und ob damit nicht die Einschränkungen für die Fischerei kompensiert werden könnten: Wären die massiven Fundamente der Windmühlen nicht bestens geeignet, um Kulturanlagen für die Zucht von Muscheln und Algen zu befestigen? Und würden sich solche Kulturen kommerziell lohnen? Das raue Klima der Nordsee, die technischen Herausforderungen, aber auch die Interessenkonflikte zwischen den potenziellen Nutzern machen ein solches Vorhaben jedoch zu einem Abenteuer.

Eine erste Machbarkeitsstudie von Bela Buck zeigte, dass sich die bisher betriebene Zucht von Miesmuscheln in Bodenkulturen an der Küste nicht ausweiten lässt – trotz vorhandener Nachfrage. Einerseits schwanken die Erträge enorm, andererseits gibt es auch ernsthafte Konflikte zwischen Anrainern, Fischern und Umweltschützern über die Frage, wie das Küstengebiet genutzt werden darf. Alternative Zuchtmethoden für Miesmuscheln oder andere Organismen waren auf Grund der harschen Umweltbedingungen in der Nordsee nie angedacht worden und hätten in den küstennahen Gewässern in Konkurrenz zu Schifffahrt, Tourismus oder Naturschutz auch kaum Chancen, verwirklicht zu werden. Die für die Windparks reservierten Meeresflächen bieten hingegen die Möglichkeit, verschiedene Muschel- und Algenarten fern des küstennahen Gedränges in sauberem Wasser zu züchten. In vielen Ländern werden bereits heute verschiedene Organismen an Leinenkonstruktionen kultiviert – eine Methode, die allerdings an die rauen Bedingungen der Nordsee mit ihren Winterstürmen und der starken Tidenströmung angepasst werden muss.



IMMER WIEDER MÜSSEN DIE WISSENSCHAFTLER ABER AUCH TAUCHEN, UM NACH IHREN PROBEN ZU SEHEN.



MIESMUSCHELN AUS DIESEN PILOTKULTUREN HABEN EINEN HOHEN FLEISCHGEHALT UND SIND FREI VON PARASITEN UND VERSCHMUTZUNG. Fotos: AWI/Bela Buck

### Umweltfreundliche Aquakulturen

Denn die Nachfrage nach Meeresfrüchten ist hoch, Tendenz steigend: Austern und Miesmuscheln sind begehrte und gesunde Delikatessen, während Algen und Algenprodukte vor allem in der Lebensmittel- und Kosmetikbranche oder in der chemischen und medizinischen Industrie gebraucht werden. Muscheln und Algen kann man im Gegensatz zu Fischen ohne Zugabe von Futter oder Medikamenten und mit wenig Arbeitseinsatz kultivieren, so dass die Umwelt weder durch erhöhte Nährstoffeinträge noch durch Rückstände von Impfstoffen belastet wird. Alles entscheidend ist jedoch die Antwort auf die Frage, wie schnell und in welcher Qualität die Zuchtkandidaten an den küstenfernen Standorten heranwachsen. Denn nur, wenn dies in ökonomisch relevanten, also kurzen, Zeiträumen geschieht, könnte die Zucht nicht nur wissenschaftlich, sondern auch für die Fischerei von Interesse sein, zum Beispiel als Kompensation dafür, dass ihre Fanggründe zu Gunsten der Windparks reduziert wurden.

### Gute Ernten aus Testanlagen

Um das zu untersuchen, richteten die Wissenschaftler Kulturanlagen rund um die geplanten Windparkflächen ein. Bei ihren monatlichen Ausfahrten dorthin nahmen sie die Wasserproben und Proben von den Muscheln, die an den Kultursystemen gewachsen waren. Im Labor wurden dann die angesiedelten Muscheln gezählt, ihr Gewicht und ihre Wachstumsrate bestimmt und auf Parasiten untersucht. Zusätzlich wurden die Anzahl der Muschel-Larven, der Nährstoffgehalt des Wassers und die Konzentration von Mikroalgen als Futter für die Muscheln bestimmt und mit den Werten aus anderen untersuchten Gebieten verglichen. Vor allem Miesmuscheln (*Mytilus edulis*), die sich fern der Küste an den Testanlagen angesiedelt hatten, wuchsen durchschnittlich anderthalb- bis zweimal schneller als Vergleichstiere in küstennahen Bodenkulturen und waren darüber hinaus frei von Parasiten. Als kommerziell nutzbare Algenart wurde der Zuckertang (*Laminaria saccharina*) an einem eigens dafür entwickelten und patentierten Zuchtssystem, dem so genannten Offshore-Algenring, kultiviert. Die ansonsten in der Deutschen Nordsee nur rund um Helgoland

natürlich vorkommende Braunalge widerstand den starken Strömungen der offenen See und wies bei guten Nährstoffbedingungen in allen Testgebieten sehr gute Wachstumsraten auf.

Diese Ergebnisse sind ermutigend und haben weitere Projekte angestoßen, die nun in enger Kooperation mit Partnern aus Wirtschaft, Verwaltung und Wissenschaft umgesetzt werden. So werden die Kulturtechniken nun für die hohe See weiter optimiert. Aus der Qualitätsanalyse von vor Ort gezüchteten Muscheln soll die Wasserqualität eines potenziellen Gebietes für die Aquakultur bestimmt werden. Außerdem muss genau gemessen werden, welche Kräfte durch die Kulturleinen zusammen mit Strömung und Stürmen auf die Gründungsstrukturen der Windmühlen wirken, denn im bewachsenen Zustand wiegen diese oft mehrere hundert Meter langen Leinen viele Tonnen.

### Offshore-Farmen rechtzeitig anlegen

Die Helmholtz-Wissenschaftler um Buck wollen potenzielle Betreiber solcher Offshore-Farmen über die Chancen und Risiken informieren und ihnen hochseetaugliche Technik, geeignete Zuchtkandidaten und wirtschaftliche Analysemethoden zur Verfügung stellen. Mit ihrer Arbeit ermitteln sie auch, in welchen Bereichen der Nordsee Meeresfrüchte als gesunde Nahrungsmittel in bester Qualität gezüchtet werden können. Die hohe Qualität der produzierten Algen und Muscheln könnte die höheren Produktionskosten der Offshore-Aquakultur kompensieren. Auch wenn die in Deutschland geplanten Windanlagen bisher nur auf dem Papier existieren, so ist Buck mit Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft aus Dänemark, den Niederlanden und Wales jetzt schon dabei, die Vision von Meeresfrüchten in Spitzenqualität als Nebenprodukt der Windparks in die Tat umzusetzen. „Entscheidend ist, dass wir die Mehrfachnutzung der Meeresgebiete jetzt koordinieren, bevor die Offshore-Windanlagen errichtet werden. Denn nur so kann man Synergie-Effekte erzielen und beispielsweise Gründungsstrukturen entwickeln, die auch den zusätzlichen Lasten einer Kulturleine standhalten. Im Nachhinein wäre das nicht möglich“, so Buck.

MATTHIAS BRENNER, Mitarbeiter der Arbeitsgruppe Marine Aquakultur am AWI



SONNENLICHT IST BUNT UND UNGEORDNET IM VERGLEICH ZUM RÖNTGENSTRAHL AUS DEM TEILCHENBESCHLEUNIGER. Foto: Getty Images

## RÖNTGENBLITZE FÜR DIE MATERIALFORSCHUNG

Beschleuniger sind die Giganten der Forschung – manche Exemplare erreichen einen Umfang von einigen Kilometern. Entwickelt wurden sie vor allem für die Teilchenphysik. Doch seit vielen Jahren schon nutzen Forscher die Speicherringe auch als „Superlampen“ für anwendungsnahe Fragen, auch aus der Industrie.

Wenn Teilchen wie Elektronen nahezu lichtschnell durch den Beschleuniger kreisen, werden sie zu winzigen Scheinwerfern und geben einen extrem hellen Röntgenstrahl ab, Synchrotronstrahlung genannt. Diese Strahlung ist gebündelt wie ein Laserstrahl, deutlich intensiver als das Licht aus einer herkömmlichen Röntgenröhre und lässt sich bestens nutzen, um Werkstoffe, Halbleitermaterialien oder Proteine zu durchleuchten.

### Katalysatoren beim Arbeiten zusehen

Das größte deutsche Synchrotronstrahlungslabor heißt HASYLAB und befindet sich am Deutschen Elektronensynchrotron DESY in Hamburg. Hier tummeln sich vor allem Grundlagenforscher, die sich für die aller kleinsten Bestandteile der Materie und ihre Wechselwirkungen interessieren. Doch auch die Industrie fasst allmählich Fuß. Drei Firmen sind mittlerweile Dauergast in Hamburg: Für eine jährliche Pauschale mieten Umicore aus Hanau, Topsoe aus Dänemark und das französische IFP (Institut Français du Pétrole)

ein bestimmtes Kontingent an Messzeit am Speicherring. Alle drei Unternehmen stellen Katalysatoren her – Stoffe, die eine chemische Reaktion beschleunigen und damit wirtschaftlich besser nutzbar machen.

Besonders interessant für die Firmen ist ein Verfahren namens EXAFS. Das Prinzip: Die Experten beschießen einen Katalysator etwa aus Platin mit Röntgenblitzen. Die Blitze kicken eines der inneren Elektronen aus der Atomhülle heraus und ionisieren das Metall. Das Entscheidende: Der Prozess hängt davon ab, von welchen anderen Atomen das Platin umgeben ist – eine wichtige Grundlagenerkenntnis für die Hersteller. Besonders interessant: Der Katalysator lässt sich quasi unter Betriebsbedingungen studieren, zum Beispiel bei Temperaturen von einigen hundert Grad und in einer realistischen chemischen Umgebung. Dadurch können die Industrieforscher im Detail herausfinden, warum ein bestimmter Katalysator im Alltagsbetrieb besser funktioniert als ein anderer.



DOKTORANDEN UNTERSUCHEN AM HASYLAB ZUKUNFTSTRÄCHTIGE THEMEN. Foto: DESY



VERBESSERUNGEN IN DER KATALYSATORTECHNIK ERHÖHEN DIE LUFTQUALITÄT IN DEN STÄDTEN. Foto: Getty Images

Die Katalysatoren, die am HASYLAB studiert werden, dienen ganz unterschiedlichen Zwecken: Topsoe entwickelt molekulare Helfer für die chemische Industrie. Das IFP versorgt die Petrochemie mit Katalysatoren, die Erdöl und Erdgas entschwefeln. Umicore schließlich widmet sich dem wohl prominentesten Einsatz des Katalysators – und zwar im Auspuff eines jeden Benziners und Diesels (siehe unten).

Andere Unternehmen mieten sich am Hamburger Superstrahler für spezielle Einzelmessungen ein. Sie untersuchen Materialien für den Flugzeugbau oder für Erdölbohrköpfe gezielt auf so genannte Eigenspannungen. Diese können zum Beispiel beim Schweißen entstehen und bilden womöglich unerwünschte Schwachstellen. Andere Unternehmen halten kristallisierte Eiweißmoleküle in den gebündelten, intensiven Röntgenstrahl, um deren Aufbau bis ins atomare Detail zu erkunden. Das Ziel: Messdaten, auf deren Grundlagen sich Krankheiten besser verstehen und neue, wirksamere Medikamente entwickeln lassen.

Eines jedenfalls scheint klar: Bislang hat die Wirtschaft das Potenzial der Synchrotronstrahlung noch nicht ausgeschöpft. „Viele Industrieforscher wissen gar nicht, welche fantastischen Möglich-

keiten diese Röntgenquelle bietet“, meint HASYLAB-Physiker Thomas Wroblewski. Das aber soll sich ändern: Zurzeit leuchtet in Hamburg vor allem der Speicherring DORIS, eine mit knapp 300 Metern Umfang eher kleine Anlage. Ab 2009 dann wird eine deutlich hellere Röntgenlampe leuchten: Der umgerüstete PETRA-Ring – gut zwei Kilometer groß – soll nicht nur für Grundlagenforscher Licht ins Dunkel bringen, sondern verstärkt auch für Wissenschaftler aus der Industrie.

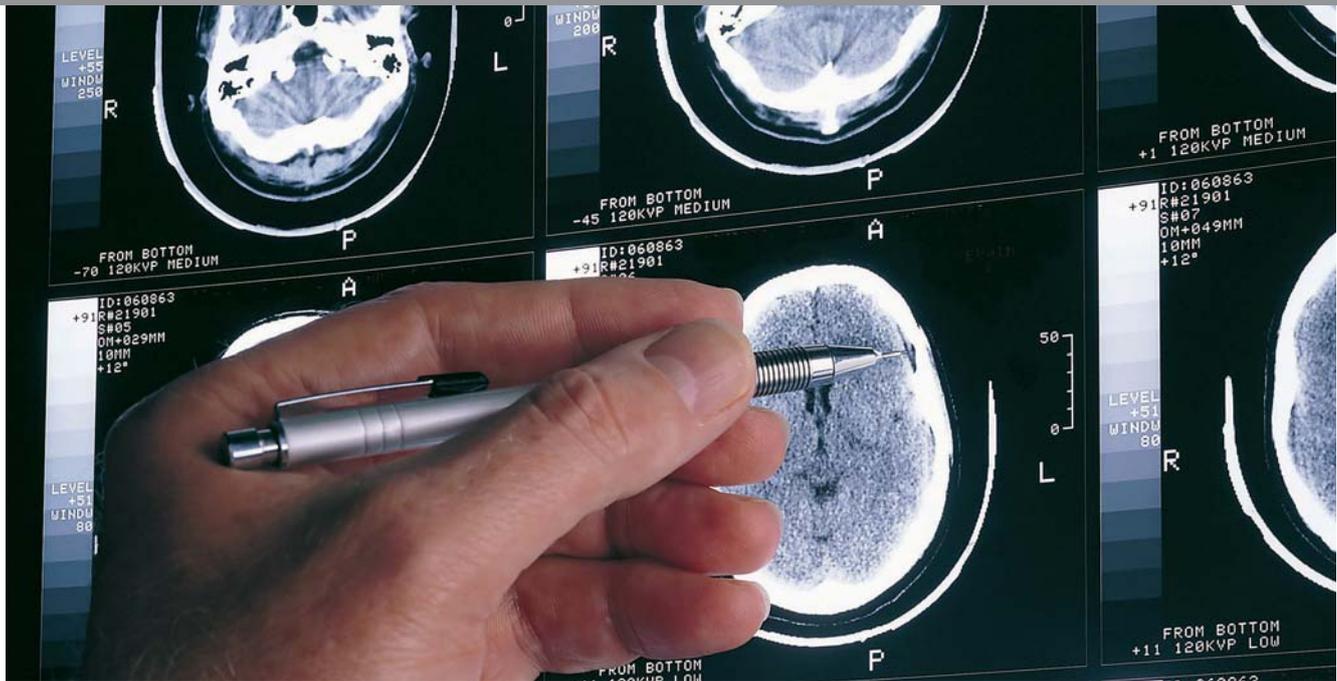
#### Die nächste Stufe: XFEL

Auch der geplante freie Elektronen-Röntgen-Laser XFEL könnte für die Industrie interessant werden. Das neue Großgerät für die Forschung mit Licht entsteht mit europäischer Beteiligung im Kreis Pinneberg, angebunden an DESY: Mit einer Länge von 3,4 Kilometern ist XFEL die längste künstliche Lichtquelle der Erde. Er soll ab 2013 mit seinen Röntgenlaserblitzen chemische Reaktionen filmen, atomare Details von Molekülen entschlüsseln und dreidimensionale Aufnahmen aus dem Nanokosmos machen.

FRANK GROTELÜSCHEN, Wissenschaftsjournalist, Hamburg

## Autokat im Röntgenblick

Der Abgaskatalysator wandelt unter anderem hochgiftiges Kohlenmonoxid in das ungiftige Kohlendioxid  $\text{CO}_2$  um. Mit der Hilfe von Synchrotronstrahlung finden die Fachleute heraus, wie das im Detail geschieht – und schaffen damit wichtige Grundlagen, um seine Wirkungsweise zu verbessern. Ein Dieselpkat zum Beispiel besteht aus einem wabenförmigen Keramikträger, durchzogen von zahllosen Kanälen, die mit Platin als aktiver Komponente beschichtet sind. Am Platin lagert sich das Kohlenmonoxid an. Das Edelmetall beschleunigt dessen Umwandlung zu  $\text{CO}_2$ , geht selbst aber ungeschoren aus dem Geschehen hervor. Um Alterungseffekte zu studieren, haben die Wissenschaftler „gelaufene“ Kats mit fabrikneuen verglichen und deutliche Unterschiede in der atomaren Struktur zwischen alt und neu ausgemacht. EXAFS und daraus abgeleitete Untersuchungsmethoden erlauben einen Einblick in Alterungsphänomene, die über herkömmliche Verfahren nicht oder nur sehr aufwändig zugänglich sind. Anhand solcher Erkenntnisse können Kats effizienter und haltbarer gemacht werden.



DIE TUMORDIAGNOSTIK IST AUF BILDGEBENDE VERFAHREN WIE DIE MAGNETRESONANZTOMOGRAFIE ANGEWIESEN – VON JEDER VERBESSERUNG PROFITIERT DER PATIENT. Foto: ImageSource

## FORSCHUNG TRIFFT BUSINESS

Eine weltweit modellhafte Partnerschaft ist seit Anfang 2006 geknüpft: Das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg und das Unternehmen Siemens wollen in den nächsten sechs Jahren jeweils 20 Millionen Euro investieren, um die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Tumordiagnostik auszubauen.

Die beiden Partner werden auch mögliche Anwendungen der Hochfeld-Magnetresonanztomographie untersuchen, die mit Feldstärken bis zu sieben Tesla noch genauere Informationen über Tumoren ermitteln kann. „Trotz großer Fortschritte haben wir das Anwendungspotenzial der Strahlenphysik für die Krebsmedizin noch lange nicht ausgeschöpft“, sagt Professor Otmar D. Wiestler, Vorstandsvorsitzender des DKFZ. Das DKFZ und das Unternehmen Siemens haben sich deshalb Anfang 2006 zu einer strategischen Allianz zusammengeschlossen, um den Fortschritt zum Wohl des Patienten zu forcieren. Gemeinsam arbeiten sie nun daran, bildgebende Verfahren wie die Magnetresonanztomografie (MRT), die Computertomografie (CT) und die Positronenemissionstomografie so zu verbessern, dass die errechneten Bilder noch genauere Informationen für die Diagnostik und die Strahlentherapieplanung preisgeben.

DKFZ und Siemens investieren in den nächsten sechs Jahren jeweils mehr als 20 Millionen Euro. Die aus den kombinierten

Bilddaten gewonnenen Kenntnisse über Art und Lage der Tumoren werden deutlich präziser sein und ermöglichen, jeden Patienten ganz individuell zu behandeln: mit maximalem Nutzen und minimalen Nebenwirkungen. Künftig wird man sogar die Streuung einzelner Krebszellen in Form von Lymphknoten- oder Fernmetastasen frühzeitig feststellen und behandeln können. Auch die Beurteilung der biologischen Aggressivität, also des Wachstums und der Metastasierungstendenz von Tumoren („Grading“) wird einfacher.

### Kompetenzen unter einem Dach

Eine besondere Rolle wird dem Integrierten Diagnostischen und Therapeutischen Centrum (IDTC) zukommen, das das DKFZ gemeinsam mit Siemens etablieren will. Die Kompetenzen für alle verfügbaren radiologischen Schritte – von der Erstdiagnose und biologischen Charakterisierung eines Tumors über die Therapieplanung bis hin zur Überwachung des Behandlungsverlaufs – sollen künftig unter einem Dach gebündelt werden. „Dabei profitiert das



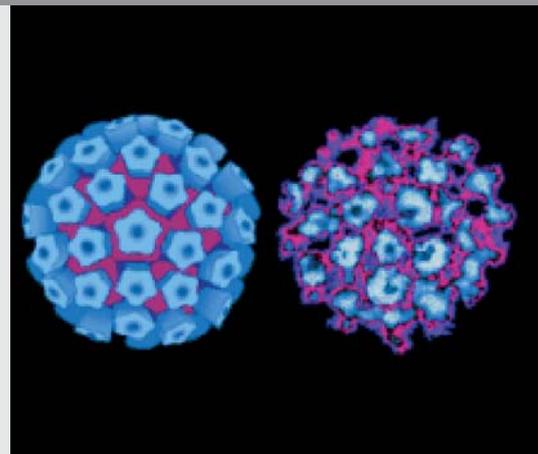
FÜR EINE AUFNAHME WIRD DER PATIENT FIXIERT UND IN DAS MRT-GERÄT HINEINGESCHOBEN. Foto: Siemens

IDTC von der erstklassigen Symbiose aus der Expertise des DKFZ in der Tumordiagnostik und -therapie und dem technologischen Know-how von Siemens als Marktführer im Bereich bildgebender medizinischer Verfahren“, sagt Professor Wolfhard Semmler, Sprecher des Forschungsschwerpunktes Innovative Diagnostik und Therapie und treibende Kraft der Allianz auf DKFZ-Seite.

#### Hohe Feldstärken sehen mehr

Ein großer Schritt, der sich auch schon in früheren gemeinsamen Entwicklungen bewährt hat, ist jedoch auch die Allianz mit der Firma Siemens auf dem Gebiet der Hochfeld-MRT. Das Besondere: Siemens bringt neben seinen neuesten Geräte-Prototypen auch einen 7-Tesla-Magnetresonanztomografen in die Allianz ein. Damit wollen die Partner das Potenzial sehr hoher Feldstärken in der Krebsmedizin ausloten. Lage, Ausdehnung, Struktur, Gefäßversorgung und Stoffwechsel eines Tumors lassen sich so viel detaillierter als bisher erfassen. „Damit wird es künftig möglich sein, bei der Bildauflösung bis auf die Molekülebene vorzudringen und die Krebsdiagnose enorm zu verfeinern“, so Otmar D. Wiestler. Gleichwohl ist die Magnetresonanztomographie bei sieben Tesla auch mit Risiken verbunden. „Wegen der höheren Absorption bei dieser Feldstärke kommt es eher zu einer Überhitzung des Gewebes sowie weiteren Nebenwirkungen“, erläutert Wolfhard Semmler. Für bestimmte Tumorarten wird aber der Nutzen überwiegen; an einer entsprechenden Risiko-Nutzen-Abschätzung arbeiten die Wissenschaftler. Das Krebsforschungszentrum bringt seine große wissenschaftliche Expertise in die Allianz ein. Im Gegenzug erhalten die DKFZ-Wissenschaftler Zugang zur jeweils neuesten Gerätegeneration mit der Möglichkeit, Hard- und Software-Komponenten dieser Geräte stetig weiterzuentwickeln. Aktuelle klinische Fragestellungen können durch die enge Anbindung an das Nationale Centrum für Tumorerkrankungen Heidelberg unter optimalen apparativen und personellen Bedingungen untersucht werden – damit die Übertragung von neuen Erkenntnissen in die klinische Anwendung rascher gelingen kann.

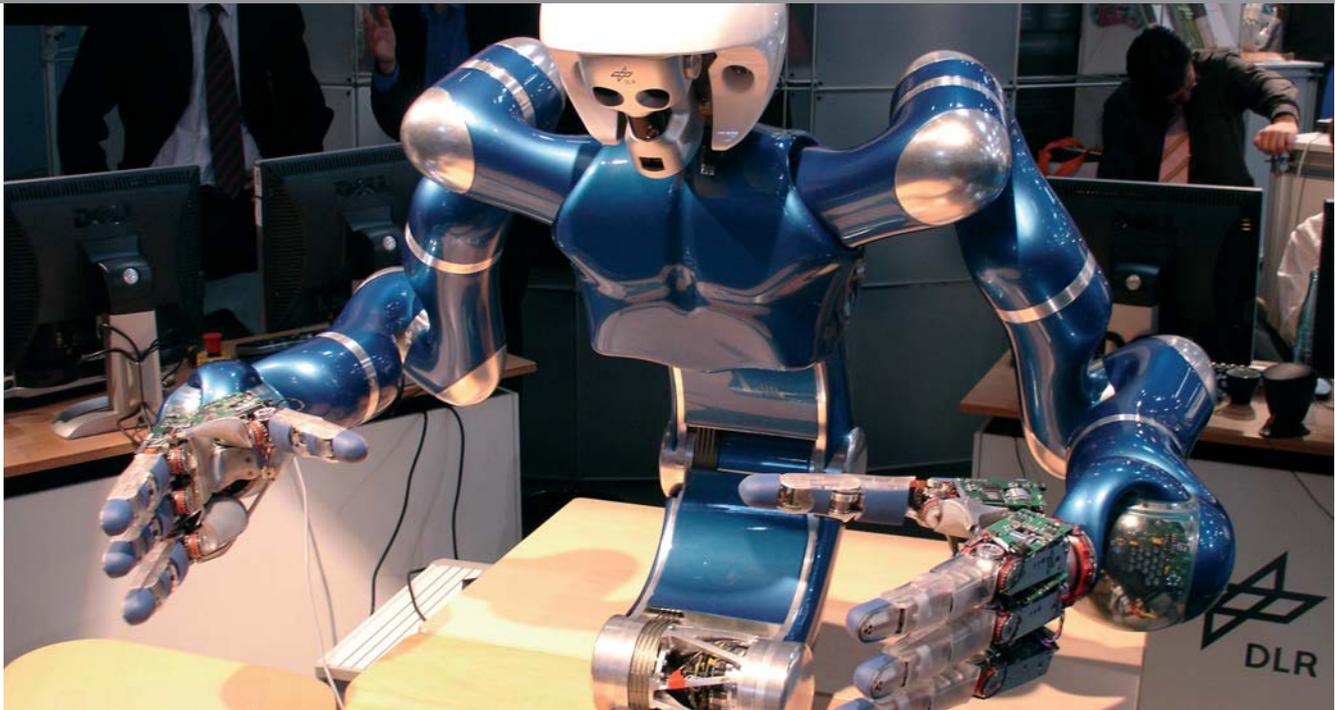
DAGMAR ANDERS, DKFZ



COMPUTERMODELLE VON HUMANEN PAPILLOMVIREN ANHAND VON DATEN AUS DER KRYO-ELEKTRONENMIKROSKOPIE. Foto: Linda M. Stannard

## IMPfung GEGEN KREBS

Mitunter dauert es Jahrzehnte von der Grundlagenkenntnis bis zu einem großen Fortschritt. Bereits seit über vierzig Jahren ist bekannt, dass es bestimmte Hochrisiko-Viren sind, die Gebärmutterhalskrebs auslösen, die weltweit zweithäufigste Krebserkrankung bei Frauen. Bald aber können Mädchen schon vor der Pubertät gegen die hauptverantwortlichen Subtypen der Humanen Papillomviren (HPV) geimpft werden, die beim Geschlechtsverkehr übertragen werden und weit verbreitet sind. Professor Dr. Dr. h.c. mult. Harald zur Hausen erkannte und bewies den Zusammenhang zwischen Virusinfektion und Krebserkrankung; seine Mitarbeiter Professor Dr. Lutz Gissmann und Professor Dr. Matthias Dürst vom Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg (heute Jena) legten den Grundstein für die Entwicklung des HPV-Impfstoffs, der nun die klinischen Prüfungsphasen erfolgreich absolviert hat und seit Juni 2006 in den USA zugelassen ist. In Kürze wird das Unternehmen Sanofi Pasteur MSD den Impfstoff auch in Deutschland einführen.



UNUMSTRITTENER STAR AUF DER AUTOMATICA 2006 WAR DER ROBOTERTORSO JUSTIN. Foto: DLR

## AUS DEM WELTRAUM AUF DIE ERDE: ROBOTERGREIFER MIT GEFÜHL

In den letzten fünf Jahren ist der führende deutsche Roboterhersteller KUKA von Platz 13 auf Platz 3 der Weltrangliste vorgerückt. Ein Erfolg, an dem Helmholtz-Forscher einen entscheidenden Anteil haben.

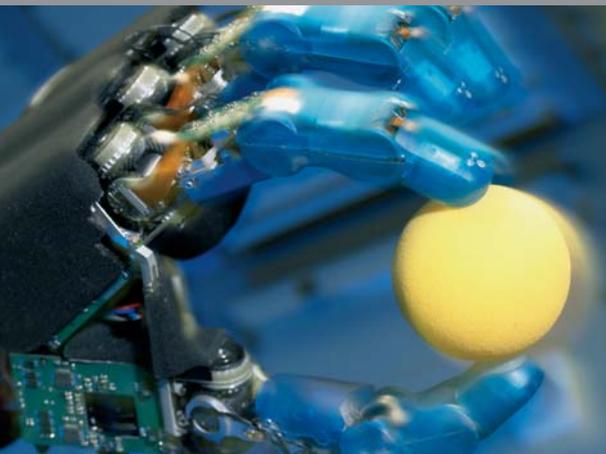
Gerhard Hirzinger und sein Team aus dem Institut für Robotik und Mechatronik des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Oberpfaffenhofen haben die Optimierungsverfahren entwickelt, mit denen KUKA-Roboter heute um 30 Prozent schneller als die Konkurrenz sind. Während der Roboter greift, berechnet eine Software zeitgleich die wirkenden Kräfte und „weiß“ so, wie schnell er sich auf seiner Bahn bewegen darf, ohne die Gelenke zu überlasten. Quasi über Nacht verbessern KUKA-Roboter selbst ihre Regelungsparameter, indem sie ihre Bewegungsmöglichkeiten durchspielen und ihre Bahnen optimieren. Eingesetzt werden die KUKA-Roboter heute für vielfältige Aufgaben in der Industrie.

Die Helmholtz-Wissenschaftler um Professor Hirzinger entwickeln „Soft-Robotik“ für die Zukunft. Der neue robotische Arm, den KUKA nun in einer ersten Kleinserie produziert, unterscheidet sich grundlegend von herkömmlichen Roboterarmen, die ihre einprogrammierten Aufgaben „ohne Rücksicht auf Verluste“ ausführen

und daher nur in menschenleerer Umgebung arbeiten dürfen. Der Arm weicht Hindernissen aus, reagiert durch eine Drehmomentregelung angemessen auf Gegenkräfte und lässt sich durch Menschen leicht führen. Dadurch kann er neue Bewegungsmuster lernen, ob es nun um knifflige Montagearbeiten geht oder darum, einen Tisch abzuwischen. „Das sind Eigenschaften, die Vertrauen erwecken, erst solche Arme können überhaupt in einem Raum mit Menschen eingesetzt werden“, sagt Hirzinger.

### Neues Innenleben für mehr Kraft und Gefühl

Der robotische Arm ist nicht nur feinfühlicher und beweglicher (sieben Freiheitsgrade statt sechs), sondern auch ein Leichtgewicht: Obwohl er nur 13 Kilo wiegt, kann er Lasten von fast 20 Kilo heben, dabei verbraucht er nur 150 Watt Leistung. Seine Vorgänger brachten fast 40 Kilo auf die Waage und verbrauchten doppelt so viel Energie. Möglich macht dies ein neuartiges Innenleben:



DIE EMPFINDSAME HAND HÄLT SOGAR WEICHE OBJEKTE. Foto: DLR

Der speziell entwickelte Multipol-Innenläufer-Motor ROBODRIVE wiegt nur halb so viel wie die sonst verwendeten Motoren und setzt die Leistung effizienter um. Auch die komplexe Steuerungselektronik ist im Arm integriert. Für die ausgefeilte Technik, die als Weltspitze gilt, aber auch für das futuristische Design hat das Team um Hirzinger inzwischen mehrere Preise erhalten.

Passend zum Arm haben die Mechatroniker nun auch eine vier-Finger-Hand mit 13 Bewegungsfreiheitsgraden entworfen, die ein rohes Ei vorsichtig aufnehmen, aber genauso gut mit viel Kraft Schrauben drehen kann. „Wir haben uns lange überlegt: Wie viele Finger braucht man? Mit drei Fingern können Sie einen Apfel halten, aber drehen können Sie ihn noch nicht. Mit vier Fingern geht das alles schon. Der fünfte Finger ist nicht unbedingt notwendig“, erklärt Hirzinger.

#### Allroundtalent Justin

Großes Aufsehen haben die Wissenschaftler auf der letzten großen Robotik-Messe AUTOMATICA in München erregt: Der zweiar-mige Roboter-Torso Justin hantierte gleichzeitig mit drei Bällen, schenkte Getränke ein, ohne zu kleckern und trug auch noch die Getränkekisten. Solche Meisterleistungen gelingen, weil das Team von Hirzinger auf jahrelange Erfahrungen aufbauen kann.

Bereits 1993 wurde ein ROTEX-Greifarm an der Außenhülle der Raumfähre Columbia von der Erde aus mit einer „Spacemouse“ ferngesteuert, die ebenfalls von Hirzinger und seinen Mitarbeitern entwickelt wurde. Die Spacemouse erlaubt quasi intuitiv ein dreidimensionales Objekt zu steuern, ob einen Greifer oder eine Computergrafik. „Man tut so, als hätte man das Objekt in der Hand und könnte es bewegen“, erklärt Hirzinger. Heute wird die Spacemouse unter DLR-Lizenz von der Firma 3D-Connexion vermarktet und von fast allen Automobilkonstruktoren verwendet. Auch die Roboter-greifer der Firma KUKA lassen sich über eine Spacemouse steuern. Was sich im Weltraum bewährt hat, wird nun weiterentwickelt, damit es in wenigen Jahren vielleicht sogar in einem normalen Haushalt nützlich sein kann.

ANTONIA RÖTGER, Helmholtz-Gemeinschaft



BEI DER MESSKAMPAGNE NUTZTEN DIE DLR-FORSCHER EINEN ZEPPELIN MIT ATOMUHREN UND ANDEREN INSTRUMENTEN AN BORD. Foto: DLR

## MESSKAMPAGNE FÜR GALILEO

Das A und O des europäischen Satellitennavigationsprojektes GALILEO ist die Signalgenauigkeit. Geringste Verzögerung der Signalankunft beim Empfänger, etwa durch Reflexionen, hat große Fehler zur Folge: Eine Mikrosekunde macht 300 Meter aus.

Das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) führte eine weltweit einmalige Messkampagne durch, damit letztendlich den Anwendern Genauigkeit und Zuverlässigkeit der Ortungs- und Zeitdienste von GALILEO garantiert werden können.

Ein Zeppelin simulierte dabei den Satelliten. Atomuhren im Zeppelin und im Messfahrzeug am Boden sorgten zusammen mit umfangreicher Sensorik wie zum Beispiel Laser-basierten Kreiseln, Videokameras und Synchronisationseinrichtungen für die hochgenaue Vermessung der Signale. In 60 Szenarien wurde unterschieden nach Umgebung (Stadt, Vorstadt, Land), Position des Satelliten (fünf bis achtzig Grad) und jeweiliger Nutzenanwendung (Fahrzeug, Fußgänger). Die Erkenntnisse aus den Messungen fließen nun in entsprechende Empfänger-algorithmen ein, die eigens entwickelt werden, um GALILEO zu einem einzigartig genauen Ortungssystem für zivile Anwendungen zu machen.

Weitere Vermessungsszenarien für Schienenverkehr und Gebäudeinneres sind bereits geplant.

CORDULA TEGEN, DLR



IM LABOR VON PETER GRÜNBERG GIBT EINE WISSENSCHAFTLICHE MITARBEITERIN DEN SANDWICH-STRUKTUREN (AUF DEM WAFER) DEN LETZTEN SCHLIFF. Foto: FZ-Jülich

## GIGABYTE-FESTPLATTEN DANK RIESENMAGNETWIDERSTAND

Das europäische Patentamt und die europäische Kommission haben Professor Peter Grünberg vom Forschungszentrum Jülich mit dem Preis „Europäischer Erfinder des Jahres“ ausgezeichnet. Sie würdigen damit seine Entdeckung des Riesenmagnetwiderstands, die den Durchbruch zu Gigabyte-Festplatten ermöglicht hat.

Heute wird dieser Effekt in über neunzig Prozent der produzierten Festplatten genutzt. Der Preis „European Inventor of the Year Award“ 2006 wurde in diesem Jahr erstmals vergeben. Ein Komitee aus Vertretern der Wirtschaft, Forschung und Politik hatte dazu Patentanmeldungen aus den letzten Jahren ausgewählt, denen erfolgreich der Sprung in die Anwendung gelungen ist – und sich schließlich für den Riesenmagnetwiderstands- oder GMR-Effekt (von Giant Magnetoresistance) entschieden, den der Festkörperphysiker Peter Grünberg schon 1988 entdeckt hatte. Denn auf einer Festplatte sind die digitalen Daten in Form von kleinen magnetischen Bereichen auf engstem Raum gespeichert. Mit Sensoren, die den GMR-Effekt nutzen, können jedoch noch kleinere magnetische Muster ausgelesen werden, denn solche Sensoren sind viel empfindlicher – die Speicherkapazität der Festplatten hat sich dadurch enorm erhöht.

### Sandwich aus drei Schichten

Die Grundlage für die Entdeckung des GMR-Effekts waren Arbeiten Grünbergs und seiner Mitarbeiter in den 80er Jahren an mikroskopischen Strukturen, die wie ein Sandwich aus drei Schichten aufgebaut waren: Zwischen zwei magnetischen Eisenschichten lag eine wenige Atomlagen dünne, nichtmagnetische Schicht aus Chrom. Je nach der Dicke der Chromschicht sind die magnetischen Momente beider Eisenschichten miteinander gekoppelt: Sie richten sich entweder parallel oder antiparallel aus. Schon sehr schwache Magnetfelder, wie sie in den magnetischen Mustern einer Festplatte auftreten, beeinflussen diese Kopplung jedoch. Der Clou dabei: Klappen die magnetischen Momente in dem mikroskopischen Sandwich um, wird der elektrische Widerstand auf einmal fast doppelt so hoch – daher der Name Riesenmagnetwiderstand.



IM FALSCHFARBENBILD SIND DIE VERSCHIEDENEN MAGNETISCHEN DOMÄNEN DES MIKRO-SANDWICHS DEUTLICH ERKENNBAR. Foto: FZ-Jülich



DIE NEUE VERGLASUNG LÄSST MEHR LICHT ZU DEN PFLANZEN UND SPART ENERGIE. Foto: FZ-Jülich

Grünberg erkannte, dass dieser Effekt sich für einen hochempfindlichen Magnetfeldsensor nutzen lässt: Kleinste Felder führen schon zu einem deutlichen Signal.

#### Vom Labor in die Industrie

Das überzeugte auch die Industrie: Bereits 1997 brachte IBM einen GMR-Lesekopf für Computerfestplatten auf den Markt – selten hat eine Entdeckung aus der Grundlagenforschung so schnell Einzug in den industriellen Produktionsprozess gehalten. Mittlerweile sind mehr als zehn internationale Firmen Lizenznehmer des Patents und bescherten dem Forschungszentrum Jülich Einnahmen in zweistelliger Millionenhöhe. Längst hat der GMR-Effekt in verbesserten Leseköpfen für Festplatten, Videobändern sowie in MP3-Playern weltweite Verbreitung gefunden. Weiterhin können GMR-Schichtpakete im ABS-System des Autos und künftig zum Auslesen von Biochips eingesetzt werden. Zudem öffnete der GMR-Effekt die Tür zu einem völlig neuen Forschungsgebiet: der Spin(elek)tronik. Die Ausnutzung des Spins, neben der Ladung eine wesentliche Eigenschaft des Elektrons, könnte die gesamte Mikroelektronik revolutionieren.

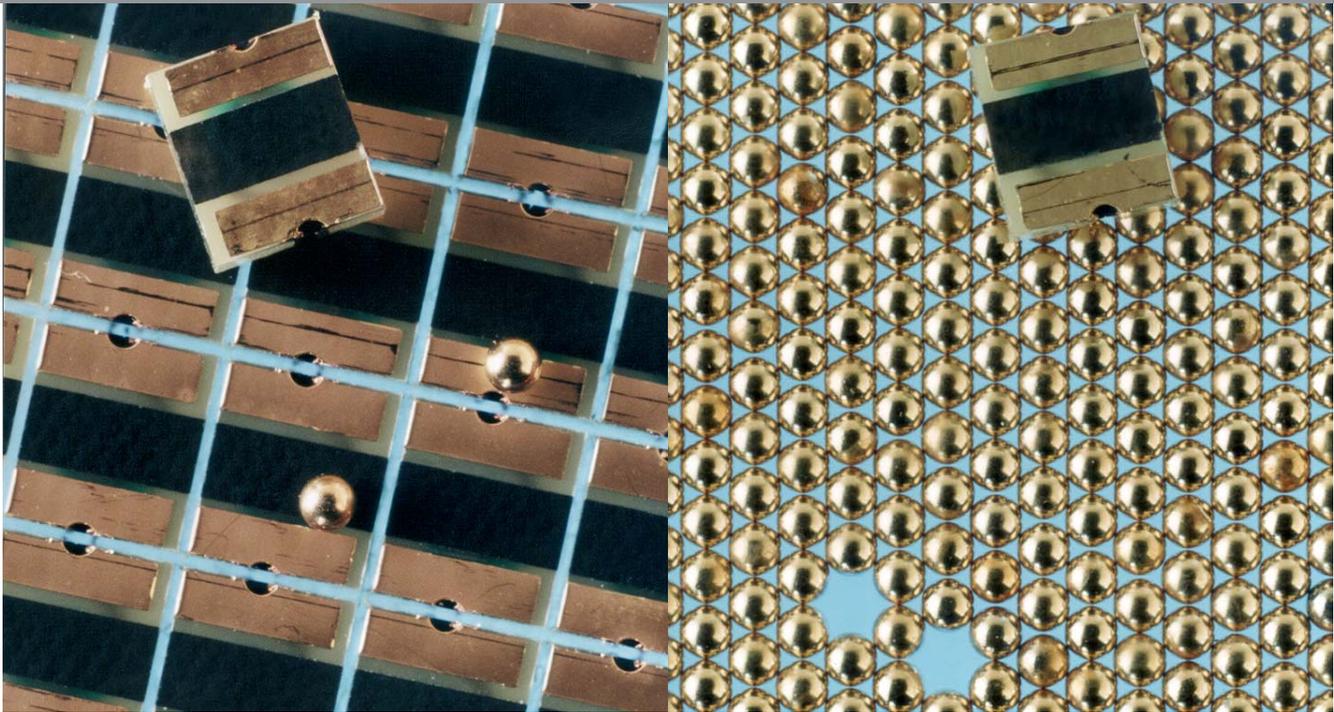
Obwohl der Preisträger seit 2004 emeritiert ist, bleibt er dem Forschungszentrum erhalten. Oft ist er in seinem Büro anzutreffen oder auf dem Campus zu sehen. Der Ruhestand ist für Peter Grünberg eher ein fließender Übergang. Physikalische Vorgänge haben den am 18. Mai 1939 in Pilsen geborenen Physiker schon immer interessiert. Seine Kollegen schätzen Peter Grünberg. Ihm liegen magnetische Phänomene am Herzen, die er von Grund auf verstehen möchte. „Er zwingt einen dazu, die Physik wirklich zu durchdringen“, sagen die Kollegen.

KOSTA SCHINARAKIS, FZ-Jülich

## TREIBHÄUSER MIT INTELLIGENTEM GLASDACH

Eigentlich interessierten sich die Forscher um Professor Ulrich Schurr vom Institut für Chemie und Dynamik der Geosphäre am Forschungszentrum Jülich dafür, wie sich Pflanzen an veränderte Umweltbedingungen anpassen und wie man dies nutzen kann, um sie zur Produktion von neuen Inhaltsstoffen anzuregen. Voraussetzung dafür war jedoch eine neue Technologie für Gewächshäuser, die die Wissenschaftler gemeinsam mit Partnern aus der Industrie in mehreren Projekten entwickelt haben. Mit der Firma Centrosolar Glas Fürth wurde ein neues, hochtransparentes Glas für Gewächshäuser entwickelt, das bis zu 97 Prozent des Lichts durchlässt. Dadurch steht den Pflanzen fast zehn Prozent mehr Licht zur Verfügung. Das eisenarme Glas lässt zudem noch bis zu 35 Prozent UV-B ins Gewächshaus – Strahlung, die von normalem Glas komplett herausgefiltert wird, aber für Wachstum und Inhaltsstoffe von Pflanzen wichtig ist. Nun untersuchen die Forscher – vom BMBF gefördert – welche praktischen Konsequenzen diese Innovation hat.

Energieersparnis stand im Vordergrund einer weiteren Entwicklung mit den Firmen Centrosolar, Siedenburger Gewächshausbau und der Firma 3M. Das Projektteam aus Wissenschaftlern und Gartenbaupraktikern erfand eine schaltbare, durchsichtige Wärmedämmung. Dazu wird eine hochtransparente Folie über die Glasscheibe gespannt und der Zwischenraum zu einem isolierenden Luftkissen aufgeblasen. Für diese Entwicklung hat das Land Nordrhein-Westfalen den Jülicher Forschern und ihren Industriepartnern den Umweltpreis Gartenbau 2006 verliehen. In einem BMBF-Verbundprojekt mit einem Gartenbaubetrieb und der Universität Hannover wird diese Innovation nun für die Anwendung weiterentwickelt.



STRUKTURIERTE LEITERPLATTE, DICHT AN DICHT MIT MIKROSCHALTERN BESETZT, DANEBEN DIE VERGOLDETEN STAHLKUGELN. Foto: Sensolute

## TRICKREICHER SCHALTER SPART ENERGIE

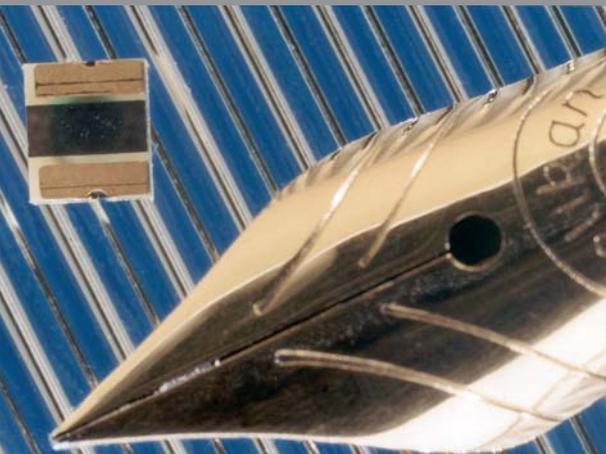
Batterien könnten bis zu zehnmal länger halten, wenn sich Geräte automatisch ausschalten würden, sobald sie nicht gebraucht werden. Eine intelligente Lösung haben Wissenschaftler am Forschungszentrum Karlsruhe entwickelt. Nun planen sie die Umsetzung in die Praxis mit der Firma Sensolute.

Fahrradrücklichter, Hörgeräte, Spielzeuge: Die Batterie ist meist schnell erschöpft. Denn wer denkt schon immer daran, das Gerät auszuschalten? Professor Dr. Hartmut Gemmecke und Dr. Thomas Blank vom Institut für Prozessdatenverarbeitung und Elektronik (IPE) am Forschungszentrum Karlsruhe haben eine bestechend einfache Lösung entwickelt: ein Mikrovibrationsschalter, der auf kleinste Erschütterungen reagiert. Im Schalter steckt ein raffiniert strukturiertes System, in dessen Hohlraum eine vergoldete Stahlkugel rollt. Erschütterungen setzen die Kugel in Bewegung. Indem sie wie ein Tennisball zwischen zwei vergoldeten Kontakten hin und her rollt, schließt sie den Stromkreis. In vollkommener Ruhe dagegen wird der Stromkreis unterbrochen, die Batterie geschont. „Die Batterien halten zehnmal länger“, erklärt Hartmut Gemmecke. Der Schalter ist zwar ein High-Tech-Produkt, aber dennoch mit sehr preiswerten Verfahren herzustellen. „Wir nehmen genau die gleichen Leiterplatten und Herstellungsverfahren, wie sie bei der Massenproduktion von Elektronik verwendet werden“, sagt Blank. Produziert werden die Leiterplatten in einer ortsansässigen Firma,

auch die vergoldeten Stahlkugeln von etwa 0,8 Millimetern Durchmesser werden dazugekauft. Im IPE werden die Leiterplatten dann in jeweils 1024 einzelne Schalter zerlegt, automatisch getestet und sortiert. Im Vergleich mit einem Beschleunigungssensor auf Siliziumbasis ist der Mikrovibrationsschalter konkurrenzlos günstig.

### Gründung mit Unterstützung

Weil aus der Idee sehr schnell ein konkretes Produkt geworden ist, sind Gemmecke und Blank nun im Gründungsprozess der Firma Sensolute GmbH. „Wir wollen die Firma auf den Weg bringen, aber dennoch im Forschungszentrum bleiben“, meint Gemmecke. Erstmals ist auch das Forschungszentrum als Gesellschafter mit einem Anteil von 20 Prozent beteiligt. Mit Mitteln aus dem Helmholtz-Förderprogramm zur Erleichterung von Existenzgründungen aus Forschungseinrichtungen (EEF-II) konnte ein Mitarbeiter für das Marketing eingestellt werden. „Jetzt liegen Anfragen für rund zwei Millionen Stück vor“, sagt Dr. Jens Fahrenberg von der



EINZELNER SCHALTER NEBEN EINER FÜLLERSPITZE. Foto: Sensolute

Stabsabteilung Marketing, Patente und Lizenzen des Forschungszentrums, der die Ausgründung begleitet.

Der erste Massenmarkt sind Fahrradrücklichter. Ausgestattet mit dem Mikroschalter und einem Lichtsensor leuchten sie, sobald das Fahrrad im Dunkeln fährt. Wird es abgestellt, schaltet sich das Licht nach einer halben Minute automatisch aus. Batterieversorgte Rücklichter enthielten bislang aber meist einen Quecksilberschalter, der bei der Fahrt den Stromkreis schloss.

Ab 2007 sind solche Schalter aus Umweltgründen europaweit verboten, denn mit dem Verschrotten des Drahtesels landeten sie meist auf dem Müll. „Das Hauptproblem steckte im Detail, also darin zum Beispiel die richtige Klebe- und Oberflächentechnik zu finden, damit die empfindliche Elektronik vor Nässe geschützt ist, auch wenn das Rad draußen steht“, erklärt Gemmecke.

#### Vielfältige Anwendungen

Rücklichter für Fahrräder sind aber nur eines von vielen Produkten, zu denen Sensolute die winzigen Vibrationsschalter beisteuern kann. Auch für das Personentracking, sei es bei Kindern oder zu beruflichen Zwecken, könnten solche bewegungssensiblen Schalter eingesetzt werden. Nur dann, wenn sich der Träger eines GPS-Detektors neu in Bewegung setzt, würden die Positionssignale gefunkt. Bleibt die Person an einem Ort, würden die Abfrageintervalle verlängert, was wiederum die Batterie schont. Auch Bügeleisen, die sich automatisch ausschalten oder Spielzeuge wären Kandidaten. In Hörgeräten würde ein Mikrovibrationsschalter den winzigen Ein-/Aus-Knopf überflüssig machen, der manchen Älteren die Bedienung erschwert. Außerdem wird oft vergessen, beim Ablegen das Gerät auszuschalten – mit der Folge, dass die Knopfzellen leer sind, wenn das Gerät wieder gebraucht wird. Der Hörgerätenutzer darf sich dabei auch auf dem Sofa ausruhen, denn die Vibrationen durch die Atmung reichen aus, um den Stromkreis zu schließen. Erst wenn das Gerät still auf dem Nachttisch liegt, schaltet es sich aus.

ANTONIA RÖTGER, Helmholtz-Gemeinschaft



DIE SUPRALEITENDEN HÖCHSTFELDMAGNETE WERDEN AN DER HOMER 2 – TESTEINRICHTUNG IM INSTITUT FÜR TECHNISCHE PHYSIK GRÜNDLICH UNTERSUCHT. Foto: Forschungszentrum Karlsruhe

## SPITZENMAGNETE FÜR FORSCHUNG UND INDUSTRIE

Theo Schneider und seine Kollegen vom Institut für Technische Physik am Forschungszentrum Karlsruhe entwickeln supraleitende Spulen, die höchst homogene und zeitlich stabile Magnetfelder von enorm hoher Feldstärke erzeugen. Zwei Nobelpreise wurden in den letzten Jahren für Arbeiten auf dem Gebiet der Kernspinspektroskopie verliehen, und auch in der Medizin ist eine davon abgeleitete Diagnosemethode weit verbreitet: die Kernspinnresonanztomografie, auch Magnetresonanztomografie (MRT) genannt.

Seit über zwanzig Jahren arbeiten die Karlsruher Wissenschaftler auch mit der Firma Bruker Biospin gezielt an supraleitenden Spulen für Kernspinspektrometer. Durch diese enge Zusammenarbeit ist Bruker Biospin inzwischen zum Technologieführer geworden; immer wieder brachten sie weltweit einmalig leistungsfähige Geräte auf den Markt. Die Lizenzeinnahmen für das Forschungszentrum Karlsruhe belaufen sich inzwischen auf rund fünf Millionen Euro. „Wir haben supraleitende Schalter und supraleitende Kontakte entwickelt und können damit ein quasi-stationäres Feld erzeugen, das sich in hunderttausend Jahren kaum verändern würde“, erklärt Schneider. Zurzeit arbeiten die Forscher an supraleitenden Spulen aus einer Wismutverbindung, die Magnetfelder von 23,5 Tesla erzeugen – ein neuer Rekord für ein hochstabiles, räumlich homogenes Feld. „Je höher das Feld, desto besser wird die Auflösung der Geräte“, erklärt Schneider.



NAHEZU DIE GESAMTE NORDDEUTSCHE TIEFEBENE HAT EINEN UNTERGRUND, DER SICH ZUM SPEICHERN VON KOHLENDIOXID EIGNEN WÜRD. IN KETZIN WIRD DIES NUN AUSGETESTET. Foto: PLANETOBSERVER.COM

## AUFSCHUB FÜR DAS KLIMA

Geoforscher wollen Kohlendioxid aus fossilen Kraftwerken in porösem Gestein speichern und testen das Potenzial dieser Technik im brandenburgischen Ketzin aus.

Die Idee klingt einfach: Könnte man die Klimaerwärmung bremsen, wenn Kraftwerke das beim Verbrennen von Kohle, Öl oder Gas entstehende Treibhausgas Kohlendioxid einfangen würden? Dann müssten sie das ungiftige Gas nur so sicher lagern, dass es auch in den kommenden Jahrtausenden nicht in die Atmosphäre gelangen und so den Treibhauseffekt verstärken kann. Solche genial klingenden Ideen aber haben meist nicht nur einen, sondern mehrere Haken: Zum einen ist es weder einfach noch billig, das Treibhausgas aus dem Luftgemisch abzutrennen, das nach dem Verbrennen in Richtung Schornstein strömt. Zum zweiten gibt es zwar durchaus Lager für Kohlendioxid, aber wie man das Gas in diese Lager hineinbringt und ob es dort auch für viele Jahrtausende sicher aufgehoben werden kann, ist bisher nur unzureichend untersucht.

Genau diesen Mangel versucht das GeoForschungsZentrum (GFZ) in Potsdam mit dem EU-Projekt CO<sub>2</sub>SINK zu beheben. Denn die Zeit drängt: Die Planungen und Bauarbeiten für zwei deutsche Kohlekraftwerke, die das Klimagas abfangen sollen, bevor es in die Luft strömt, laufen bereits auf Hochtouren. Sobald sie in Betrieb

gehen, müssen auch entsprechende Lager sowie die Technologie verfügbar sein, um das Kohlendioxid zu speichern.

In der Natur gibt es solche unterirdischen Gaslager übrigens schon längst. „In Erdgas-Lagerstätten bleibt ein ähnliches Gas ja auch über etliche Millionen Jahre sicher eingeschlossen“, berichtet GFZ-Wissenschaftler Günter Borm, der das Projekt CO<sub>2</sub>SINK koordiniert.

### Sandsteinschichten als Speicher

Gute Kandidaten für ein Kohlendioxidlager sind beispielsweise poröse Gesteinsschichten, in deren winzig kleinen Hohlräumen viel Gas gespeichert werden kann. Zusätzlich aber müssen sie von einer Schicht aus Ton abgedichtet werden. Nahezu die gesamte norddeutsche Tiefebene zwischen Ostfriesland und der polnischen Grenze bietet potenzielles Speichergestein.

Aber bleibt solch ein Lager auch langfristig dicht? Genau das testet das GFZ Potsdam in der Umgebung der Kleinstadt Ketzin westlich von Berlin. Bereits zu DDR-Zeiten lagerte man dort im Sommer in porösen Sandsteinschichten Stadtgas, das im Winter als Brennstoff wieder an die Oberfläche geholt wurde. CO<sub>2</sub>SINK aber geht deutlich



DAS CO<sub>2</sub> AUS KOHLEKRAFTWERKEN SOLL ABGEFANGEN UND UNTERIRDISCH GESPEICHERT WERDEN. Foto: laif

tiefer: 700 Meter unter der Oberfläche liegt die poröse Gesteinschicht, die als Kohlendioxidlager getestet werden soll. Jeden Tag sollen dort in Zukunft mehrere LKWs mit jeweils über 20 Tonnen flüssigem Kohlendioxid anrollen, das erst einmal zwischengespeichert wird. Kräftiges Erwärmen macht aus der Flüssigkeit wieder ein Gas, das mit rund 30 Grad Celsius und 75 mal höherem Druck als dem Luftdruck in Ketzin in die Tiefe gepumpt wird. Unter diesem hohen Druck wird das Kohlendioxid zum superkritischen Fluid. So nennen Physiker einen Stoff, der zwar die Dichte einer Flüssigkeit hat, sich aber wie ein Gas in den feinen Gesteinsporen ausdehnt. Die GFZ-Forscher messen anschließend im Lager selbst, im Gestein über dem Lager, in den Bohrlöchern und an der Erdoberfläche, wie sich das Kohlendioxid im Untergrund verhält. Diese Messmethoden werden im Rahmen von CO<sub>2</sub>SINK entwickelt.

#### Ein Baustein zum Klimaschutz

Derzeit kostet es rund 70 Euro, eine Tonne Kohlendioxid im Kraftwerk sauber aus der Luft abzutrennen und zum Lager zu fahren. Die Europäische Union hofft allerdings, diesen Preis in Zukunft unter 20 Euro zu drücken. Rund sieben Euro kostet es anschließend, eine Tonne Kohlendioxid in den Untergrund zu pressen. 2000 Milliarden Tonnen Kohlendioxid könnten im Untergrund verschiedener Erdregionen so gespeichert werden, haben Klimaforscher für die Vereinten Nationen ausgerechnet. Das ist 70 mal mehr Kohlendioxid als zurzeit weltweit jährlich durch Verbrennungsprozesse in die Luft gelangt. Besonders praktisch am GFZ-Projekt ist aber, dass sich das Kohlendioxid wieder kontrolliert zurückholen lässt. Denn eigentlich handelt es sich um eine wertvolle Substanz, die gebraucht wird, um Lebensmittel zu konservieren, Feuerlöscher zu produzieren, Sahne aus der Dose schäumen zu lassen oder sprudelndes Mineralwasser herzustellen. „Um den Klimawandel durch Treibhausgase zu bremsen, müssen wir viele Maßnahmen treffen: Energie effizienter nutzen, erneuerbare Energien ausbauen und das Kohlendioxid aus Verbrennungsprozessen speichern“, sagt Günter Borm.

ROLAND KNAUER, Wissenschaftsjournalist, Lehnin



GEOWISSENSCHAFTLER SIND AUF BOHRKERNE ANGEWIESEN, UM DIE ERDKRUSTE ZU UNTERSUCHEN. Foto: GFZ

## MULTITALENT INNOVARIG

Forschungsbohrungen sind unverzichtbar für die modernen Geowissenschaften. Wie ein „Teleskop in das Erdinnere“ erlauben sie einen direkten Einblick in grundlegende Prozesse im „System Erde“. Sie leisten aber auch Beiträge zu Fragestellungen wie der Versorgung mit Ressourcen (Rohstoffvorkommen, Geothermie, Wasser) oder der Nutzung des unterirdischen Raums. Die in der weltweiten Forschungstätigkeit gesammelten Erfahrungen des Geoforschungszentrums Potsdam (GFZ) haben gezeigt, dass es auf dem Markt keine Bohranlage gibt, die den unterschiedlichen Anforderungen geowissenschaftlicher und geotechnischer Projekte genügt.

Daher haben die GFZ-Experten um Professor Rolf Emmermann nun die Bohranlage „InnovaRig“ entworfen, die alle Bedingungen für wissenschaftliche Bohrungen erfüllen soll. Gleichzeitig eignet sich InnovaRig auch für Bohrungen im Auftrag der Industrie. Die Anlage ist leicht transportierbar und bohrt kostengünstig bis in 5000 Meter Tiefe. Besonderen Wert legten die Konstrukteure darauf, dass die Umwelt bei Bohrarbeiten nur minimal belastet wird. Das renommierte deutsche Unternehmen Herrenknecht Vertical GmbH wurde vom GFZ Potsdam mit dem Bau der Anlage beauftragt, den Betrieb wird die Firma H. Angers Söhne Bohr- und Brunnenbaugesellschaft mbH übernehmen. Trotz der technischen Spitzenanforderungen wird InnovaRig schon ab Ende 2006 einsatzfähig sein und dann mindestens fünfzehn Jahre im Dienst der Wissenschaft „tiefe Löcher bohren“.



AUF DER „TOR MAGNOLIA“ ERPROBEN GKSS-FORSCHER NEUE COMPUTERMODELLE FÜR WIND UND SEEGANG. Foto: DFDS

## WISSENSCHAFT STEUERT OZEANRIESEN

Neu entwickelte Software und Messgeräte unterstützen Kapitäne bei Navigationsentscheidungen. Helmholtz-Forscher machen so die Schifffahrt sicherer.

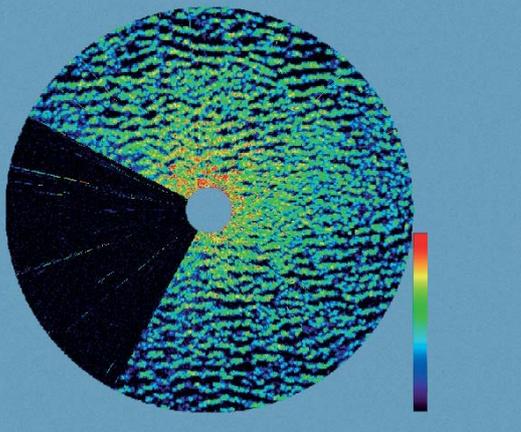
Moderne Frachtschiffe sind riesig, manche sind über 300 Meter lang. Das stellt hohe Anforderungen an Kapitän und Steuermann. Wie die Trucker auf der Straße stehen sie außerdem unter großem Kostendruck. Fehlentscheidungen können zu teurer Verspätung oder sogar Schäden an Schiff und Ladung führen. Deshalb gibt es seit April 2005 das EU-Projekt ADOPT (Advanced decision support system for ship design, operation and training). In internationaler Zusammenarbeit wird hier ein System entwickelt, das dem Kapitän die Führung seines Schiffs erleichtern und für mehr Sicherheit für Schiff und Umwelt sorgen soll. Mit dabei: das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht und die Firma OceanWaveS GmbH, eine Ausgründung des Zentrums.

Viele Faktoren entscheiden darüber, welcher Kurs für einen schwer beladenen Ozeanriesen der beste ist: Seegang, Strömung und Wind, auch das Schiff selbst, seine Ladung und die Art, wie es reagiert. All diese Faktoren muss der Kapitän kennen und bewerten, um sein Schiff sicher und schnell ans Ziel zu bringen. „Mit ADOPT wollen wir dem Nautiker Entscheidungshilfe geben“, sagt

Dr. Heinz Günther, der den Projektbeitrag der GKSS koordiniert. Das System aus Messgeräten und Software verwendet zunächst aktuelle Umweltdaten wie Seegang und Wind, die direkt vom Schiff aus gemessen werden. Diese werden eingespeist in Computermodelle, die das Verhalten des Schiffes und der See in der Umgebung berechnen. Ergebnis ist eine Bewertung des Risikos für das Schiff in der aktuellen Situation. Falls erforderlich, schlägt das System Änderungen von Kurs und Geschwindigkeit vor, um das Risiko zu verringern. Damit kann der Kapitän seine Entscheidung schnell und gestützt auf Daten treffen, auch bei schwerem Wetter und schlechter Sicht.

### Alle zwei Minuten eine Seegangskarte

Die Messung des Seegangs ist ein wichtiger Bestandteil des Projektes. Hierfür stellt die Firma OceanWaveS GmbH das Messsystem WaMoS II zur Verfügung. WaMoS II wird mit einem handelsüblichen X-Band-Radargerät verbunden, das auf den meisten Schiffen bereits vorhanden ist. Der Radarstrahl tastet die Wasseroberfläche



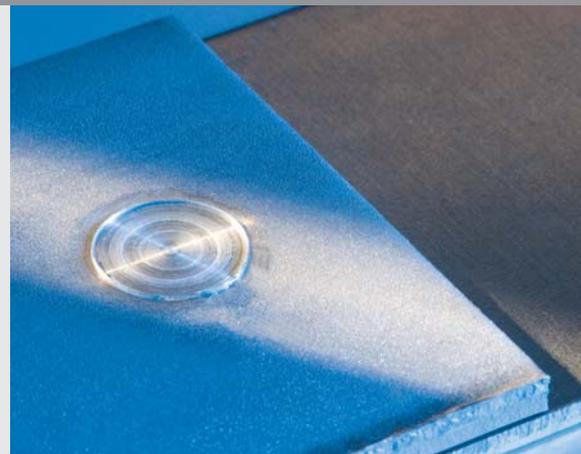
WAMOS II ERMITTELT ALLE ZWEI MINUTEN EINE FOLGE VON 32 RADARBILDERN. DIE WELLEN SIND ALS STREIFEN HOHER (ROT) UND NIEDRIGER (SCHWARZ) RADARECHOS ZU ERKENNEN. Foto: GKSS

ab und liefert aktuelle Bilder der Wellen im Umkreis von etwa drei Kilometern. Dazu berechnet WaMoS II Merkmale des Seegangs wie Wellenhöhe und -richtung und zeigt sie alle zwei Minuten auf einem Monitor an. Diese Daten werden gegenwärtig auf der „Tor Magnolia“ gemessen und fließen in das System ein, das in ADOPT entwickelt wird. Vorhersagen macht WaMoS II allerdings nicht. „WaMoS II ist ein Echtzeitsystem“, sagt Ina Tränkmann, Ingenieurin bei OceanWaveS. WaMoS II wird sowohl auf großen Schiffen als auch auf Ölbohrplattformen eingesetzt. Das Messsystem ermöglicht es, die Höhe der Wellen genau zu bestimmen. Auf Bohrplattformen können so zum Beispiel die Arbeiter besser geschützt werden. Die Lüneburger Firma OceanWaveS GmbH vertreibt WaMoS II nun weltweit und beschäftigt neun Angestellte. Eine Niederlassung in Neuseeland wird gerade gegründet: OceanWaveS Pacific Ltd.

#### Mehr Sicherheit auf See

Im Rahmen von ADOPT arbeiten die Helmholtz-Forscher aus Geesthacht eng mit der Flensburger Schiffbau GmbH zusammen, die gemeinsam mit der dänischen Reederei DFDS die „Tor Magnolia“ während ihres laufenden Betriebes zur Verfügung stellt. Die technische Universität Hamburg Harburg erstellt die Modellrechnungen für das Schiffsverhalten. Beteiligt sind außerdem Partner in Dänemark, Norwegen, Griechenland und Großbritannien. Im März 2008 soll das drei Millionen Euro teure Projekt abgeschlossen sein. Das geplante System verspricht mehr Sicherheit auf See für Passagiere, Mannschaft und Ladung. Es wird nicht nur bei alltäglichen Operationen eine Hilfe sein, sondern auch bei der Ausbildung von Seeleuten und beim Bau zukünftiger Schiffe.

CLAUDIA RATERING, Wissenschaftsjournalistin, Münster



SCHWEISSEN OHNE SCHMELZEN. DURCH REIBEN UND RÜHREN LASSEN SICH WERKSTOFFE PUNKTFÖRMIG MITEINANDER VERBINDEN. Foto: riftec

## KALTE SCHWEISSPUNKTE

Herkömmliches Schweißen hat einen entscheidenden Nachteil: Die beim Schweißen entstehende Hitze schädigt die Metalle. Am GKSS-Forschungszentrum wurde daher aus dem Reibrührschweißen ein Fügeverfahren entwickelt, mit dem insbesondere Leichtmetalle punktuell ohne große Hitzeeinwirkung miteinander verrührt werden können. „Das Verfahren ist eine starke Alternative zu etablierten Verfahren im Leichtbausektor, wo bislang Schmelzschweißverfahren und mechanische Fügeverfahren wie Stanzen oder Nieten zur Anwendung kommen“, so Matthias Beyer vom GKSS-Forschungszentrum. Dort wurde das Reibpunktschweißverfahren in der Gruppe Fügetechnologie entwickelt und patentiert.

„Some like it hot – wir schweißen kalt!“ – mit diesem Slogan wirbt die RIFTEC GmbH, ein 2003 aus der Fügetechnologie ausgegründetes Unternehmen. RIFTEC ist der erste Lizenznehmer dieses Patents und beschäftigt sich mit der Weiterentwicklung des Reibpunktschweißens zur industriellen Reife. Um diese Entwicklung zu beschleunigen, wurde Mitte 2005 ein Kooperationsprojekt mit dem GKSS-Forschungszentrum ins Leben gerufen. RIFTEC übernahm dabei in Zusammenarbeit mit der Firma Harms und Wende GMBH & Co KG aus Hamburg die Entwicklung und den Bau eines industriell einsetzbaren Schweißsystems. In enger Zusammenarbeit mit den Reibschweißspezialisten der GKSS-Fügetechnologie werden der Schweißprozess und das Werkzeugdesign untersucht und die Eigenschaften der Verbindung analysiert. „Es gibt schon viele Interessenten aus dem Automobilbau und der Luft- und Raumfahrttechnik für unser Verfahren“, so Christoph Schilling, Geschäftsführer der RIFTEC GmbH und Haupterfinder des Reibpunktschweißens.



JEDES JAHR MÜSSEN FAST 46.000 FRAUEN IN DEUTSCHLAND MIT DER DIAGNOSE BRUSTKREBS RECHNEN. Foto: laif

## BREMSE FÜR DEN ÖSTROGENSTOFFWECHSEL

Durch eine gezielte Blockade des Hormonstoffwechsels könnte das Wachstum von Brusttumoren bei manchen Patientinnen gestoppt werden. Wissenschaftler des GSF-Forschungszentrums bei München suchen mit Partnern aus der Industrie nach geeigneten Wirkstoffen.

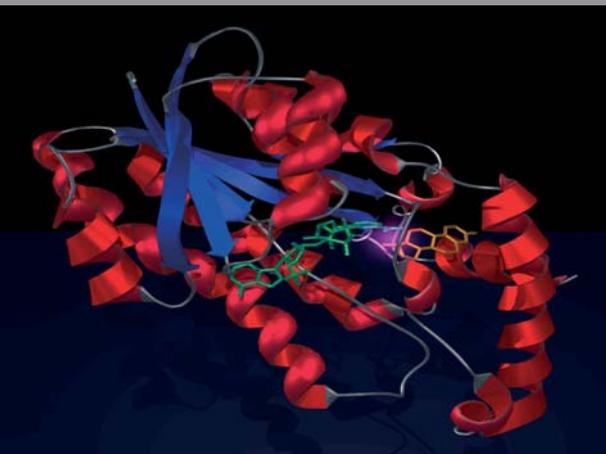
Brustkrebs ist in Deutschland eine der häufigsten Todesarten bei Frauen. Nach Angaben des Deutschen Krebsforschungszentrums in Heidelberg erkranken in Deutschland jährlich bis zu 46.000 Frauen neu daran. Oft wird der Tumor von weiblichen Geschlechtshormonen beeinflusst, das heißt, die Krebszellen wachsen umso schneller, je höher der Östrogenspiegel ist. Eine Chance, die aber mit Vorsicht genutzt werden muss. „Dadurch kann die Krankheit eventuell gehemmt werden, indem die Hormonproduktion unterdrückt wird“, erzählt Professor Dr. Jerzy Adamski, der Leiter des Genomanalysezentriums (GAC) des GSF-Forschungszentrums für Umwelt und Gesundheit.

Östrogene gehören zu den Steroid-Hormonen, mit deren Stoffwechsel sich Adamski und seine Mitarbeiter seit Jahren beschäftigen. Ihre Expertise auf diesem Gebiet macht die GAC-Wissenschaftler zu gefragten Partnern der Industrie: Seit dem Jahr 2000

arbeiten die Forscherinnen und Forscher in Kooperation mit der Chemie- und Pharmafirma Solvay GmbH daran, ein spezifisches Mittel gegen östrogenabhängige Krankheiten zu finden. An erster Stelle steht Brustkrebs im Fokus der Wissenschaftler, aber auch andere hormonabhängige Krankheiten wie zum Beispiel die Endometriose, eine meist gutartige aber schmerzhafte Unterleiserkrankung, die zu Unfruchtbarkeit führen kann, könnten durch einen derartigen Wirkstoff beeinflusst werden.

### Zielgenaue Blockade

„Unsere Herausforderung war, ein Mittel zu entwickeln, das ganz gezielt nur ein einziges Enzym der Hormonsynthese trifft. Damit hoffen wir, Nebenwirkungen wie beispielsweise Akne oder Kreislaufstörungen zu vermeiden“, erklärt Adamski. Die Wissenschaftler entschieden sich dafür, den letzten und entscheidenden Schritt



IM COMPUTER MODELLIEREN DIE WISSENSCHAFTLER, WIE BESTIMMTE MOLEKÜLE ANSTELLE VON ÖSTRON AN DAS ENZYM ANDOCKEN UND SO DEN HORMONSTOFFWECHSEL BLOCKIEREN. Foto: J. Adamski

der Hormonsynthese zu blockieren: die Umwandlung von Östron in Östradiol durch das Enzym 17β-Hydroxysteroid-Dehydrogenase Typ 1 (17β-HSD1). Denn erst mit Östradiol entsteht ein aktives Hormon, das in der Zielzelle wirken kann – alle vorherigen Zwischenprodukte der Hormonsynthese sind inaktiv. Besonders vielversprechend ist dieser Ansatz, weil 17β-HSD1 nur in steroidabhängigem Gewebe, zum Beispiel in der Brustdrüse oder dem Uterus, aktiv ist und die Östradiolsynthese somit gewebespezifisch blockiert wird.

#### Reaktionen im Computer

Da die dreidimensionale Struktur des Enzyms bereits bekannt ist, konnten die Wissenschaftler bestimmte Moleküle im Computer modellieren, die als potenzielle Hemmstoffe in Frage kommen. Es handelt sich dabei um künstliche Liganden, die als Antagonisten anstelle von Östron an das Enzym andocken und so die Umsetzung von Östron zu Östradiol verhindern. Auf diese Weise haben die Forscher aus der Gruppe von Adamski zusammen mit den Industriellen Kooperationspartnern von Solvay inzwischen zehn Leitsubstanzen identifiziert, die gute Kandidaten für chemische Tests darstellen. Fünf dieser Kandidaten erwiesen sich als besonders wirksam: Schon in geringster Konzentration von unter 100 Nanomol hemmen sie die Enzymaktivität um die Hälfte – dies schlägt alle bisher bekannten Stoffe. Zudem zeigten Spezifitätstests, dass sie ganz gezielt nur das 17β-HSD1-Enzym beeinflussen, andere 17β-Dehydrogenasen dagegen nicht.

Diese Testsieger gehen nun in die präklinische Forschung. Die Kooperation mit Solvay läuft 2006 zwar aus, aber an allen Patenten, die aus der Kooperation hervorgingen, ist die GSF weiterhin beteiligt. „Insgesamt war unsere Zusammenarbeit mit Solvay ungewöhnlich schnell erfolgreich: Von den ersten Pilotversuchen bis zur Entwicklung der Produkte, die in die präklinische Testphase gehen, vergingen nur fünf Jahre – für die Medikamentenforschung ist das eine Rekordzeit“, betont Adamski.

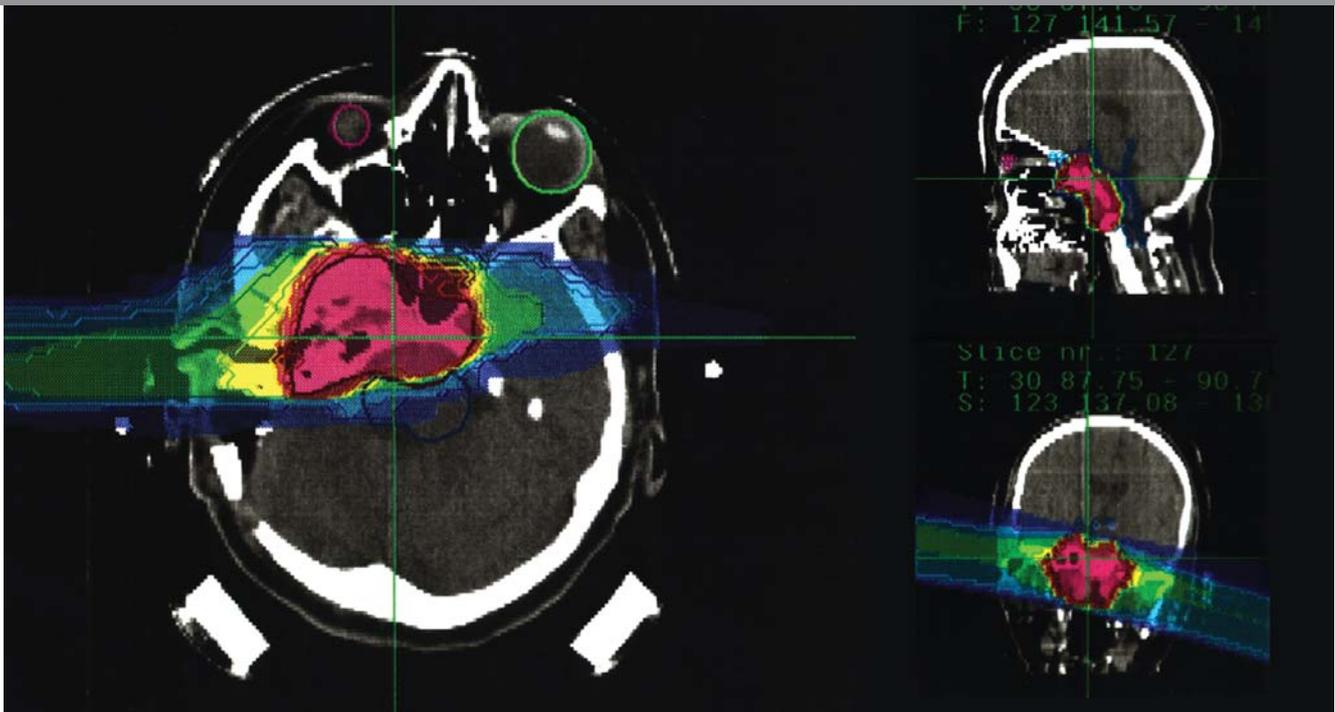
MONIKA GÖDDE, Wissenschaftsjournalistin, München



ELISABETH KREMMER UND IHR TEAM PRODUZIEREN RUND 300 ANTIKÖRPER PRO JAHR FÜR DIE WISSENSCHAFT. Foto: GSF

## MONOKLONALE ANTIKÖRPER NACH MAß

In Diagnostik und Forschung spielen monoklonale Antikörper eine wichtige Rolle, da sie sehr zielgerichtet und mit hoher Spezifität verschiedenste Moleküle binden können. Gute Antikörper herzustellen ist aber eine Sache für Spezialisten. Die GSF hat hierfür hervorragende Möglichkeiten: „Wir sind in der Lage, kontinuierlich Antikörper herzustellen, die genau auf die Bedürfnisse der anfragenden Wissenschaftler abgestimmt sind“, erklärt Dr. Elisabeth Kremmer, die Leiterin der Forschungsplattform Monoklonale Antikörper. Seit 1995 produziert die Gruppe als Serviceeinrichtung pro Jahr etwa 300 maßgeschneiderte Antikörper, die Tendenz ist steigend. Für die Qualität der Antikörper erhielt Kremmer zusammen mit Kollegen vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin sowie vom Genzentrum der Universität München den Erwin-Schrödinger-Preis 2000. Die Produktion von Antikörpern hoher Qualität gelingt dabei auch in sehr schwierigen Fällen. Daher erreichen die GSF sowohl national als auch international zahlreiche Anfragen zur Kooperation bei der Herstellung spezifischer Antikörper. Meist werden die bestellten Antikörper als „Tools“ verwendet, zum Beispiel, um Herbizide in Umweltpollen nachzuweisen. Aber auch zum Nachweis verschiedener Proteine in der Diagnostik werden die Antikörper verwendet. Und einige kommen auch als mögliche Therapeutika in Frage. Regelmäßig wecken an der GSF entwickelte Antikörper auch das Interesse der Wirtschaft: Seit 2004 schafften mehr als 50 Antikörper den Sprung vom Forschungslabor in ein Unternehmen.



MIT KOHLENSTOFFIONEN KANN DIE DOSIS EXAKT NACH EINEM DREIDIMENSIONALEN BESTRAHLUNGSPLAN AUF DEN TUMOR KONZENTRIERT WERDEN. DAS GEDUNDE GEWEBE WIRD DAGEGEN WEITGEHEND GESCHONT. Foto: GSI/DKFZ

## IONENSTRAHLEN TREIBEN TUMORZELLEN ZUM SELBSTMORD

Am Ionenbeschleuniger der Gesellschaft für Schwerionenforschung in Darmstadt ist eine effektive Therapie gegen besonders resistente Tumoren entwickelt worden.

Nun entstehen in Zusammenarbeit mit der Industrie maßgeschneiderte Ionenbeschleuniger für Krankenhäuser. Die Zerstörung einzelner Krebszellen durch Strahlung oder Zellgift ist ein schwieriger biologischer Prozess. Doch Ionenstrahlen, wie sie an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt erzeugt werden, können gezielt Tumorzellen so stark schädigen, dass sie sich selbst auflösen. „Wir können die Ionenstrahlen ganz präzise über den Tumor fahren und ihn damit Punkt für Punkt zerstören“, erklärt Forschungsbereichsleiter Gerhard Kraft (GSI). Insbesondere für Patienten mit gut lokalisierten, aber inoperablen Tumoren ist die Ionenstrahltherapie eine große Hoffnung, weil sie schonender und wirkungsvoller als die bisher angewandte Strahlentherapie mit Röntgenstrahlen arbeitet. Paradebeispiel für eine Indikation sind tief liegende Tumore im Schädel, die sich zu dicht an lebenswichtigen Regionen befinden, um sie restlos zu entfernen. Seit 1997 haben die Darmstädter Wissenschaftler in Zusammenarbeit mit Medizinern der Radiologischen Klinik der Universität und dem DKFZ in Heidelberg rund 300 Patienten am Beschleuniger der

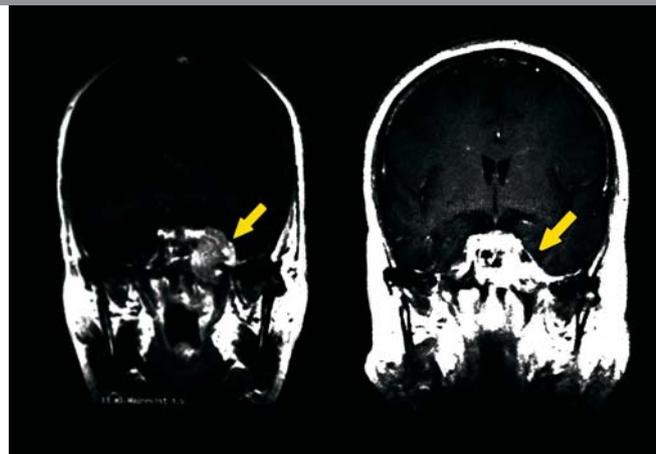
GSI mit Ionen bestrahlt; bei allen bildete sich der Tumor zurück. Etwa 80 Prozent der Patienten erreichten eine „Fünf-Jahres Tumorkontrolle“: Das bedeutet, der Tumor zeigt kein Wachstum in dieser Zeit, in günstigen Fällen bildete er sich sogar zurück.

### Punktgenaue Wirkung

Gerhard Kraft und Wilma Kraft-Weyrather untersuchen seit fast 30 Jahren die Wirkung von Ionen auf lebendige Zellen. Zunächst an einfachen Hefezellen, die man getrocknet im Vakuum bestrahlen kann, dann mit Säugetier- und menschlichen Zellen, die sterile Bestrahlungsbedingung in Normalatmosphäre erfordern. Dabei fanden sie, dass Ionenstrahlen bei ihrem Weg durch das Gewebe zunächst nur minimalen Schaden anrichten, denn das „dicke Ende“ kommt erst am Schluss: in einer genau bestimmten Tiefe, die von der Geschwindigkeit des Strahls abhängt. Nur dort reißen die Ionen plötzlich so viele Verbindungen in den großen Molekülen der Erbsubstanz DNA auseinander, dass die internen Reparaturmechanismen überfordert sind und die Zellen sich meist selbst zerstören.



WÄHREND DER BESTRAHLUNG WIRD DER SCHÄDEL DES PATIENTEN MIT EINER MASKE FIXIERT. DIE WISSENSCHAFTLER ARBEITEN JEDOCH NUN AN VERFAHREN, DIE AUCH IN BEWEGTEN ORGANEN FUNKTIONIEREN. Foto: GSI



COMPUTERTOMOGRAFIE EINES PATIENTEN VOR (LINKS) UND SECHS WOCHEN NACH DER BESTRAHLUNG. DER TUMOR WURDE IN DIESEM FALL KOMPLETT ABGEBAUT. Foto: Universitätsklinikum Heidelberg

Mit dieser Grundlagenerkenntnis war die Idee geboren, Ionenstrahlung gegen Krebszellen einzusetzen. Da Ionen geladene Teilchen sind, lassen sie sich mit elektromagnetischen Feldern perfekt lenken. Zusammen mit der Tiefensteuerung über die Geschwindigkeit des Ionenstrahls lässt sich so eine punktgenaue Wirkung erreichen, das übrige Gewebe wird geschont – ganz im Gegensatz zur konventionellen Strahlentherapie mit Röntgenstrahlung, die schon wenige Zentimeter unter der Haut ihre maximale Wirkung erreicht. Bei tief liegenden Tumoren kann die Röntgendosis im gesunden Gewebe höher sein als die Dosis, die im Tumor ankommt. Schwere Nebenwirkungen, wie der Untergang größerer Gewebeteile, die bei der Neutronentherapie zum Tod vieler Patienten führten, und selbst leichte Nebenwirkungen wie Mundtrockenheit, Übelkeit bis zum Haarausfall, bleiben bei der Ionentherapie weitgehend aus.

#### Kohlenstoff als ideale Munition

Doch welche Ionen eignen sich am besten für die Krebsbekämpfung? Erste klinische Versuche mit Neon-Ionen in den 80er Jahren an der Universität in Berkeley waren enttäuschend. Schließlich ermittelten Gerhard Kraft und Wilma Kraft-Weyrather das Element Kohlenstoff als ideale Munition gegen bösartige Zellen. Kohlenstoff-Atomkerne bestehen aus sechs Protonen und sechs Neutronen und haben bei hoher Geschwindigkeit – wenn ihre Elektronenhüllen durch Ionisierung abgesprengt wurden – wenig Wechselwirkung mit dem Gewebe, so dass sie auf ihrem Weg vor allem reparabile Schäden hinterlassen. Wenn sie dann am Zielpunkt langsamer werden, reicht die Wechselwirkungszeit aus, um Zellen irreparabel zu beschädigen. Der Ionenstrahl wird in winzigen Schritten über den genau vermessenen bösartigen Zellhaufen geführt – er rückt erst dann weiter, wenn die vorher berechnete Dosis für jeden Punkt erreicht ist. Hinzu kommt, dass im Gewebe auch Spuren von radioaktiven Kohlenstoff-Isotopen entstehen, die bei ihrem Zerfall Gammastrahlung abgeben. Damit lässt sich der Strahl perfekt kontrollieren. Wissenschaftler des Forschungszentrums Rossendorf bei Dresden haben eine Kamera entwickelt, die diese Gamma-Strahlung während der Ionenstrahl-Behandlung aufnimmt, falls notwendig, wird der Bestrahlungsplan dann korrigiert.

Seit 1997 führt die GSI an ihrer Beschleunigeranlage zusammen mit der Radiologischen Universitätsklinik Heidelberg, dem FZR Dresden und dem DKFZ die Therapie mit Kohlenstoffionen durch. Die Patienten kommen drei Wochen lang täglich zu jeweils drei- bis fünfminütigen Bestrahlungen. „In Zukunft werden wir aus strahlenbiologischen Gründen die Anzahl der Kohlenstoff-Bestrahlungen sicher stark reduzieren können“, sagt Kraft.

Zurzeit werden nur Körperteile bestrahlt, die sich perfekt fixieren lassen, etwa im Schädelbereich, längs der Wirbelsäule und im Becken. Nun entwickeln Kraft und seine Mitarbeiter jedoch zusammen mit dem Unternehmen Siemens Medical Solutions ein Verfahren, um bewegte Organe wie die Lunge bestrahlen zu können: Dafür muss der Strahl zeitgleich mit der Atmung nachgeführt werden. Die GSI-Wissenschaftler simulieren den bewegten Tumor mit einer Kugel, die im Wasserbad bewegt wird wie ein Tumor im Gewebe. An diesem Modell klappt das Nachführen schon hervorragend, berichtet Kraft.

Für die Ionenstrahltherapie genügen kleinere Beschleuniger als die Anlage in Darmstadt, die einen Durchmesser von 70 Metern hat und selbst sehr schwere Ionen wie Uran noch auf 90 Prozent der Lichtgeschwindigkeit beschleunigen kann. Dagegen sind Geschwindigkeiten von einem Drittel der Lichtgeschwindigkeit oder 100.000 Kilometer pro Sekunde ausreichend, um Tumoren in allen Körpertiefen zu behandeln. In Zusammenarbeit mit Siemens Medical Solutions haben die Wissenschaftler eine maßgeschneiderte Anlage für die Krebstherapie mit Kohlenstoff-Ionen für Krankenhäuser entworfen, die deutlich kompakter ist. Die erste Anlage dieser Art soll am Universitätsklinikum Gießen und Marburg entstehen. Und in Heidelberg wird zurzeit das Heidelberger Ionenstrahl-Therapiezentrum HIT gebaut, für das die GSI bereits einen passenden Ionenbeschleuniger mit einem Durchmesser von 20 Metern entwickelt hat. Ab 2007 sollen hier jährlich mehr als tausend Patienten mit tief liegenden Tumoren behandelt werden. „Die Ionenstrahltherapie ist natürlich kein Allheilmittel“, betont Kraft, „aber sie schließt eine Lücke bei der Behandlung von Tumoren, die nicht oder nur teilweise operabel sind.“

ANTONIA RÖTGER, Helmholtz-Gemeinschaft



DIE SCHWARZ SCHIMMERNDEN SOLARMODULE SOLLEN BALD EINE SPITZENLEISTUNG VON JE 80 WATT LIEFERN. Foto: Sulfurcell

## PREISWERTER STROM AUS SONNENLICHT

Am Berliner Hahn-Meitner-Institut (HMI) werden neuartige Solarzellen entwickelt und optimiert. Mit der Ausgründung der Firma Sulfurcell wagten Wissenschaftler den Sprung in den Markt.

Mit Rohölpreisen auf Rekordniveau und der globalen Klimaerwärmung ist das Interesse an erneuerbaren, umweltfreundlichen Energiequellen in den vergangenen Jahren stark gestiegen. Wissenschaftler um Professor Dr. Martha Lux-Steiner haben am Hahn-Meitner-Institut in Berlin große Erfahrung mit der Entwicklung und Untersuchung von Solarzellen gesammelt. Ende 2003 haben einige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler die Firma Sulfurcell gegründet, die mit einem Gründungskapital von rund 16 Millionen Euro an den Start ging. Seit 2004 läuft in dem mittlerweile fast 50 Mitarbeiter zählenden Unternehmen die Pilotproduktion so genannter Dünnschicht-Solarzellen. Das Besondere: Für die Zellen wird weltweit erstmals Kupfer-Indium-Sulfid (CIS) in industriellem Maßstab als Absorbermaterial eingesetzt. Damit kann Sulfurcell preisgünstig Solarmodule im mittleren Leistungssegment produzieren, deren Energieerträge aber deutlich über denen von herkömmlichen Siliziummodulen liegen. Dr. Ilka Luck, Mitbegründerin des Unternehmens, hatte in den 1990er Jahren am HMI an der Entwicklung der Technologie gearbeitet und bei Martha Lux-Steiner, einer international bekannten Kapazität auf diesem Gebiet, darüber promoviert. Im

HMI-Labor hatten wenige Zentimeter große CIS-Zellen bereits eine Effizienz von bis zu 13 Prozent erreicht, das heißt, über ein Achtel der einfallenden Sonnenstrahlung konnte in Strom umgewandelt werden, berichtet Luck. Die rund 0,8 Quadratmeter großen CIS-Solarmodule der Pilotproduktion erreichen gegenwärtig etwa die Hälfte der experimentellen Bestmarke.

### Pro Modul 80 Watt

In spätestens zwei Jahren sollen Solarmodule mit einer Spitzenleistung von 80 Watt hergestellt werden – das entspräche einer Effizienz von zehn Prozent. Die Herausforderung liegt darin, die Technologie aus dem Labor auf kommerzielle Dimensionen „hoch zu skalieren“ – in Größe und Zahl. Trotzdem sollen die Produktionskosten niedrig bleiben. Komplexe neue Herstellungsmethoden sind deshalb nicht gefragt. „Wir nutzen Prozessschritte, die sich bereits in anderen Anwendungen bewährt haben“, sagt Luck. So etwa das „Sputtern“ – eine Methode, mit der energiesparend große Glasflächen gleichmäßig beschichtet werden können, in diesem Fall mit dem CIS-Absorbermaterial. Insgesamt konnte die



SO ELEGANT WÜRD EINE FASSADE MIT SCHWARZEN CIS-MODULEN (IM MODELL, LINKS) AUSSEHEN; DANEBEN EINE FASSADE MIT KONVENTIONELLEN SOLARZELLEN. Foto: Nikolaus Meyer



DURCH INNERE SPANNUNGEN FEDERN DIE FAHRZEUGTEILE BEI DER UMFORMUNG MEIST ETWAS ZURÜCK. HMI-WISSENSCHAFTLER KÖNNEN DIES GENAU VORAUSSAGEN. Foto: Digital Vision

Produktionsmethode auf einige wenige grundlegende und robuste Prozesse reduziert werden. Dies geschieht größtenteils bei nur mäßigen Temperaturen bis 200 Grad Celsius – Reinräume oder komplizierte, kostenaufwändige Herstellungsverfahren sind nicht nötig. Sulfurcell kann gegenwärtig rund 20.000 Module pro Jahr fertigen. Im nächsten Jahr soll die Kapazität auf das bis zu Vierfache gesteigert werden. Um den Absatz braucht sich niemand zu sorgen. Das Angebot von Sulfurcell und seiner Wettbewerber sei weltweit „bis 2007 ausverkauft“, sagt Luck.

Zusammen mit dem Geschäftsführer und Mitbegründer von Sulfurcell, Dr. Nikolaus Meyer, der ebenfalls am HMI promovierte, hat sie eine Reihe strategischer Partner an Bord geholt. Neben mittelständischen Dienstleistungsunternehmen im Bereich Energie- und High-Tech-Produktionsanlagen sind auch mehrere Kapitalbeteiligungsgesellschaften bei Sulfurcell eingestiegen, darunter eine Tochter des Energieversorgers Vattenfall. Forschung und Entwicklung finden „inhouse“ bei Sulfurcell statt sowie in Zusammenarbeit mit dem HMI, insbesondere mit Martha Lux-Steiner. Das Institut ist ebenfalls finanziell zu einem kleinen Teil an Sulfurcell beteiligt, sagt Luck.

#### Expansion nicht ausgeschlossen

Denn ursprünglich war „Sulfurcell“ der Name eines Forschungsprojekts am HMI. Für die industrielle Umsetzung „hatten wir unsere Technologie anfangs verschiedenen Firmen angeboten“, sagt Lux-Steiner, die das Projekt am HMI leitete – und die Promotionen der Sulfurcellgründer betreute. Trotz großen Interesses auf Seiten der angesprochenen Unternehmen hätte es jedoch keine verbindlichen Zusagen gegeben – jedes Unternehmen hätte seine eigene Technologie weiterverfolgen wollen. „Im Herbst 1999 haben wir uns dann entschieden, es selbst zu versuchen“, so Lux-Steiner. „Wir sind durch Europa getingelt, um Investoren zu finden“, beschreibt sie den langwierigen Prozess, das Startkapital zu sichern. Mit Erfolg – das Unternehmen hat sich am Forschungs- und Technologiestandort Berlin-Adlershof etabliert und schaut optimistisch in die Zukunft. Genug Umland für die weitere Expansion ist vorhanden, sagt Ilka Luck.

RANTY ISLAM, Wissenschaftsjournalist, Berlin

## AUF BIEGEN UND BRECHEN

Am Hahn-Meitner Institut arbeiten Materialforscher auf Biegen und Brechen – wortwörtlich. Mittels energiereicher Röntgenstrahlung erhalten Dr. Rainer Schneider und seine Kollegen ein hoch aufgelöstes Bild der Spannungen im Inneren von Stahlblechen, die durch den Produktionsprozess während der Umformung entstanden sind. In Kooperation mit der Firma inpro, an der mehrere Fahrzeughersteller beteiligt sind, untersuchen die HMI-Forscher nun, wie sich das Material unter solchen Spannungen verhält. Mit diesen Untersuchungen soll die Qualität von Simulationsverfahren im Karosseriebau verbessert werden. Denn zurzeit müssen die für die Umformung von Blechteilen erforderlichen Werkzeuge wie Stempel, Matrizen und Niederhalter noch in vielen experimentellen Durchgängen angepasst werden. Verantwortlich dafür ist der starke „Rückfederungs-Effekt“, der dazu führt, dass das Blech nicht einfach die aufgeprägte Werkzeugform annimmt, sondern zurückfedert. Dieser Effekt tritt bei den neuen hochfesten Stählen besonders stark auf. Die Umform- und Rückfederungssimulation macht diesen Effekt „berechenbarer“. Dies könnte die Zahl der Anpassungsschritte für die Umformwerkzeuge reduzieren und hunderttausende von Euro pro entwickeltem Karosserieteil einsparen.



POTENZIELLE IMPFSTOFFE MÜSSEN ZUNÄCHST AM TIER ERPROBT WERDEN. DIE VPM UNTERSTÜTZT DIE WISSENSCHAFTLER DABEI, DIE ANFORDERUNGEN DER ZULASSUNGSBEHÖRDEN EINZUHALTEN. Foto: HZI/Hübner

## DIE BRÜCKE ZUR ANWENDUNG SCHLAGEN

Von der Entdeckung grundlegender Wirkprinzipien im Labor bis zum Impfstoff ist es ein langer Weg, den die Industrie aus Kostengründen oft scheut. Das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung hat deshalb die Gründung der Vakzine Projekt Management GmbH unterstützt, um die frühen klinischen Phasen durchzuführen.

Ob Sars, Vogelgrippe oder der jüngste Masern-Ausbruch im Frühjahr 2006, immer häufiger werden wir mit der uralten Bedrohung neuer Epidemien konfrontiert. Viele Infektionskrankheiten lassen sich immer noch nur schwer oder gar nicht bekämpfen. Antibiotika versagen immer häufiger, weil die bakteriellen Erreger Resistenzen ausbilden. Und gegen von Viren ausgelöste Erkrankungen wie AIDS helfen sie ohnehin nicht.

Doch besser als jede Therapie ist ohnehin der Schutz vor einer Ansteckung, die Impfung. Zwar schützen Impfungen Kinder und Erwachsene heute gegen klassische, ansteckende Krankheiten wie Masern, Mumps, Röteln, Grippe oder Polio. Aber für viele Infektionen, insbesondere in den Entwicklungsländern, gibt es nach wie vor keinen wirksamen Impfschutz. Der weltweite Bedarf an neuen Impfstoffen ist also enorm. Trotzdem hat die Industrie in diesem Feld ihr Engagement in den vergangenen Jahrzehnten stark eingeschränkt. Dies gilt auch für Deutschland, obwohl die Grundlagenforschung hier hochinteressante Ansätze für neue

Impfverfahren aufweist, die jetzt systematisch in Richtung Anwendung entwickelt werden müssen.

Dieser Aufgabe widmet sich die Vakzine Projekt Management Gesellschaft, VPM. Das im Jahr 2002 gegründete Unternehmen mit Sitz in Hannover geht auf eine Initiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zurück. Im Jahr 2001 betraute das Ministerium die Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF), das heutige Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, damit, eine so genannte „Vakzine-Initiative“ in die Tat umzusetzen. Ziel der Initiative ist es, die Lücke zwischen der Forschung und der klinischen Entwicklung neuer Impfstoffe zu schließen. Dadurch wird die öffentliche Forschungsförderung effizienter; Deutschland wird als Forschungs- und Entwicklungsstandort von Impfstoffen reaktiviert.

Die VPM erwirbt zunächst die Lizenzen an vielversprechenden Impfstoffkandidaten von Forschungsinstituten und führt dann zusammen mit Partnern die Prozessentwicklung sowie die



NICHT JEDER INTERESSANTE WIRKSTOFF AUS DEM LABOR EIGNET SICH AUCH ALS IMPFSTOFF – DIE VPM FINDET DIE BESTEN KANDIDATEN HERAUS. Foto: HZI/Bierstedt



NEUE VERFAHREN SOLLEN DIE ANTIKÖRPERPRODUKTION ZUVERLÄSSIGER MACHEN. Foto: HZI/Hans

präklinische und frühe klinische Entwicklung durch. Schließlich kann sie die Ergebnisse wieder als höherwertige Lizenz an die Impfstoffindustrie verkaufen. Am Ende des Förderzeitraums soll sich die VPM wirtschaftlich tragen. Zusätzlich bietet VPM Unterstützung bei der Analyse und Bewertung immunologischer Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Sie berät beim Patentschutz und bei der Planung von Entwicklungsprogrammen sowie bei Dossiers für klinische Studien, die bei Behörden und Ethikkommissionen eingereicht werden müssen.

#### Kurz vorm Ziel: Neue Wirkstoffe

Aus einer Datenbank, der „Impfstofflandkarte“, die fast alle in Deutschland laufenden Projekte zu Prophylaxe oder zur Therapie von Infektionskrankheiten, Krebs oder chronischen Krankheiten des Immunsystems umfasst, hat die VPM ihr Produktportfolio zusammengestellt. Es zielt auf einen Markt von weltweit über sechs Milliarden Euro. Zurzeit befinden sich drei Impfstoffe und ein Immuntherapeutikum, das Soluferon®, in der präklinischen Entwicklung. Ein weiteres Immuntherapeutikum, der Wirkstoff VPM4001 zur Bekämpfung von Prostatakrebs, hat im Frühjahr 2006 eine klinische Phase I/II-Studie an der TU München erfolgreich durchlaufen. 73 Prozent der Patienten – alle mit fortgeschrittenem Prostatakarzinom in einem bereits hormonresistenten Stadium – sprachen auf die Therapie mit VPM4001 an. Ein internationales Expertengremium hat die weitere klinische Entwicklung empfohlen.

Der Vorteil des Geschäftsmodells der VPM für die Wissenschaftler: Ihre Ideen werden in die Praxis überführt. Bei Erfolg der Studien kommt der wirtschaftliche Erlös den Instituten und den Erfindern über die Lizenzverträge zugute. Dafür betreibt die VPM einen Aufwand, der vom Grundlagenforscher nicht geleistet werden kann. Für den wirtschaftlichen Erfolg guter Ideen ist er aber essenziell.

HANNES SCHLENDER, Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung

Weitere Informationen: [www.vakzine-manager.de](http://www.vakzine-manager.de)

## EIN BÜNDNIS FÜR DIE ANTIKÖRPERPRODUKTION

Neue, verbesserte Produktionsverfahren für Antikörper zu entwickeln, haben sich das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, die frühere GBF, und der Schweizer Pharmakonzern Hoffmann-La Roche zum Ziel gesetzt. Gemeinsam optimieren ihre Wissenschaftler die Kultivierungsbedingungen von speziellen Produktionszellen. Diese werden für die Herstellung rekombinanter Antikörper gebraucht. Die Zusammenarbeit gilt zunächst für drei Jahre, ist aber längerfristig angelegt.

Rekombinante Antikörper sind eine Klasse von Proteinmolekülen, die in den vergangenen Jahren enorme Bedeutung gewonnen hat, da sich viele Stoffe als pharmazeutisch wirksam entpuppten. Mittlerweile gibt es aus dieser Molekülgruppe erste Blockbuster, also Medikamente mit einem Umsatz von mehr als einer Milliarde Dollar pro Jahr, zum Beispiel in der Krebstherapie. Rekombinante Antikörper dienen dem menschlichen Körper als „Waffe“ gegen eingedrungene Krankheitserreger. Weil ihr Bindungsverhalten sehr spezifisch ist, kann man sie in der Medizin einsetzen, um gezielt andere Moleküle zu finden und zu neutralisieren. Bessere Herstellungsverfahren werden dieser Forschung einen neuen Schub verleihen.



TEILSTÜCK DER PLASMAKAMMER DES FUSIONSEXPERIMENTES WENDELSTEIN 7-X: ZWANZIG DIESER ELEMENTE WERDEN ZU EINEM RING ZUSAMMENGEFÜGT. Foto: IPP/W. Filser

## PLASMAGEFÄß BRINGT INNOVATIONSSCHUB FÜR DIE INDUSTRIE

Besonders schwierige Fertigungsaufträge aus der Forschung können neue Hochtechnologie-Entwicklungen in der Industrie anregen und vorantreiben. Ein Beispiel hierfür ist der Bau des Plasmagefäßes für das Fusionsexperiment Wendelstein 7-X, das im Greifswalder Teilinstitut des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) entsteht.

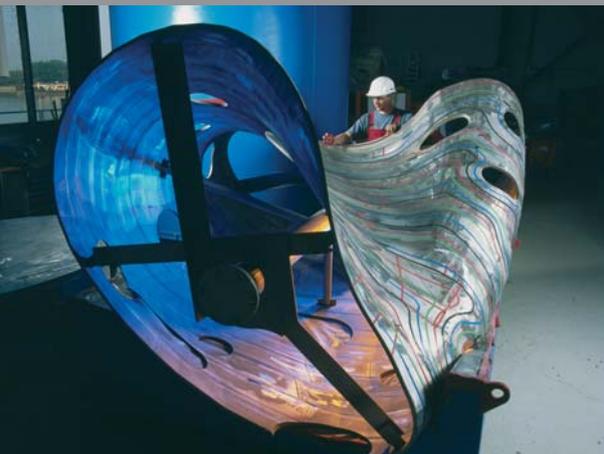
Ähnlich wie die Sonne soll ein Fusionskraftwerk aus der Verschmelzung von Atomkernen Energie gewinnen. Der Brennstoff, ein Wasserstoffplasma, muss dazu in Magnetfeldern eingeschlossen und auf hohe Temperaturen von mehreren Millionen Grad aufgeheizt werden. In Greifswald entsteht nun mit dem Experiment Wendelstein 7-X die weltweit größte Anlage vom Typ Stellarator, in der das Plasma in einem magnetischen Käfig gefangen gehalten wird. Die Wissenschaftler wollen daran die Kraftwerkseignung dieses Bautyps untersuchen.

Das bizarr geformte Vakuumgefäß für das Wendelstein-Plasma wurde aus mehreren hundert Einzelteilen zusammengefügt – ein handwerkliches Meisterstück des Anlagenbauers MAN DWE GmbH im niederbayerischen Deggendorf. Nach Abschluss der fünf Jahre dauernden Fertigung betonte Franz Kufner, Abteilungsleiter Anlagenbau bei MAN DWE die „enorme gegenseitige technologische

Befruchtung, die sowohl für das IPP als Kunde, aber insbesondere für MAN DWE als Lieferant entscheidende Vorteile brachte. Wissenschaft und Industrie haben bei der Abwicklung dieses äußerst anspruchsvollen Auftrages gezeigt, wozu man im Hochtechnologiebereich, auch hier in Deutschland, in der Lage ist.“

### 1600 Meter Schweißnähte

Tatsächlich war es eine beachtliche Herausforderung, das eigenwillig geformte, weil dem verwundenen Plasmaschlauch eng angepasste Vakuumgefäß mit der verlangten hohen Maßhaltigkeit – stellenweise nicht mehr als drei Millimeter – zu fertigen: Um die kurvenreiche Form in Stahl nachzubilden, wurde das 35 Tonnen schwere Plasmagefäß in 20 Teilstücken aus 200 einzelnen Ringen zusammengesetzt. Jeder Ring wiederum besteht aus mehreren fingerdicken und 18 Zentimeter breiten Stahlblechstreifen, die



IN SEINER FORM SCHMIEGT ES SICH DEN VERWUNDENEN KONTUREN DES PLASMAS AN. DIE ÖFFNUNGEN IM GEFÄß MACHEN DAS PLASMA FÜR HEIZUNG UND MESSGERÄTE ZUGÄNGLICH. Foto: IPP/W. Filser

vielfach geknickt die geschwungenen Konturen nachformen. Mehr als 1600 Meter mehrlagige, per Hand geschlossene Schweißnähte fügen die über achthundert Einzelteile des Gefäßes vakuumdicht zusammen.

Nach den Dichtigkeitstests der Gefäßteile waren insgesamt 299 Öffnungen, durch die später das Plasma beobachtet und geheizt werden soll, in die Stahlwand zu schneiden. Jeder der 20 Sektoren wurde auf der Innenseite mit Halterungen für die spätere Wandverkleidung versehen, auf der Außenseite wurden 2400 Meter Kühl- und Heizrohre aufgeschweißt. Für sämtliche Rohre folgte ein Heliumlecktest auf Ultrahochvakuumdichtigkeit. Dreidimensionale Vermessungen mit dem Lasertracker begleiteten die gesamte Fertigung vom Einzelteil bis zum fertigen Sektor und stellten sicher, dass die vorgegebene Form auch exakt erreicht worden war.

#### Innovationen werden nun übertragen

Die anspruchsvolle Aufgabe brachte MAN DWE nachhaltigen Nutzen: So wird das für die Wendelstein-Fertigung eingeführte System zum dreidimensionalen computerunterstützten Konstruieren an mittlerweile 15 Arbeitsplätzen für Konstruktionsarbeiten genutzt; 3D-Simulationen von schwierigen Montageabläufen im

Raffineriebereich sind inzwischen Standard. Ebenso brachte die für den IPP-Auftrag verlangte Vakuumtechnik einen erheblichen Erfahrungszuwachs. Damit konnte die Firma weitere Aufträge im physikalischen Anlagenbau gewinnen, zum Beispiel für die Fertigung des 200 Tonnen schweren Vakuumbehälters für das Karlsruher Tritium-Neutrino-Experiment KATRIN. Auch der Roboter, der zunächst zum exakten Positionieren der zahlreichen Einbauten im Wendelstein-Gefäß genutzt wurde, wird jetzt als Innovation im Apparatebau eingesetzt – zur Schweißnahtvorbereitung und für aufwändige dreidimensionale Kurvenschnitte. Und der eigens für die Vermessung des Plasmagefäßes angeschaffte Lasertracker wurde zum Einmessen von Bearbeitungsmaschinen genutzt, auch im Apparatebau zeichnen sich Einsatzmöglichkeiten ab. „Zusätzlich zu dem beachtlichen Kenntniszuwachs“, so fasst Franz Leher von MAN DWE zusammen, „hat unsere Firma mit den Aufträgen für das Wendelstein-Experiment Referenzen gewonnen und ist national und international bekannter geworden. So fühlen wir uns gerüstet, auch zu dem Bau des Fusionstestreaktors ITER in Cadarache einen Beitrag zu leisten.“

ISABELLA MILCH, IPP

## Forschung mit langem Atem

Mit dem Projekt ITER (lateinisch für „der Weg“) arbeiten Wissenschaftler aus Europa, Japan, den USA, der russischen Föderation, China, Südkorea und Indien gemeinsam daran, einen ersten Experimentalreaktor zu realisieren. ITER wird im französischen Cadarache gebaut und ist zurzeit mit etwa 4,6 Milliarden Euro Kosten veranschlagt. Die Wissenschaftler hoffen, dass sie nach der Fertigstellung von ITER zum ersten Mal ein für längere Zeit brennendes Plasma erzeugen können, das Energie liefert. Ein Fusionskraftwerk kann frühestens ab der Jahrhundertmitte ans Netz gehen, denn physikalische Grundlagen müssen noch untersucht und technische Bauteile eines Fusionskraftwerks noch weiterentwickelt werden. Hierzu gehören erosionsbeständige Materialien, supraleitende Magnetspulen und Komponenten zum Abführen der erzeugten Wärme-Energie.



BLUTHOCHDRUCK VERURSACHT ZUNÄCHST KEINE BESCHWERDEN, DAHER WIRD DIE ERKRANKUNG MEIST RECHT SPÄT ENTDECKT. Foto: Stockbyte

## GEMEINSAM GEGEN BLUTHOCHDRUCK

Bluthochdruck ist eine der teuersten Volkskrankheiten. Denn oft führt Bluthochdruck zu Schäden am Herz-Kreislaufsystem und anderen Organen. Die Suche nach neuen Wirkstoffen ist jedoch extrem aufwändig.

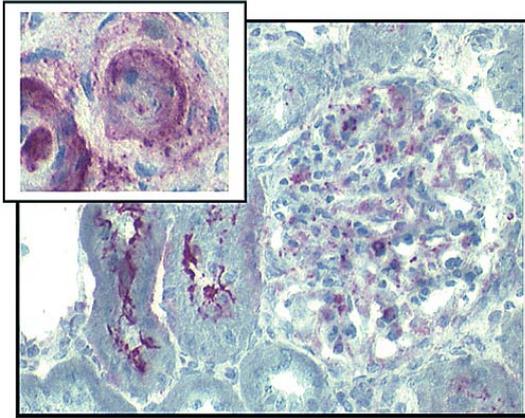
Heutzutage haben solche Pharmaunternehmen die Nase vorn, die früh an verwertbare Informationen aus der Grundlagenforschung kommen. Forscher wie der Mediziner und Pharmakologe Friedrich Luft vom Max-Delbrück-Centrum in Berlin-Buch für Molekulare Medizin können von diesem Trend profitieren.

Gemeinsam mit Novartis-Forschern aus New Jersey (USA) untersucht Luft beispielsweise, welche Rolle der Botenstoff Angiotensin II bei der Schädigung und Reparatur von Organen wie der Niere oder dem Herzen spielt. Der Nieren- und Bluthochdruckexperte arbeitet dabei mit gentechnisch veränderten Ratten. Zwei menschliche Gene wurden den Tieren ins Erbgut verpflanzt: Das Angiotensinogen-Gen und das Renin-Gen, dessen Proteinprodukt normalerweise die Bildung von Angiotensin II reguliert. Die Ratten produzieren aufgrund der gentechnischen Veränderung Renin und Angiotensin II im Überschuss und erkranken gewissermaßen automatisch an Bluthochdruck. Nach etwa acht Wochen sterben die Tiere an Nieren- und Herzversagen. Die Forscher testen, ob der von Novartis zur Verfügung gestellte Wirkstoff Aliskiren die natürlichen

Reparaturmechanismen in den Organen unterstützt und das Leben der Tiere verlängern kann und warum. Lufts Forschungen könnten Novartis am Ende in die Lage versetzen, anstelle der üblichen ACE-Hemmer, die die Angiotensin-II-Produktion hemmen, einen Renin-Hemmer gegen Herz-Kreislauf-erkrankungen oder Organversagen einzusetzen. Mit den gleichen Ratten untersuchen die Berliner Forscher gemeinsam mit der Pharmakologie-Forschungsgruppe von Boehringer Ingelheim in Connecticut, inwieweit die Hemmung des Botenstoffs p38 den drastisch erhöhten Angiotensin II-Pegel der Ratten beeinflusst und damit die Folgeschäden an Herz und Nieren reduzieren kann.

### Schädliche Enzyme hemmen

In einem anderen Projekt mit Boehringer untersucht Luft die Wirkung der so genannten EET (Epoxyeicosatrienoinsäuren), die einen positiven Effekt auf das Herz-Kreislaufsystem und die Nierenfunktion zu haben scheinen, indem sie den Blutdruck senken. Die Idee der Forscher ist es, die Enzyme zu hemmen, die das positiv wirkende



DER WIRKSTOFF ALISKIREN HEMMT DEN BOTENSTOFF RENIN UND WIRKT SO SCHÄDIGUNGEN DER NIERE (IM SCHNITT) AUFGRUND ERHÖHTEN BLUTDRUCKS ENTGEGEN. Foto: MDC

EET umwandeln. Dadurch reichert sich EET an, und die positive Wirkung wird verstärkt. Gegen eines dieser Enzyme, die Soluble Epoxide Hydrolase SEH, entwickelt Boehringer mit Hilfe der Berliner deshalb geeignete Hemmstoffe. Zu diesem Zweck hat Boehringer Lufts Forschergruppe eine gentechnisch veränderte Mauslinie zur Verfügung gestellt, denen das Gen zur Herstellung des SEH-Enzyms fehlt. „Ein nettes Geschenk“, sagt Luft, allerdings habe man 18 Monate mit Kreuzungen verbracht, um die Mäuse für die Studien nutzen zu können. Zum Beispiel um zu untersuchen, welche Folgen die optimale SEH-Hemmung langfristig hat und welche anderen Gene die Wirkung noch verbessern könnten.

#### Informationsfluss ist gegenseitig

Friedrich Luft schätzt solche Zusammenarbeiten als sehr wichtig ein. Die Unternehmen stellen nicht nur die zu untersuchenden Substanzen, sondern auch alle nötigen Informationen über deren Pharmakologie zur Verfügung. „Die Sachmittel und andere Formen der Unterstützung erreichen zwar nicht das Volumen einer Förderung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft, aber sie sind dennoch interessant und hilfreich für uns“, sagt Luft. An klinischen Untersuchungen sei sein Labor auch sehr interessiert. Er hat sogar eine ganze Abteilung für klinische Pharmakologie zu diesem Zweck etabliert (one stop shopping). Hier werden regelmäßig Phase I und Phase II Studien durchgeführt. Die Moleküle, die im Tiermodell untersucht werden, werden auch an Probanden und Patienten überprüft. Ein gewaltiger Vorteil des MDC-Konzepts ist es, sowohl Expertise in der Grundlagenwissenschaft als auch in der klinischen Forschung zu besitzen. Das Veröffentlichen der Ergebnisse sei übrigens kein Problem. „Novartis und Boehringer bitten lediglich darum, die Daten einen Monat lang sichten zu können, bevor wir das Manuskript zur Publikation einreichen.“

SASCHA KARBECK, Wissenschaftsjournalist, Berlin



ZWEI DNA-CHIPS VON AFFYMETRIX, MIT DENEN SICH IN EINEM EINZIGEN EXPERIMENT 500000 GENVARIANTEN ANALYSIEREN LASSEN Foto: Affymetrix

## HILFREICHE ZUSAMMENARBEIT

„Ohne Zugang zu neuesten Technologien können die aktuellen biologischen Fragestellungen nicht beantwortet werden“, sagt Norbert Hübner vom Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in Berlin-Buch.

Seine Arbeitsgruppe arbeitet deshalb eng mit dem Biochip-Hersteller Affymetrix, USA, zusammen, um das gesamte Erbgut nach Genvarianten durchsuchen können, die zu Asthma, allergischen Hautreaktionen oder Heuschnupfen beitragen. „An diesen Erkrankungen sind viele Gene beteiligt, deshalb ist es so wichtig, möglichst viele Varianten erfassen zu können.“ Rund 500.000 Genvarianten lassen sich mit Affymetrix-Chips in einem einzigen Experiment analysieren. Und lange bevor ein neuer Chip auf den Markt kommt, hat Hübner schon mit den Prototypen forschen können. „Wir geben natürlich technisches Feedback“, sagt Hübner, der nicht nur Zeit, sondern auch die Möglichkeit gewinnt, auf die Entwicklung des Produktes Einfluss zu nehmen: „Wir geben weiter, was wir für nützlich halten, so dass der Chip dann besser auf die Fragestellungen passt, die wir beantworten wollen.“



TRINKWASSERBRUNNEN IN EINEM VORORT VON HANOI. GLOBAL GESEHEN, IST ARSEN HEUTE DER PROBLEMATISCHSTE SCHADSTOFF IM TRINKWASSER. SO AUCH IN VIETNAM. Foto: UFZ/Hauke Harms

## ARSEN UND SPITZENFORSCHUNG

Um gefährliche Durchfallerkrankungen zu bekämpfen, unterstützten internationale Hilfsorganisationen in den 70er Jahren in Bangladesh das Bohren von Grundwasserbrunnen.

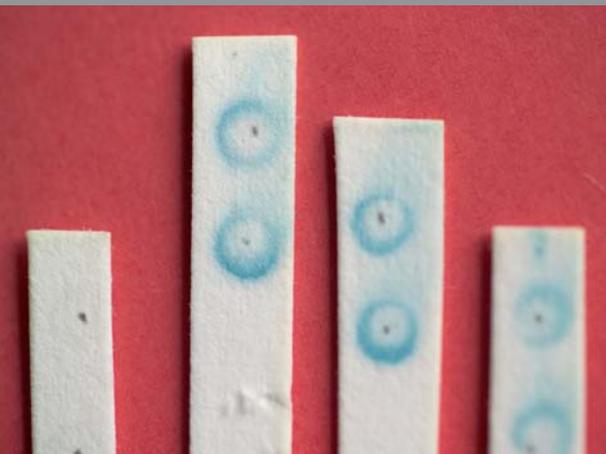
Rund fünf Millionen Handpumpen wurden installiert, damit den Familien direkt im Haus oder auf dem Hof sauberes Trinkwasser zur Verfügung steht. Und das Projekt war erfolgreich: Seit es die Pumpen gibt, ist die Säuglingssterblichkeit stark zurückgegangen. Doch Mitte der Neunziger bemerkte man in der gleichen Region die Häufung übermäßiger Hautpigmentierung, Funktionsstörungen von Leber und Niere und verschiedener Krebsformen. Alles deutete auf Arsenvergiftungen. Und tatsächlich erbrachten Analysen, dass der von der Weltgesundheitsorganisation festgelegte Grenzwert in mehr als einer Million dieser segensreichen Trinkwasserbrunnen – 30 Millionen Menschen schöpfen daraus – um das Fünffache überschritten wird. Ähnliche Probleme wie in Bangladesh tauchten auch in Vietnam auf. Doch so weit muss man nicht reisen: Vom Erzbergbau verursachte Arsenkontaminationen im Grundwasser gibt es auch im Süden von Sachsen.

Global gesehen, ist Arsen heute der problematischste Schadstoff im Trinkwasser. Vor allem in armen Ländern fehlen Analysemöglichkeiten, um Millionen von Wasserbrunnen zu testen. Doch nur

durch solch einen Test könnten die Bewohner eines Dorfes erfahren, auf welchen Brunnen sie ausweichen sollten oder ob das Wasser gefiltert werden muss. Es wird daher händierend nach einfachen, preisgünstigen und dennoch verlässlichen Alternativen zum aufwändig ausgestatteten professionellen Labor gesucht.

### Bakterien als Vorkoster

An dieser Suche beteiligen sich auch die Mitarbeiter des Departments Umweltmikrobiologie des Umweltforschungszentrums Leipzig-Halle (UFZ). Pflanzen, Tiere und Bakterien führen den Kampf gegen das Zellgift Arsen schon seit Jahrmillionen. Die Bakterien haben dabei mikroskopisch kleine Pumpen entwickelt, die in die Zellen eingedrungene Gifte wieder ausschleusen, bevor sie ihre Wirkung entfalten. Nun sind Bakterien allerdings zu klein, um für den Fall der Fälle ständig die für das jeweilige Gift geeigneten Pumpen einsatzbereit zu halten. Sie reagieren mittels genetischer Schaltmechanismen erst bei tatsächlichem Kontakt mit dem Gift. Diese Schalter spielen die zentrale Rolle bei der Entwicklung einer



DER ARSENTEST IST SO LEICHT HANDHABBAR WIE EIN HANDELS-  
ÜBLICHER SCHWANGERSCHAFTSTEST. Foto: UFZ/André Künzelmann

Analysemethode für das Arsen, die biologisch hoch komplex ist, aber in der Anwendung denkbar einfach zu sein verspricht. Das Grundprinzip des Tests wurde in der Schweiz entwickelt. Es basiert auf der Möglichkeit, Bakterien gentechnisch so zu verändern, dass sie bei Kontakt mit Arsen Farbreaktionen zeigen oder Licht abstrahlen. Mikrobiologen verschiedener Forschungseinrichtungen arbeiten nun parallel an handhabbaren Tests. Am UFZ setzt man auf die Vorteile eines Streifens, der einem handelsüblichen Schwangerschaftstest ähnelt und problemlos von jedermann zu verwenden wäre, sei es im abgelegenen tropischen Dorf oder auf dem Campingplatz im Vogtland. Dazu werden die Bakterien in getrockneter Form auf Papier aufgebracht. Dessen Blau-Färbung nach Kontakt mit arsenhaltigem Wasser kann mit bloßem Auge interpretiert werden.

Die Entwicklung dieses patentierten Tests findet am UFZ gemeinsam mit der Universität Lausanne statt. Parallel zur Entwicklung eines marktfähigen Produktes werden Feldtests, Informationsveranstaltungen und Anwenderschulungen in den betroffenen Regionen durchgeführt.

#### Wie pflichtbewusst sind Bakterien?

Auch wenn der Prototyp des Teststreifens schon funktioniert, gibt es noch unbeantwortete Fragen: Wie gelingt es, die Bakterien auf dem Streifen bis zu ihrem Einsatz zwar inaktiv, aber am Leben zu erhalten und sie genau zum geforderten Zeitpunkt aus dem Trocken-Schlaf zu erwecken? Oder wie vergleichbar und aussagestark sind die Verfärbungen, wenn nicht alle Mikroben auf dem Streifen ihre „Pflicht“ tun? Und nicht zuletzt wird noch debattiert, inwieweit der Einsatz gentechnisch veränderter Bakterien zu akzeptieren ist.

MARLIS HEINZ, Wissenschaftsjournalistin, Leipzig

PROFESSOR HAUKE HARMS, Leiter des Departments Umweltmikrobiologie



DIE AUF RADIOWELLEN BASIERENDE TECHNOLOGIE ZUR BODEN-  
SANIERUNG WURDE ERFOLGREICH IM LABOR-, TECHNIKUMS- UND  
FELDMASSSTAB ERPROBT. Foto: UFZ/André Künzelmann

## LIZENZ ZUR BODENERWÄRMUNG

Wissenschaftler des UFZ haben ein neues Verfahren entwickelt, um kontaminierte Böden effizient zu reinigen. Es ist für anspruchsvolle Schadensfälle im direkten Vor-Ort-Einsatz oder für die Sanierung im Bereich von Bauwerken geeignet.

Das Verfahren beruht auf der Erwärmung des Bodens mittels Radiowellen, um so den Schadstoffaustrag über die Bodenluft oder biologische Abbauprozesse zu beschleunigen. Das Wirkprinzip entspricht dem eines Mikrowellenofens. Allerdings sind aufgrund der etwa hundertmal größeren Wellenlänge die Eindringtiefen so groß, dass praktisch alle trockenen und feuchten Feststoffe unterschiedlicher Beschaffenheit im Kubikmeter-Maßstab behandelt werden können.

Nach erfolgreichen Labor-, Technikums- und Feldversuchen wurde ein erster Lizenzvertrag zur Verwertung der Technologie und zur Nutzung dazu angemeldeter Patente abgeschlossen.

ULF ROLAND, Department Umwelttechnologie

## SCHRÖDINGER-PREIS 2005

### **PARKINSON-THERAPIE MIT DEM HIRNSCHRITTMACHER**

Für einen Hirnschrittmacher zur Behandlung von Nervenerkrankungen wie Parkinson haben Professor Dr. Dr. Peter A. Tass vom Forschungszentrum Jülich und Professor Dr. Volker Sturm von der Universität Köln den Erwin-Schrödinger-Preis 2005 erhalten.



PROFESSOR DR. DR. PETER A. TASS, Forschungszentrum Jülich



PROFESSOR DR. VOLKER STURM, Universität Köln

Die mit 50.000 Euro dotierte Auszeichnung des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft wird jährlich für herausragende interdisziplinäre Forschung in den Helmholtz-Zentren vergeben. Der Preis wurde durch Dr. Arendt Oetker, den Präsidenten des Stifterverbandes, auf der letzten Jahrestagung der Helmholtz-Gemeinschaft am 17. November 2005 in Berlin überreicht. „Diese Kooperation hat nicht nur disziplinäre Grenzen gesprengt, sondern auch institutionelle Schranken zwischen einer Universität und einem Helmholtz-Zentrum“, betonte Dr. Klaus Raucher, Vorsitzender des Landeskuratoriums Berlin/Brandenburg des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, in seiner Ansprache. „Schließlich haben die Preisträger auch die Grenze zwischen Grundlagenforschung und Anwendung überschritten, denn sie haben 2005 ein Unternehmen gegründet, das den neuen Hirnschrittmacher für die klinische Anwendung einsatzbereit machen und produzieren soll.“

Der Mediziner, Mathematiker und Physiker Peter A. Tass leitet die Arbeitsgruppe „Magnetenzephalographie und Hirnschrittmacher“ am Institut für Medizin am Forschungszentrum Jülich, der Mediziner Sturm ist Direktor der Klinik für Stereotaxie und Funktionelle Neurochirurgie der Universität Köln. Gemeinsam haben sie ein neues Verfahren entwickelt, welches die überaktive Tätigkeit der Nervenzellen – die das starke, unwillkürliche Zittern bei Parkinson-Patienten verursachen – gezielt aus dem Takt bringt und dabei schonender und bedarfsgerechter arbeitet als bisherige Methoden der elektrischen Hirnstimulation.

Parkinson ist eine der häufigsten Erkrankungen des Nervensystems. In Deutschland gibt es etwa 150.000 Parkinson-Patienten. Allerdings werden viele Fälle nicht erfasst, so dass Schätzungen von 250.000 bis 400.000 Betroffenen ausgehen. Bei Parkinson-Patienten arbeiten bestimmte Nervenzellen des Gehirns fehlerhaft: Während gesunde Nervenzellen ihre Signale gezielt und aufeinander folgend von einer Zelle zur nächsten weitergeben, feuern die Nervenzellen von Parkinson-Patienten in einer bestimmten Hirnregion synchron, das heißt alle gleichzeitig. Als Folge hat der

Patient Schwierigkeiten, seine Feinmotorik zu steuern: Die Hände zittern stark, einfache Tätigkeiten wie das Binden der Schuhe, das Zuknöpfen der Kleidung oder das Schreiben werden unmöglich, aber auch das Gehen wird zunehmend schwieriger.

Ausgelöst wird der Morbus Parkinson durch das allmähliche Absterben von Zellen in der Substantia nigra, einer Struktur im Mittelhirn, in der der Botenstoff Dopamin hergestellt wird. Dopamin hemmt beim gesunden Menschen die Nervenzellen und sorgt dafür, dass nicht alle Zellen gleichzeitig ihre Signale abgeben. Eine medikamentöse Behandlung mit Dopamin hilft vielen Patienten jedoch allenfalls für eine begrenzte Zeit und zeigt danach keine Wirkung mehr. Bislang hilft diesen Menschen dann nur noch die Behandlungsmethode der tiefen Hirnstimulation. Dabei implantieren Neurologen den Patienten eine kleine Elektrode, die Stromstöße hoher Frequenz an die kranke Hirnregion abgibt. Das unterdrückt die Nervenimpulse. Bislang erfolgte die elektrische Stimulation als „Dauerfeuer“.

Tass und seine Mitarbeiter haben die betroffenen Hirngebiete in mathematischen Modellen nachgebildet und mit Methoden der nichtlinearen Dynamik und statistischen Physik Stimulationstechniken entwickelt, die durch Ausnutzung von Selbstorganisationsvorgängen ganz besonders effektiv und schonend wirken. Diese erworbenen Erkenntnisse ermöglichten es den Wissenschaftlern, ein neues Verfahren zur Hirnstimulierung zu entwickeln, das einzelne elektrische Impulse bedarfsgesteuert an unterschiedliche Gruppen von Nervenzellen verabreicht. Bei dem Verfahren werden die Nervenimpulse nicht wie bei herkömmlichen Implantaten unterdrückt, sondern aus dem Takt gebracht, also desynchronisiert. Die erfolgreiche klinische Erprobung gemeinsam mit dem Forschungspartner Sturm am Universitätsklinikum Köln zeigte, dass das Zittern bei Patienten mit Parkinson oder Multipler Sklerose besser und mit deutlich weniger Reizstrom unterdrückt wird. Deshalb ist zu erwarten, dass diese milde, aber sehr effiziente Modulation der Nervenzellaktivität im Dauergebrauch weniger Nebenwirkungen hervorrufen wird. FZ-Jülich

## SCHRÖDINGER-PREIS 2006

### EINE NEUE HEIZUNG FÜR DEN FUSIONSTESTREAKTOR ITER

Wissenschaftler des Max-Planck-Instituts für Plasmaphysik (IPP) und der Universität Augsburg haben die Ionen-Heizung für die extremen Anforderungen des Fusionstestreaktors ITER weiterentwickelt.

Dafür zeichnet die Helmholtz-Gemeinschaft Dr. Eckehart Speth, Dr. Hans-Dieter Falter, Dr. Peter Franzen, Dr. habil. Ursel Fantz und Dr. Werner Kraus mit dem Erwin Schrödinger-Preis 2006 aus. „Die von den Preisträgern entwickelte Quelle für negative Ionen kann die hohen, von ITER gestellten Forderungen im Wesentlichen erfüllen. Keine andere Ionenquelle weltweit kann mit ihrer Entwicklung konkurrieren. So hat das neue Konzept gute Chancen, 2007 für den Einsatz bei ITER ausgewählt zu werden“, erklärte Jurymitglied Professor Dr. Johanna Stachel vom Physikalischen Institut der Universität Heidelberg. Denn was in der Sonne bei nur sechs Millionen Grad Celsius schon seit Jahrmilliarden funktioniert, verlangt auf Erden große Anstrengungen: Das Wasserstoff-Plasma

muss zunächst auf über 100 Millionen Grad aufgeheizt werden, damit die Kernfusion in Gang kommt, zum Beispiel, indem schnelle Wasserstoff-Teilchen in das Plasma eingeschossen werden. Die internationale Testanlage ITER (lat. „der Weg“), die nun in Cadarache gebaut wird, soll erstmals zeigen, dass ein Energie lieferndes Fusionsfeuer möglich ist. Dazu muss der Brennstoff – ein dünnes ionisiertes Wasserstoffgas – in einem Magnetfeldkäfig eingeschlossen und aufgeheizt werden, bis die Fusionsreaktionen zünden. Etwa zur Hälfte soll das ITER-Plasma per „Neutralteilchen-Heizung“ geheizt werden: Schnelle Wasserstoffatome, die in das Plasma eingeschossen werden, geben beim Zusammenstoßen mit den Plasmateilchen ihre Energie ab. Heutige Anlagen



DIE PREISTRÄGER UND IHRE PRÄMIERTE ENTWICKLUNG, EINE HOCHFREQUENZ-IONENQUELLE ZUR PLASMAHEIZUNG (VON LINKS NACH RECHTS): DR. URSEL FANTZ, DR. HANS-DIETER FALTER, DR. ECKEHART SPETH, DR. PETER FRANZEN UND DR. WERNER KRAUS. Foto: IPP

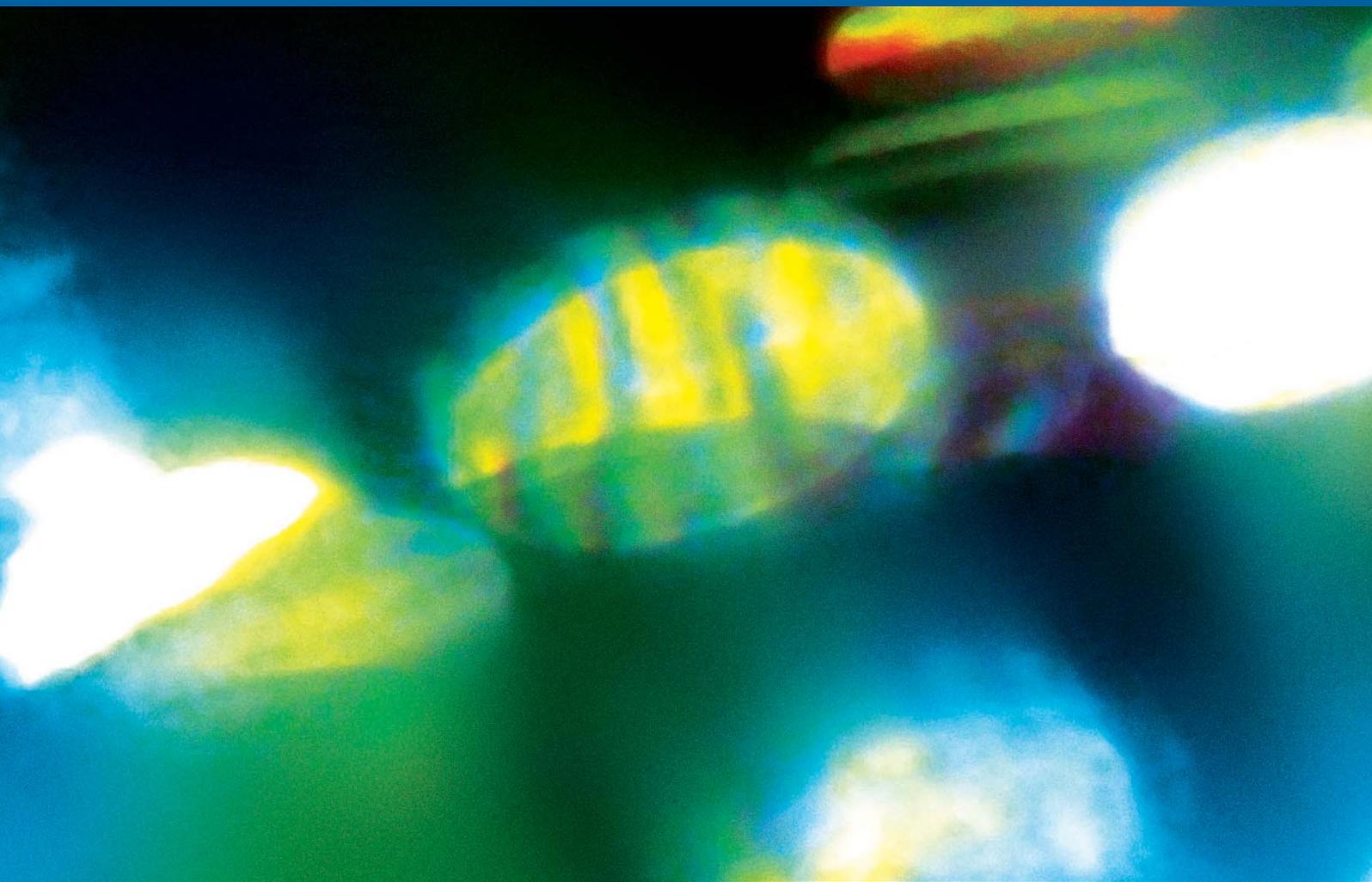
erreichen so auf Knopfdruck ein Mehrfaches der Sonnentemperatur. Um aber die Wasserstoffatome in diesen Heizanlagen beschleunigen zu können, müssen sie zunächst als geladene Teilchen – als positive oder negative Ionen – für elektrische Kräfte greifbar werden. In den bisherigen Heizanlagen werden ausschließlich positiv geladene Ionen genutzt. Vor dem Einschleusen in das Fusionsplasma muss der Ionenstrahl jedoch wieder neutralisiert werden, weil geladene Teilchen durch das Magnetfeld des Plasmakäfigs abgelenkt würden: Dazu durchlaufen die Ionen einen Gasvorhang. Hier nehmen die Ionen das fehlende Elektron wieder auf und schießen als schnelle Neutrale in das Plasma.

Mit ITER kommen nun neue Anforderungen auf dieses bewährte Verfahren zu: Die Teilchen müssen noch drei- bis viermal schneller sein als bisher, damit sie tief genug in das Plasma hinein fliegen können. Da sich positive Ionen jedoch umso schlechter neutralisieren lassen, je schneller sie sind, kann man nicht mehr mit positiv geladenen Ionen arbeiten, sondern muss zu negativ geladenen Ionen übergehen, die auch bei hohen Geschwindigkeiten gut neutralisierbar sind. Sie lassen sich allerdings wesentlich schwieriger handhaben als positive Ionen: Das zusätzliche Elektron, das für die negative Ladung der Partikel verantwortlich ist, ist nur locker gebunden und entsprechend leicht wieder zu verlieren.

Um solche fragilen Objekte für ITER herzustellen, sind so genannte Hochfrequenz-Plasmaquellen besonders geeignet. Aufbauend auf Vorarbeiten an der Universität Gießen, wurde eine solche Ionenquelle im IPP entwickelt und ist seit 1995 am IPP-Experiment ASDEX Upgrade in Betrieb – allerdings für positive Ionen. Seit 2002 arbeiten Dr. Eckehart Speth und seine Mitarbeiter im IPP daran, die Strahlquelle für negative Ionen weiterzuentwickeln.

Dies geschah gemeinsam mit der Universität Augsburg. Dort forschte Dr. Ursel Fantz zusammen mit ihren Mitarbeitern an anspruchsvollen Diagnostik- und Modellierungsmethoden für das gemeinsame Projekt. Eine Hochfrequenzwelle wird dabei in das Wasserstoffgas eingestrahlt und ionisiert einen Teil der Wasserstoffatome. So entsteht ein kaltes Plasma, eine Mischung neutraler Atome, negativer Elektronen und positiver Ionen, welches in die eigentliche Strahlquelle strömt und mit den Innenwänden und einer ersten gitterförmigen Elektrode in Kontakt tritt. Die Oberfläche ist mit Cäsium beschichtet, so dass die Plasmateilchen dort Elektronen aufnehmen können – es entstehen die gewünschten negativen Wasserstoffionen. Nachdem die Wissenschaftler die komplizierte Dynamik der Cäsium-Verteilung auf den Wänden ergründet hatten, kann es hier mittlerweile kontinuierlich von einem kleinen Ofen als ultradünne, etwa eine Atomlage starke Schicht aufgedampft werden.

Die erzeugten negativen Ionen in der Nähe des Gitters können nun aus der Strahlquelle heraus gelenkt werden. Sie werden anschließend durch das elektrische Feld eines zweiten Gitters erfasst, zum Strahl gebündelt und mit einem dritten Gitter weiter beschleunigt. Mit den bisherigen Ergebnissen – teilweise Weltrekord – hat die Hochfrequenz-Quelle des IPP bereits gute Chancen, bei ITER zum Zuge zu kommen. Für eine endgültige Beurteilung muss noch die Übertragbarkeit der Technologie auf ITER-Größe gezeigt werden. Die Entscheidung über eine Verwendung bei ITER wird für Mitte 2007 erwartet. Aber auch auf anderen Gebieten könnte die neue Ionenquelle Anwendung finden, zum Beispiel in Beschleunigern oder zur Herstellung großflächiger Plasmen für die industrielle Nutzung. IPP





## DIE FORSCHUNGSBEREICHE

Die Helmholtz-Gemeinschaft gliedert ihre Aktivitäten in sechs Forschungsbereiche: Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit, Schlüsseltechnologien, Struktur der Materie sowie Verkehr und Weltraum. Die insgesamt 30 Forschungsprogramme werden von internationalen Gutachtern regelmäßig evaluiert. Die nächste Begutachtungsrunde findet 2007 und 2008 statt.

## DER FORSCHUNGSBEREICH ENERGIE

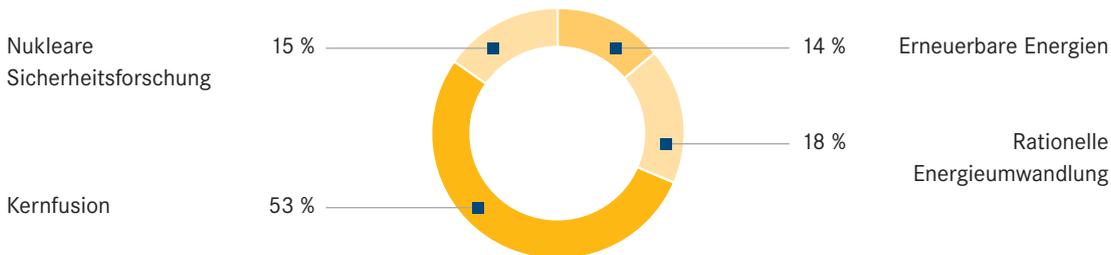
### Die Aufgabe

Der Energieverbrauch steigt weltweit, nicht nur aufgrund des Bevölkerungswachstums, sondern vor allem, weil auch immer mehr Menschen der Schwellenländer am Wohlstand teilhaben. Fossile Rohstoffe sind jedoch begrenzt, außerdem erzeugt ihre Verbrennung umweltschädliche Abgase und setzt in großen Mengen Kohlendioxid frei, das maßgeblich zum anthropogenen Klimawandel beiträgt. Daher brauchen wir neue, nachhaltige Lösungen für die Energieversorgung. Wir setzen auf Forschung, um vorhersehbare globale Engpässe in der Versorgung mit Energie abzuwenden und die Entsorgung von Rückständen und Emissionen zu verbessern. Dabei loten wir einerseits die Potenziale von erneu-

erbaren Energiequellen wie Sonne, Biomasse oder Erdwärme aus, arbeiten aber auch verstärkt an der Effizienzsteigerung von klassischen Kraftwerken. Auch die nukleare Sicherheitsforschung bleibt ein wichtiger Forschungsbereich. Die hochkomplexe Fusionsforschung treiben wir in nationaler und internationaler Zusammenarbeit voran. Energieforschung ist langfristig angelegte Vorsorgeforschung mit dem Ziel, die Bedürfnisse heutiger und künftiger Generationen durch neue Technologien sicher zu stellen. Damit ist dieser Forschungsbereich ein wesentliches Element nationaler Vorsorgestrategien und Motor ökonomisch wettbewerbsfähiger Innovation.

## Die Struktur des Forschungsbereichs Energie – Grundfinanzierte Kosten 2005: 199 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Energie 105 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 304 Millionen Euro zur Verfügung.



## Die Programmstruktur

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

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

Diese Programme werden in großen, interdisziplinären Arbeitsgruppen vorangetrieben, die über Großgeräte, Testanlagen für Großkomponenten, hochleistungsfähige 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 Konsens darüber entwickelt, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine vernünftige Energieoption aufgegeben werden sollte. Nur dadurch kann die Energiewirtschaft die beiden zentralen Probleme bewältigen: schwindende Ressourcen und Risiken bei der Reststoffentsorgung.

## Die Programme

### Das Programm Erneuerbare Energien

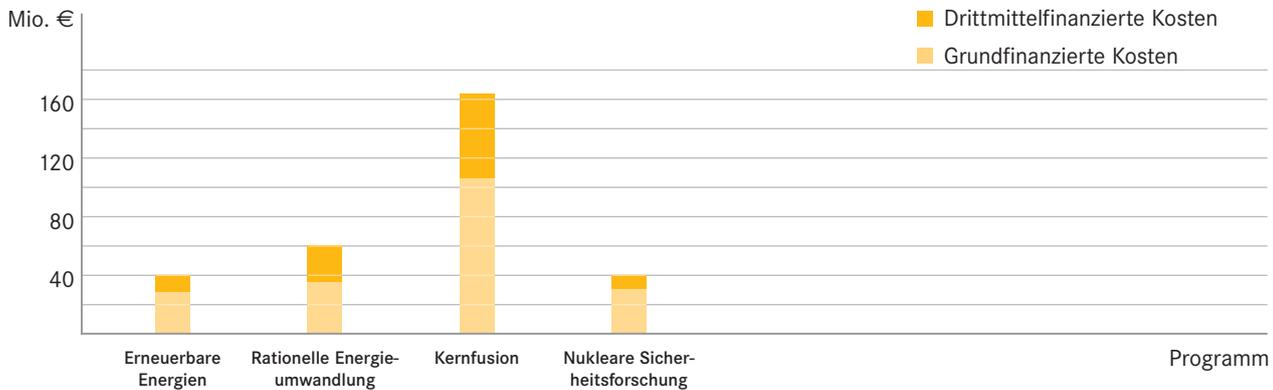
Erneuerbare Energien aus Sonne, Erdwärme oder Biomasse gelten als Inbegriff der Nachhaltigkeit, da sie nicht nur unerschöpflich sind, sondern darüber hinaus auch CO<sub>2</sub>-neutral, also den Treibhauseffekt nicht weiter anheizen. Die Erforschung erneuerbarer Energiequellen, aber auch die Entwicklung von wirtschaftlichen Techniken ist für uns daher ein besonders wichtiges Vorhaben. Weitere Forschung muss insbesondere auf eine Senkung der Kosten abzielen. Windenergieumwandler und Solarkollektoren sind bereits technisch reif und werden – unterstützt durch nationale Einführungsprogramme – von Unternehmen in den Markt gebracht. Hingegen sind bei der Photovoltaik auch bei großtechnischer Produktion die Kosten noch zu hoch. Neue Ansätze, insbesondere mit Dünnschichttechniken, versprechen hier eine deutliche Verbesserung, müssen aber noch weiter ausgelotet werden.

Bei der Geothermie aus Niedertemperaturvorkommen ist die Stromerzeugung noch nicht befriedigend gelöst. Mit zum Programm gehört auch die Bewertung der Potenziale von erneuerbaren Energien und der Strategien zu ihrer Verbreitung, die Systemanalyse.

### Das Programm Rationelle Energieumwandlung

Fossile Energieträger wie Erdöl, Erdgas oder Kohle werden noch auf Jahrzehnte eine dominierende Rolle in der Energieversorgung spielen. Großes Potenzial steckt aber 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 zum Beispiel neue Komponenten und Lösungen für Hochleistungs-Gasturbinen. Auf dem Gebiet der Brennstoffzellen werden Festoxid-Brennstoffzellen mit einem keramischen Elektrolyt weiter entwickelt und bei der Tieftemperatur-Brennstoffzelle insbesondere die direkte Methanol-Zelle. Viel versprechend sind auch neue supraleitende Komponenten für das Stromnetz, damit Strom in Zukunft nahezu verlustfrei übertragen werden kann.

## Gesamtkosten des Forschungsbereichs Energie



### Das Programm Kernfusion

Die Kernfusion ist das Paradebeispiel für eine langfristig angelegte Vorsorgeforschung: Erst ab der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts und danach könnte ein Fusionsreaktor tatsächlich Energie erzeugen und dann einen Teil der Energieprobleme der Menschheit dauerhaft lösen. Aufgrund des enormen Aufwands für Forschung und Entwicklung ist dieses Ziel nur in nationaler und internationaler Zusammenarbeit 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 2005 haben Kernkraftwerke in Deutschland rund 163 Terawattstunden elektrischen Strom erzeugt und damit 27 Prozent des Strombedarfs gedeckt, 17 Kernkraftwerke sind noch in Betrieb. Forschung zur Sicherheit von Kernreaktoren und der sicheren Entsorgung von nuklearen Abfällen ist daher unverzichtbar. Beide Themen sind in das EURATOM-Rahmenprogramm der Europäischen Union integriert. Im Zentrum der Helmholtz-Forschung stehen die Sicherheit bei denkbaren schweren Störfällen sowie Untersuchungen und Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle, insbesondere zur Langzeitsicherheit. Dabei sichern Helmholtz-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler auch die kerntechnische Kompetenz in Forschung und Lehre, die wegen der abnehmenden Rolle der nuklearen Energieerzeugung in Deutschland stark gefährdet ist.

## DER FORSCHUNGSBEREICH ERDE UND UMWELT

### 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 zunächst die grundlegenden Funktionen des Systems Erde und die Wechselwirkungen zwischen Gesellschaft und Natur genauer verstanden werden – dies ist wesentliches Ziel der Forschung zu Erde und Umwelt in der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Forscherinnen und Forscher arbeiten auch daran, die Folgen der komplexen Veränderungen von Erde und Umwelt so genau zu beschreiben, dass Entscheidungsträger in Politik und Gesellschaft damit sachliche Entscheidungshilfen erhalten.

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. Die kooperierenden vier von sechs Zentren sind auch gleichzeitig Partner bei der Entwicklung des Tsunami-Frühwarnsystems für den Indischen Ozean, ein internationales Gemeinschaftsprojekt, das bis Mitte 2008 abgeschlossen sein soll. Für das forschungsbereichsübergreifende Gebiet der Systemanalyse und Technikfolgenabschätzung hat sich ein Helmholtz-Verbund aus fünf Zentren etabliert. Ein weiteres Beispiel für Forschungsk Kooperation 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 Struktur des Forschungsbereichs Erde und Umwelt – Grundfinanzierte Kosten 2005: 272 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Erde und Umwelt 67 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 339 Millionen Euro zur Verfügung.



## Die Programmstruktur

Am Forschungsbereich Erde und Umwelt sind neun Helmholtz-Zentren beteiligt: das Alfred-Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung (AWI), das GeoForschungsZentrum Potsdam (GFZ), das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (HZI, früher GBF), das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht (GKSS), das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF) und das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (UFZ) sowie das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) 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, für die im Jahr 2005 rund 339 Millionen Euro aufgewendet wurden.

- **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 von einander betrachtet werden, denn im System Erde sind alle Elemente und Prozesse 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, auf nationaler wie internationaler Ebene.

## 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 zusammenfasst, 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

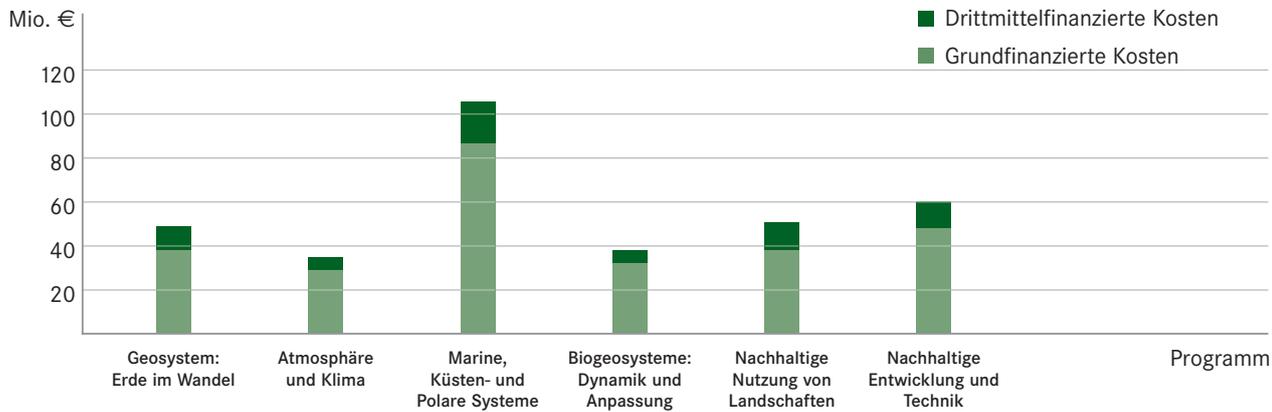
Die Atmosphäre bestimmt wesentlich die Umweltbedingungen auf der Erde. Die Forschung in diesem Programm analysiert Zustand und Veränderungen der Atmosphäre sowie die komplexen Wechselwirkungen innerhalb und mit angrenzenden Bereichen. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler untersuchen auch, wie mensch-

liche Aktivitäten die chemische Zusammensetzung der Atmosphäre und damit das Klima beeinflussen. Um globale und regionale Klimaänderungen vorhersagen 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 besonderer 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

## Gesamtkosten des Forschungsbereichs Erde und Umwelt



Modell-Systemen können dann Szenarien für das Management und die nachhaltige Nutzung der marinen Umwelt und insbesondere der Küstenregionen entwickelt werden.

### 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, und Aufgabe dieses Forschungsprogramms ist es, diesen Einfluss und seine Konsequenzen zu untersuchen. Dabei nimmt diese Prägung sehr unterschiedliche Formen an: von den urbanen, dicht besiedelten und hoch genutzten Räumen über kontaminierte ehemalige Tagebaugelände bis hin zu naturnahen Räumen, die nur extensiv genutzt werden können, wie Wüsten und semiariden Landschaften. 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 sozio-ökonomische 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 sozio-ökonomischer 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.

## DER FORSCHUNGSBEREICH GESUNDHEIT

### Die Aufgabe

Trotz des enormen wissenschaftlichen Fortschritts sind derzeit nur ein Drittel der Erkrankungen des Menschen an der Ursache ansetzend behandelbar und damit heilbar. Darüber hinaus verschiebt sich angesichts veränderter Lebensgewohnheiten und einer alternden Bevölkerung das Spektrum der Krankheiten. Diese Entwicklungen stellen die Gesundheitsforschung vor große Herausforderungen.

Im Zentrum der Forschung des Bereichs Gesundheit stehen besonders häufig auftretende und schwere Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Krebs. Ziel ist es, die Entstehungsprozesse dieser Krankheiten besser zu verstehen, um neue Strategien für Prävention, Diagnose und Therapie zu gewinnen und diese neuen Ansätze in der Zusammenarbeit mit Kliniken zur Anwendung zu bringen.

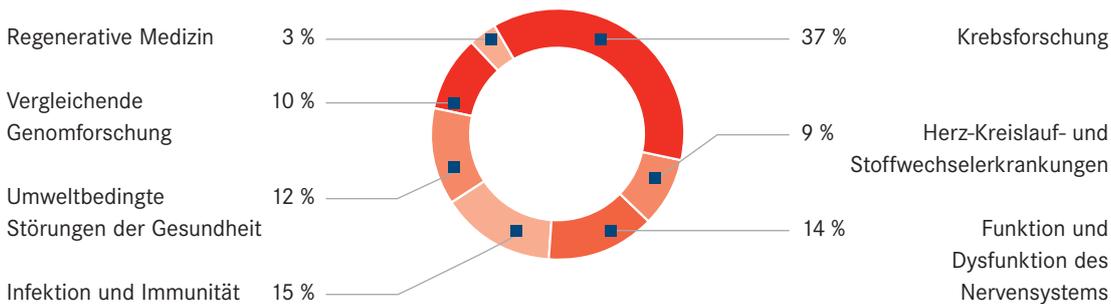
Der effektive Transfer von Ergebnissen der Grundlagenforschung, vor allem durch die engere Verzahnung von Forschung und Klinik, bleibt ein wichtiges programmübergreifendes Ziel der Gesundheitsforschung in der Helmholtz-Gemeinschaft. Ein zentrales Vorhaben zur Umsetzung dieses Ziels ist der Aufbau des Nationalen Centrums für Tumorerkrankungen in Heidelberg. Das Deutsche Krebsforschungszentrum baut mit Unterstützung der Deutschen Krebshilfe und in Zusammenarbeit mit dem Heidelberger Universitätsklinikum und der Thoraxklinik derzeit ein Behandlungszentrum für Tumorpatienten auf, in dem Grundlagenforscher und Kliniker Hand in Hand arbeiten. Dadurch wird eine in Deutschland bisher

einmalige Verknüpfung von modernster Therapie mit onkologischer Forschung möglich. Den Patienten steht mit der Tumorambulanz eine zentrale Anlaufstelle zur Verfügung, in der interdisziplinäre Expertenteams Diagnose- und Therapiepläne erarbeiten.

Neben dem Heidelberger Zentrum befinden sich Translationszentren auch an anderen Standorten im Aufbau. Das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit in München plant gemeinsam mit der Ludwig-Maximilians-Universität und einem privaten Klinikbetreiber ein Zentrum, welches sich insbesondere pneumologischen Erkrankungen widmen wird. Mit der einzigartigen Verbindung von Umwelt- und Gesundheitsforschung ist das GSF zum einen prädestiniert, sich den Erkrankungen der Atemwege zu widmen; zum anderen begegnet das GSF mit dem Vorhaben auch einem ernstzunehmenden Mangel an pneumologischer Forschung in Deutschland. Ein Zentrum für die Verbindung von Grundlagenforschung und klinischer Anwendung ist ferner am Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung gemeinsam mit der Medizinischen Hochschule Hannover (MHH) in Planung. Die Grundlagenforschung zur Infektionsbiologie des Helmholtz-Zentrums soll hier mit der Expertise der MHH in der klinischen Infektionsforschung kombiniert werden, um – angesichts der steigenden Bedeutung von Infektionskrankheiten – neue Impfstoffe zu entwickeln. Darüber hinaus arbeitet derzeit auch das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin in Berlin-Buch an der Einrichtung eines Translationszentrums.

## Die Struktur des Forschungsbereich Gesundheit – Grundfinanzierte Kosten 2005: 258 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Gesundheit 85 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 343 Millionen Euro zur Verfügung.



## Die Programmstruktur

Im Forschungsbereich Gesundheit kooperieren zehn Helmholtz-Zentren. Dazu gehören das Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung (ehemals Gesellschaft für Biotechnologische Forschung, GBF), das Deutsche Krebsforschungszentrum (DKFZ) in Heidelberg, das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht (GKSS), das GSF-Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit (GSF), die Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), das Hahn-Meitner-Institut (HMI) und das Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin (MDC) sowie das Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle (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**

## 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 400.000 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 der Krebsentstehung, 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, histologischer 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.

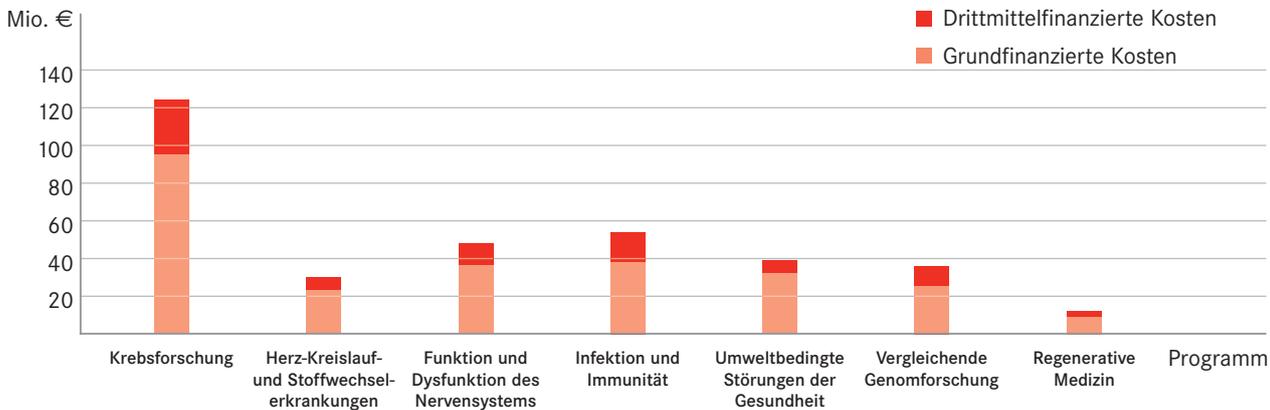
### Das Programm Funktion und Dysfunktion des Nervensystems

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 auch das neurale System als Ganzes zu betrachten. Die Wissenschaftler nutzen 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 an Infektionskrankheiten – das ist ein Drittel aller Todesfälle weltweit. Angesichts der wachsenden Bedrohung durch Infektionskrankheiten ist es Ziel der Forschung, die grundsätzlichen Mechanismen von Infektion und Immunität zu verstehen. Die Forscherinnen und

## Gesamtkosten des Forschungsbereichs Gesundheit



Forscher untersuchen die Ursachen der Pathogenität 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? Diese Fragen zu beantworten, ist zentrales Ziel der Forschung. 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 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, um herauszufinden, 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 Wissenschaftler des Programms sind wesentlich am Nationalen Genomforschungsnetz beteiligt.

### Das Programm im Aufbau: 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. Ziel ist es, der Funktion der natürlichen Vorbilder möglichst nahe zu kommen und erkrankte Organe zu unterstützen oder sogar zu ersetzen. Außerdem arbeiten die Forscher daran, die Schnittstelle zwischen Technologie und Organismus zu verbessern, so dass beispielsweise bei einer Handprothese durch Neurokoppung ein Teil der Sensorik wiederhergestellt werden kann.

## DER FORSCHUNGSBEREICH SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN

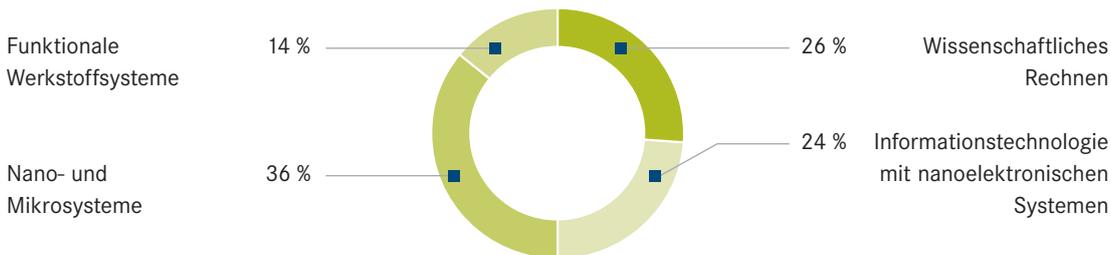
### Die Aufgabe

Schlüsseltechnologien wie die Nanotechnologie, die Mikrosystemtechnik, die Erforschung funktionaler Werkstoffsysteme und das wissenschaftliche Rechnen ermöglichen die Erschließung neuer Technikbereiche und besitzen ein großes Innovationspotenzial für Wissenschaft, Wirtschaft und Gesellschaft. Forschung zu Schlüsseltechnologien trägt daher maßgeblich zur internationalen Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie bei. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler konzentrieren sich in diesem Forschungsbereich auf solche Technologien, die besonders komplex sind, die neue Methoden und Lösungen für andere Forschungsbereiche versprechen oder für die industrielle Nutzung besonders

interessant sind. 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 auch bewusst gepflegt wird. Damit soll verhindert werden, dass sich das Blickfeld zu früh auf wenige Nutzungschancen fokussiert und andere Chancen übersehen werden. Zu den Aufgaben des Forschungsbereichs gehört es auch, neue Technologien sowie deren Chancen und Risiken für die Gesellschaft zu beurteilen.

## Die Struktur des Forschungsbereich Schlüsseltechnologien – Grundfinanzierte Kosten 2005: 113 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Schlüsseltechnologien 27 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 140 Millionen Euro zur Verfügung.



## Die Programmstruktur

Im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien wirken drei Helmholtz-Zentren zusammen: das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) und das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht (GKSS). Als Querschnittsfunktion stellt der Forschungsbereich für interne und externe Nutzer Höchstleistungs-Rechenkapazitäten bereit. Für die Materialforschung 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. Er ist Ansprechpartner für Unternehmen und Verbände und informiert politische Entscheidungsträger über Chancen und Risiken neuer Technologien. Die Programme sind klar profiliert: 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 Energie-, Verkehrs-, Gesundheits- und Umweltforschung.

## 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 Nutzer aus anderen Forschungsbereichen und Institutionen. 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-Computing, 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.

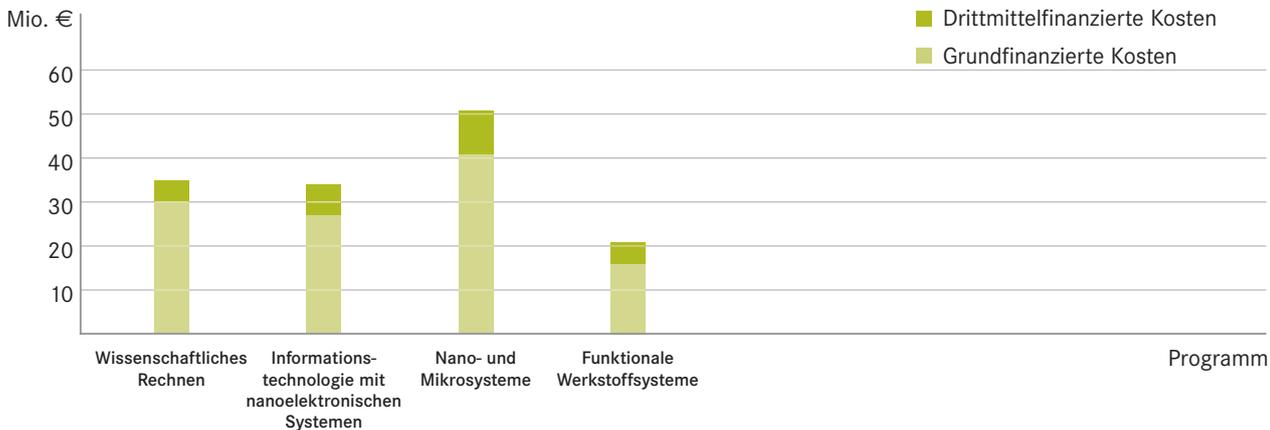
### Das Programm Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen

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.

### 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-

## Gesamtkosten des Forschungsbereichs Schlüsseltechnologien



basierte Mikrosysteme nicht leisten können. Solche neuartigen Materialien und Technologien können Innovationen anstoßen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler entwerfen auch mikro-technische 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 sicherlich für die Wirtschaft interessant 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.

## DER FORSCHUNGSBEREICH STRUKTUR DER MATERIE

### Die Aufgabe

Hier geht es tatsächlich um das, was die Welt im Innersten zusammenhält: Was sind die elementaren Bausteine der Materie? Welche Kräfte wirken zwischen ihnen? Und wie bilden sich daraus die großen Strukturen im Universum? Auf der anderen Seite geht es aber auch um die komplexen Phänomene in Festkörpern und Flüssigkeiten, die durch die Wechselwirkungen zwischen Myriaden von Atomen entstehen. Denn hier verschafft die Grundlagenforschung Einsichten, die das Design von neuartigen Werkstoffen mit maßgeschneiderten elektronischen, mechanischen oder thermischen Eigenschaften ermöglichen.

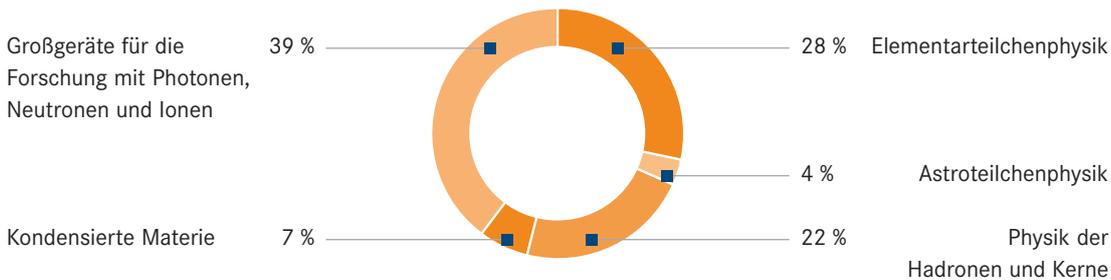
Eine besondere Stärke der Helmholtz-Forschung sind hier die Großgeräte. Ob Teilchenbeschleuniger, Synchrotronstrahlen- oder Neutronen-Quellen – diese großen, teilweise weltweit einzigartigen wissenschaftlichen Infrastrukturen werden von zahlreichen Forschern aus dem In- und Ausland genutzt.

Mit dem geplanten Röntgenlaser XFEL, der nun am Deutschen Elektronensynchrotron (DESY) in europäischer Zusammenarbeit gebaut wird, entsteht eine Röntgenquelle, deren Spitzenleistung zehnmilliardenmal höher ist als bislang möglich. XFEL wird beispielsweise neue Einblicke in chemische und biologische Prozesse erlauben.

Ein weiteres Großinstrument soll an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) in Darmstadt entstehen. 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. Dadurch lassen sich exotische Atomkerne oder Antiprotonen erzeugen, die in weiteren Experimenten untersucht werden können.

## Die Struktur des Forschungsbereich Struktur der Materie – Grundfinanzierte Kosten 2005: 433 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Struktur der Materie 40 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 473 Millionen Euro zur Verfügung.



## Die Programmstruktur

Im Forschungsbereich Struktur der Materie wirken sechs Helmholtz-Zentren zusammen: das Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY), das Forschungszentrum Jülich (FZJ), das Forschungszentrum Karlsruhe (FZK), das GKSS-Forschungszentrum Geesthacht (GKSS), die Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) und das Hahn-Meitner-Institut (HMI). 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. Einige der Programme sind untereinander wissenschaftlich und technologisch verknüpft, die Strategien der meisten auf bestehende und geplante wissenschaftliche Infrastrukturen bzw. Großgeräte bezogen. Dabei ist es ein generelles Ziel, die Großgeräte effizient einzusetzen und die Nutzer optimal zu unterstützen, um die Führungsrolle von Helmholtz auf diesem Gebiet gemeinsam mit internationalen Partnern zu erhalten.

## Die Programme

### Das Programm Elementarteilchenphysik

Hier werden die kleinsten Bausteine der Materie und die Kräfte zwischen ihnen untersucht, auch mit dem Ziel, die Evolution des frühen Universums zu 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. Die Forscher nutzen den Elektron-Proton-Collider HERA bei DESY, um die innere Struktur des Protons und die Eigenschaften der starken, elektromagnetischen und schwachen Kräfte zu erkunden. Außerdem suchen sie nach Spuren von neuen Teilchen sowie nach den Super-Symmetrie-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 Karlsruhe (GridKA) am Forschungszentrum Karlsruhe wird ein leistungsfähiges Rechenzentrum aufgebaut, das international vernetzt ist und Daten des Large Hadron Colliders (LHC) am Europäischen Forschungszentrum CERN in Genf auswerten wird.

### Das Programm Astroteilchenphysik

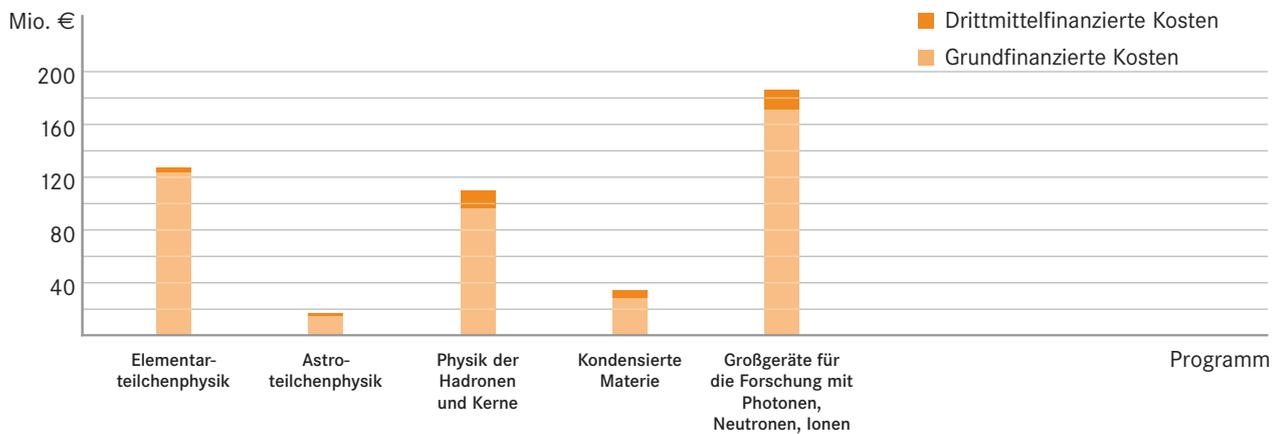
Die Astroteilchenphysik ist ein neues interdisziplinäres Forschungsgebiet und verbindet das Wissen um die kleinsten Bausteine mit der Kenntnis der größten Strukturen des Universums. Aus dieser Synthese von Erkenntnissen und Methoden haben sich bereits zahlreiche überraschende Resultate ergeben. Astroteilchenphysiker untersuchen die Quellen kosmischer Strahlung sowie die Mecha-

nismen kosmischer Beschleuniger. Sie erkunden, wie sich das All jenseits der Observation mit klassischen Wellenlängen darstellt, „durchleuchtet“ von Gamma-Strahlen, Neutrinos oder kosmischer Strahlung. Sie erforschen die so genannte Dunkle Materie, die sich bislang nur durch ihre Gravitationswirkung äußert. Das Programm umfasst 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). Diese Ziele erfordern die Entwicklung, den Bau und den Betrieb großer Detektoranlagen mit leistungsfähiger Infrastruktur, teilweise fernab von existierenden Labors.

### 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 (GSI), 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 (GSI)

## Gesamtkosten des Forschungsbereiches Struktur der Materie



und des Forschungszentrums Jülich (FZJ). Mit der geplanten Facility for Antiproton and Ion Research (FAIR) entsteht an der GSI nun in internationaler Zusammenarbeit eine Beschleunigeranlage der nächsten Generation. Die existierenden GSI-Beschleuniger dienen als Injektor für die neue Anlage. Der Doppelring wird Ionenstrahlen mit bisher unerreichter Intensität sowie sehr hohen Energien liefern. Dadurch lassen sich exotische Atomkerne oder Antiprotonen für weitere Experimente erzeugen, beispielsweise zur Natur des Quark-Gluonen-Plasmas oder zu Materieformen zu Beginn des Universums. Die Helmholtz-Forschung in diesem Programm leistet auch wesentliche Beiträge zu heutigen und künftigen Forschungsaktivitäten am CERN (SPS und LHC).

### 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 bestimmen. Vielteilchensysteme sind ein komplexes Forschungsgebiet: Die Physik der kondensierten Materie bewegt sich von subatomaren bis zu makroskopischen Dimensionen, beobachtet elektronische Reaktionszeiten von kleinsten Sekundenbruchteilen bis hin zu geologischen Zeiträumen von Millionen Jahren. 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 und Synchrotron-Strahlen. Ebenso nutzen die Wissenschaftler spektroskopische Verfahren,

Messverfahren für Thermodynamik und Transport, hoch auflösende Elektronen-Mikroskopie sowie die Großcomputer, die ihnen die theoretische Modellierung und Simulation erlauben.

### 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. Zudem stehen seit kurzem zwei neue Großgeräte zur Verfügung: Der Röntgenlaser Flash am Deutschen Elektronen-Synchrotron (DESY) erzeugt Strahlung im weichen Röntgenbereich. Außerdem wird dort der europäische Röntgenlaser XFEL aufgebaut, der ab 2013 Röntgenblitze mit etwa zehnmilliardenmal höherer Intensität liefern wird, als bislang möglich. Damit ließen sich zum Beispiel extrem schnelle Reaktionen in chemischen oder biologischen Systemen filmen, atomare Details von Molekülen entschlüsseln und dreidimensionale Aufnahmen aus dem Nanokosmos machen. Zudem beteiligt sich die Helmholtz- Gemeinschaft mit eigenen Beamlines am Forschungsreaktor FRM II in München und an der Megawatt-Spallations-Neutronenquelle SNS in Oak Ridge in den Vereinigten Staaten.

## DER FORSCHUNGSBEREICH VERKEHR UND WELTRAUM

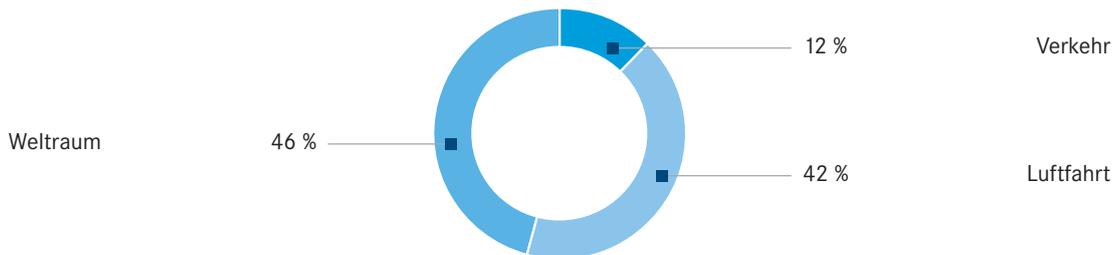
### Die Aufgabe

Steigendes Verkehrsaufkommen und wachsender Datenverkehr kennzeichnen moderne Gesellschaften. Damit verbunden sind aber auch Sicherheitsrisiken, Umweltbelastung und ein hoher Energieverbrauch. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Helmholtz-Gemeinschaft suchen nach neuen Konzepten und technischen Lösungen, um den Bedarf an Mobilität, Kommunikation und Information zu sichern, zukunftssträchtige Forschungsthemen zu definieren und die politischen Entscheidungsträger zu beraten. Dabei werden auch raumfahrtgestützte Anwendungen für den Verkehr entwickelt, die zum Beispiel auf dem zukünftigen europäischen Satellitennavigationssystem GALILEO aufsetzen.

Die Helmholtz-Forschung zu Verkehr und Weltraum wird ausschließlich im Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) betrieben. Seit dem 1. Dezember 2005 liegt die ministerielle Verantwortung für das DLR beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Das DLR bleibt aber weiterhin volles Mitglied der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Helmholtz-Gemeinschaft wird sich in Zukunft sowohl mit dem BMBF als auch BMWi abstimmen, um die Programmatik wie bisher erfolgreich weiterzuentwickeln. Dieses Zentrum arbeitet eng mit anderen Forschungsbereichen zusammen – insbesondere mit Energie, Erde und Umwelt, Gesundheit und Schlüsseltechnologien. Die insgesamt acht Standorte des DLR liegen in verschiedenen Bundesländern und sind intensiv mit den benachbarten Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen vernetzt. 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 Struktur des Forschungsbereich Verkehr und Weltraum – Grundfinanzierte Kosten 2005: 155 Millionen Euro

Zusätzlich erhält der Forschungsbereich Verkehr und Weltraum 181 Millionen Euro. Damit stehen ihm Gesamtmittel i.H.v. 336 Millionen Euro zur Verfügung.



## Die Programmstruktur

Die Forscherinnen und Forscher 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. Dadurch 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 oder auf dem Gebiet der Telemedizin. Synergien entfalten sich auch dadurch, dass die Forschung Fragestellungen der Luftfahrt und des terrestrischen Verkehrs mit solchen der Weltraumtechnik verbindet; dies gilt etwa für die Themen Ortung, Navigation, Telekommunikation und Fernerkundung. Zudem werden Themen von Wirtschaft und Gesellschaft mit gemeinsamen Wurzeln in den Programmen des Forschungsbereiches eng verzahnt bearbeitet. Ein Beispiel für diesen Ansatz ist das Monitoring ökologischer Zusammenhänge: Auf Feldern wie Klima, Schadstoffe oder Lärm verknüpfen die Wissenschaftler Daten, die sie durch orbitale, luftgestützte und terrestrische Erdbeobachtung gewinnen.

## Die Programme

### Das Programm Verkehr

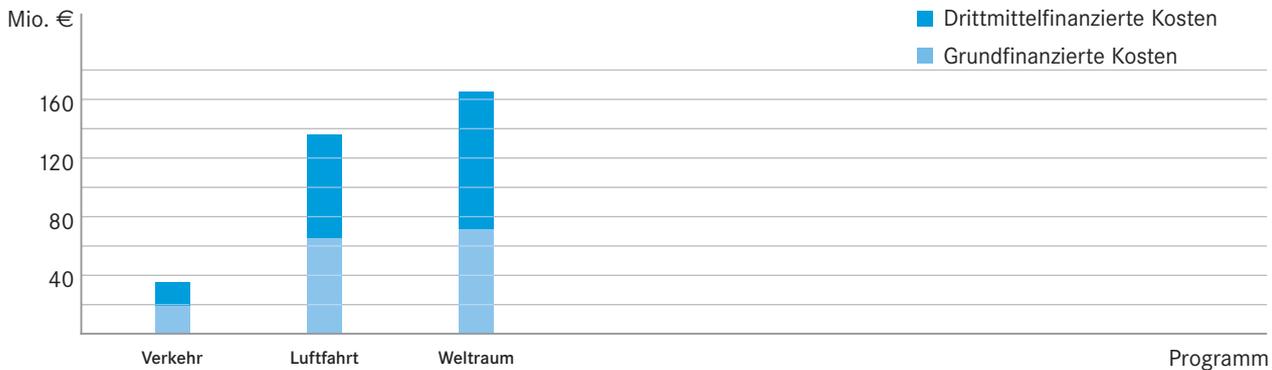
Das Verkehrssystem ist bereits heute stark überfordert und hat Schwierigkeiten, den weiter steigenden Verkehr aufzunehmen. Dies gefährdet die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft. Das hohe Verkehrsaufkommen belastet aber auch die Umwelt, mindert die Lebensqualität in den Städten und geht mit Unfallrisiken einher. Die Arbeiten im Programm Verkehr orientieren sich deshalb an drei Zielen: Sicherung der Mobilität durch neue Dienste und Konzepte, innovative Lösungen, die Umwelt und Ressourcen schonen und die Verbesserung der Sicherheit im Verkehr. Um das erste Ziel zu erreichen, untersuchen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, wie man das Verkehrswachstum beeinflussen und bewältigen kann, und entwickeln Konzepte für die Mobilität von morgen. Der Verkehr auf Straße, Schiene und in der Luft wird dabei als Gesamtsystem betrachtet. Eine wichtige Grundlage für diese Arbeit sind Verkehrsdaten, die in Modelle für das Verkehrsmanagement eingehen. Auf dem Gebiet des Umwelt- und Ressourcenschutzes geht es um neue Methoden und Techniken, die Energie effizienter zu nutzen und weniger Abgase und Lärm zu erzeugen. Neue Konzepte für effizientere, umweltfreundlichere Verkehrsträger werden entwickelt, inklusive der Werkzeuge für Konstruktion und Simulation.

Beim Thema Sicherheit steht das aktive Vermeiden von Unfällen im Fokus. Die Arbeiten umfassen die Sicherheit technischer Systeme, aber auch das Verhalten des Menschen im Verkehr. Mit den Arbeitsgebieten Flughafenwesen und Raumfahrtgestützte Anwendungen für den Verkehr haben sich zwei neue große Themen im Programm Verkehr an den Schnittstellen zu den beiden anderen Programmen des Forschungsbereiches etabliert, um die Synergien optimal zu nutzen.

### 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 Führungstechnologie 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.

## Gesamtkosten des Forschungsbereichs Verkehr und Weltraum



Unter „DLR/ONERA Aircraft Research“ sind die Arbeiten an Starrflügelflugzeugen gebündelt. Bei der Hubschrauber-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 Flughafennahbereich. 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.





## 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.

## LEISTUNGSBILANZ 2005

Im Jahr 2005 haben die Helmholtz-Zentren zusätzlich zu ihrer institutionellen Förderung durch Bund und Länder (insgesamt 1,6 Milliarden Euro) Drittmittel in Höhe von 664 Millionen Euro erworben. 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 oder der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Die relativ hohen Drittmittelerwerbungen 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

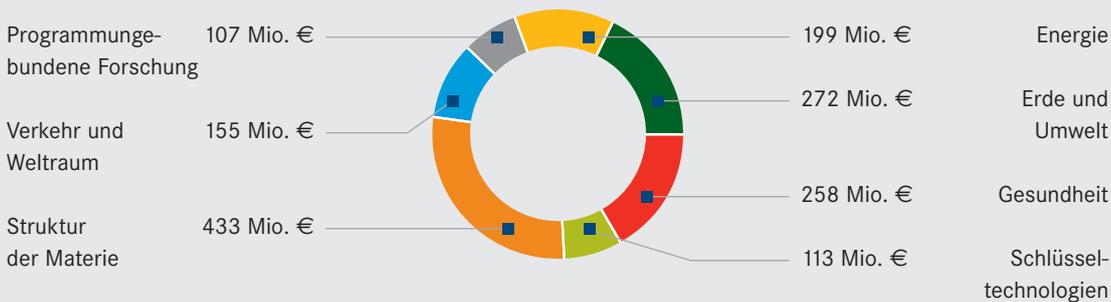
quantitativen Erfolgsindikatoren systematisch zu erfassen. Jedes Programm wird dabei von Experten beurteilt und je nach Aufgabenstellung sind andere Maßstäbe für den Erfolg am aussagekräftigsten.

Dennoch stellen wir im Folgenden einige Aspekte einer solchen Leistungsbilanz schlaglichtartig vor. Dazu gehören vor allem die Wissenschaftliche Exzellenz, aber auch die Förderung des akademischen Nachwuchses und die Zusammenarbeit mit der Wirtschaft.

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

## Kosten der Helmholtz-Gemeinschaft

Grundfinanzierte Kosten der Helmholtz-Gemeinschaft des Jahres 2006, die im Rahmen der Programmorientierten Förderung finanziert werden.



### Wissenschaftliche Exzellenz

- 12.000 wissenschaftliche Publikationen – zwei Drittel davon in ISI zitierten Fachjournals (2005)
- Gut 5.000 wissenschaftliche Kooperationen; Beteiligung an 211 DFG-Schwerpunktprogrammen und SFBs
- Jährlich 40 bis 50 Habilitationen und 50 bis 60 Berufungen von Helmholtz-Wissenschaftlern auf eine Professur (C3/C4 bzw. W2/W3)

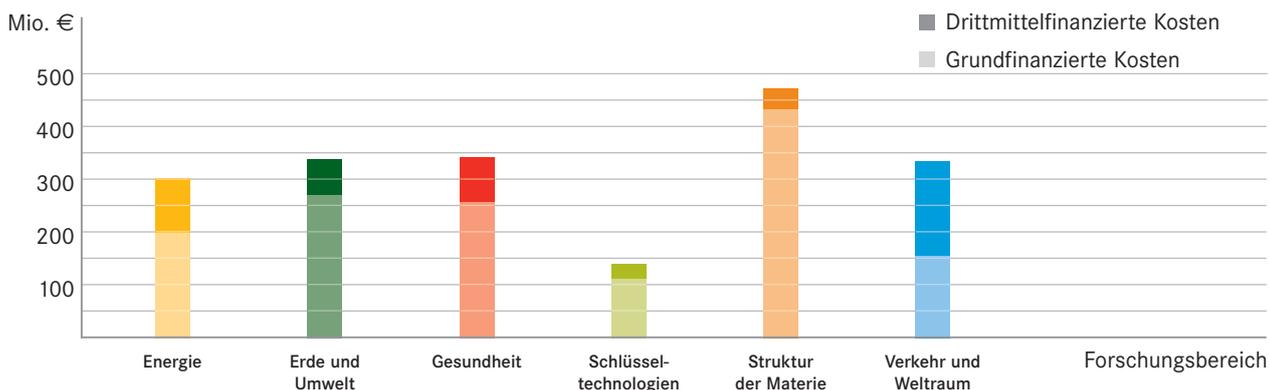
### Partner der Wirtschaft

- Die Helmholtz-Gemeinschaft arbeitet in mehr als 2.000 Kooperationsprojekten mit der Wirtschaft zusammen
- Helmholtz-Wissenschaftler melden jährlich 400 Patente an und schließen jährlich mehr als 500 Lizenzverträge ab
- 2005 wurden zwölf Unternehmen von Helmholtz-Wissenschaftlern ausgegründet

### Akademische Nachwuchsförderung

- In 2005 wurden circa 3.400 Doktoranden betreut
- Insgesamt wurden 22 Doktoranden-Kollegs eingerichtet
- An 51 Graduierten-Kollegs der DFG, an 48 Marie-Curie-Maßnahmen sind Helmholtz-Zentren beteiligt
- Circa 1.000 Helmholtz Wissenschaftler haben 2.850 Semesterwochenstunden Unterricht an den Universitäten gehalten (2005)
- Insgesamt 89 Nachwuchsgruppen, 59 davon mit Förderung aus dem Impuls- und Vernetzungsfonds der Helmholtz-Gemeinschaft
- Förderung der kontinuierlichen wissenschaftlichen Arbeit junger Wissenschaftler durch familienfreundliche Maßnahmen (Kinderbetreuung, Wiedereinstieg)
- Die Helmholtz-Gemeinschaft sorgt mit 19 Schülerlabors und der Initiative „Haus der kleinen Forscher“ für den wissenschaftlichen Nachwuchs der Zukunft

### Grund- und Drittmittelfinanzierte Kosten der Forschungsbereiche 2005



# KOSTEN DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT 2005

Grundfinanzierte Kosten der Helmholtz-Gemeinschaft, die seit 2003 im Rahmen der Programmorientierten Förderung finanziert werden. Die Darstellung ist nach Forschungsbereichen und Helmholtz-Zentren gegliedert.

Mio. €	Summe	AWI	DESY	DKFZ	DLR*	FZJ**	FZK	GFZ
<b>Kosten für Forschung und Entwicklung</b>	<b>1.593</b>	<b>78</b>	<b>179</b>	<b>103</b>	<b>210</b>	<b>267</b>	<b>210</b>	<b>40</b>
Sonderaufgaben	73	0,2	2,3	3,5	5,9	8,7	26,7	0,5
<b>Summe Kosten (Programmorientierte Förderung)</b>	<b>1.666</b>	<b>79</b>	<b>181</b>	<b>107</b>	<b>216</b>	<b>276</b>	<b>236</b>	<b>41</b>
<b>Energie</b>	<b>201</b>				<b>12</b>	<b>49</b>	<b>53</b>	<b>2</b>
Erneuerbare Energien	28				4	6		2
Rationelle Energieumwandlung	37				8	24	6	
Kernfusion	109					15	24	
Nukleare Sicherheitsforschung	27					4	22	
<b>Erde und Umwelt</b>	<b>271</b>	<b>78</b>				<b>33</b>	<b>55</b>	<b>33</b>
Geosystem: Erde im Wandel	35					3		32
Atmosphäre und Klima	27					10	17	
Marine, Küsten- und Polare Systeme	95	78						
Biogeosysteme: Dynamik und Anpassung	31					17		
Nachhaltige Nutzung von Landschaften	37							
Nachhaltige Entwicklung und Technik	46					4	38	
<b>Gesundheit*</b>	<b>277</b>			<b>83</b>		<b>30</b>	<b>18</b>	
Krebsforschung	104			80				
Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen	25			3				
Funktion und Dysfunktion des Nervensystems	38					30		
Infektion und Immunität	40							
Umweltbedingte Störungen der Gesundheit	31						8	
Vergleichende Genomforschung	27						4	
Regenerative Medizin	11						7	
<b>Schlüsseltechnologien</b>	<b>115</b>					<b>56</b>	<b>42</b>	
Wissenschaftliches Rechnen	30					28	3	
Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen	28					28		
Nano- und Mikrosysteme	40						40	
Funktionale Werkstoffsysteme	18							
<b>Struktur der Materie</b>	<b>434</b>		<b>179</b>			<b>98</b>	<b>35</b>	
Elementarteilchenphysik	107		103				4	
Astroteilchenphysik	18		5				13	
Physik der Hadronen und Kerne	89					33	1	
Kondensierte Materie	32					26	6	
Großgeräte für die Forschung mit Photonen, Neutronen, Ionen	189		71			39	12	
<b>Verkehr und Weltraum</b>	<b>157</b>				<b>157</b>			
Verkehr	19				19			
Luftfahrt	64				64			
Weltraum	74				74			
<b>Programmungebundene Forschung</b>	<b>138</b>			<b>21</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

\* Über die Programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft hinaus erhält das DLR jährlich aus weiteren Quellen institutionelle Förderung (z.B. BMVg, BMBF-Sockelbetrag Raumfahrt (letztmalig 2005), Sonderfinanzierungen), die hier nicht berücksichtigt wird: rund 40 Mio. Euro

GKSS	GSF	GSI	HMI	HZI***	IPP	MDC	UFZ	Mio. €
<b>56</b>	<b>90</b>	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>37</b>	<b>86</b>	<b>51</b>	<b>50</b>	<b>Kosten für Forschung und Entwicklung</b>
9,3	1,6	0,4	2,4	1,3	7,9	1,2	0,9	Sonderaufgaben
<b>65</b>	<b>91</b>	<b>76</b>	<b>62</b>	<b>39</b>	<b>94</b>	<b>53</b>	<b>51</b>	<b>Summe Kosten (Programmorientierte Förderung)</b>
			<b>17</b>		<b>69</b>			<b>Energie</b>
			17					Erneuerbare Energien
					69			Rationelle Energieumwandlung
								Kernfusion
								Nukleare Sicherheitsforschung
<b>17</b>	<b>14</b>			<b>3</b>			<b>38</b>	<b>Erde und Umwelt</b>
							1	Geosystem: Erde im Wandel
								Atmosphäre und Klima
17								Marine, Küsten- und Polare Systeme
	14							Biogeosysteme: Dynamik und Anpassung
				3			34	Nachhaltige Nutzung von Landschaften
							3	Nachhaltige Entwicklung und Technik
<b>5</b>	<b>58</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>28</b>		<b>49</b>	<b>3</b>	<b>Gesundheit*</b>
	2	3				20		Krebsforschung
	3					20		Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen
						9		Funktion und Dysfunktion des Nervensystems
	14			26				Infektion und Immunität
	19		1				3	Umweltbedingte Störungen der Gesundheit
	21			2				Vergleichende Genomforschung
5								Regenerative Medizin
<b>18</b>								<b>Schlüsseltechnologien</b>
								Wissenschaftliches Rechnen
								Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen
								Nano- und Mikrosysteme
18								Funktionale Werkstoffsysteme
<b>13</b>		<b>68</b>	<b>41</b>					<b>Struktur der Materie</b>
								Elementarteilchenphysik
								Astroteilchenphysik
		55						Physik der Hadronen und Kerne
								Kondensierte Materie
13		13	41					Großgeräte für die Forschung mit Photonen, Neutronen, Ionen
								<b>Verkehr und Weltraum</b>
								Verkehr
								Luftfahrt
								Weltraum
<b>4</b>	<b>18</b>	<b>5</b>		<b>6</b>	<b>17</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>Programmungebundene Forschung</b>

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

\*\*\* Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, ehemals Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF)

# PERSONAL DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT 2005

Insgesamt beschäftigt die Helmholtz-Gemeinschaft circa 25.000 Mitarbeiter. Die Kapazität (Personenjahre) des grundfinanzierten Personals der Helmholtz-Gemeinschaft ist hier nach Forschungsbereichen und Helmholtz-Zentren gegliedert.

Personaljahre	Summe	AWI	DESY	DKFZ	DLR*	FZJ	FZK	GFZ
<b>Personaleinsatz für Forschung und Entwicklung</b>	<b>11.840</b>	<b>392</b>	<b>1.149</b>	<b>823</b>	<b>1.652</b>	<b>1.823</b>	<b>1.630</b>	<b>313</b>
Zentrenleitung und Managementunterstützung	1.626	54	142	108	218	257	216	46
Basisbetrieb	1.976	28	130	77	160	631	514	12
Sonderaufgaben	1.702	21	108	119	220	350	488	33
<b>Gesamtpersonaleinsatz</b>	<b>17.144</b>	<b>495</b>	<b>1.529</b>	<b>1.126</b>	<b>2.250</b>	<b>3.061</b>	<b>2.847</b>	<b>405</b>
<b>Energie</b>	<b>1.520</b>				<b>83</b>	<b>325</b>	<b>345</b>	<b>9</b>
Erneuerbare Energien	209				28	37		9
Rationelle Energieumwandlung	263				55	173	34	
Kernfusion	866					82	160	
Nukleare Sicherheitsforschung	182					32	150	
<b>Erde und Umwelt</b>	<b>1.830</b>	<b>349</b>				<b>240</b>	<b>382</b>	<b>252</b>
Geosystem: Erde im Wandel	272					19		248
Atmosphäre und Klima	195					64	127	4
Marine, Küsten- und Polare Systeme	467	349						
Biogeosysteme: Dynamik und Anpassung	217					120		
Nachhaltige Nutzung von Landschaften	357							
Nachhaltige Entwicklung und Technik	322					37	255	
<b>Gesundheit*</b>	<b>2.047</b>			<b>729</b>		<b>199</b>	<b>136</b>	
Krebsforschung	905			715				
Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen	164			14				
Funktion und Dysfunktion des Nervensystems	255					199		
Infektion und Immunität	242							
Umweltbedingte Störungen der Gesundheit	222						51	
Vergleichende Genomforschung	156						35	
Regenerative Medizin	104						50	
<b>Schlüsseltechnologien</b>	<b>715</b>					<b>231</b>	<b>349</b>	
Wissenschaftliches Rechnen	97					74	23	
Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen	156					156		
Nano- und Mikrosysteme	326						326	
Funktionale Werkstoffsysteme	136							
<b>Struktur der Materie</b>	<b>2.375</b>		<b>856</b>			<b>476</b>	<b>261</b>	
Elementarteilchenphysik	444		422				21	
Astroteilchenphysik	129		18				110	
Physik der Hadronen und Kerne	566					138	9	
Kondensierte Materie	205					164	41	
Großgeräte für die Forschung mit Photonen, Neutronen, Ionen	1.032		416			174	79	
<b>Verkehr und Weltraum</b>	<b>1.171</b>				<b>1.171</b>			
Verkehr	148				148			
Luftfahrt	460				460			
Weltraum	563				563			
<b>Wissenschaftliche Infrastruktur</b>	<b>1.680</b>	<b>43</b>	<b>292</b>	<b>93</b>	<b>90</b>	<b>346</b>	<b>116</b>	<b>52</b>
<b>Programmungebundene Forschung</b>	<b>501</b>				<b>308</b>	<b>7</b>	<b>41</b>	

\* Über die Programmorientierte Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft hinaus erhält das DLR jährlich aus weiteren Quellen institutionelle Förderung (z.B. BMVg, BMBF-Sockelbetrag Raumfahrt (letztmalig 2005), Sonderfinanzierungen), die hier nicht berücksichtigt wird: 373 Personanjahre

GKSS	GSF	GSI	HMI	HZI**	IPP	MDC	UFZ	Personaljahre
<b>499</b>	<b>681</b>	<b>696</b>	<b>447</b>	<b>200</b>	<b>650</b>	<b>410</b>	<b>476</b>	<b>Personaleinsatz für Forschung und Entwicklung</b>
80	128	62	48	51	100	49	68	Zentrenleitung und Managementunterstützung
17	80	9	31	34	205	25	24	Basisbetrieb
59	51	41	57	32	41	33	49	Sonderaufgaben
<b>655</b>	<b>940</b>	<b>808</b>	<b>583</b>	<b>317</b>	<b>996</b>	<b>517</b>	<b>617</b>	<b>Gesamtpersonaleinsatz</b>
			<b>135</b>		<b>624</b>			<b>Energie</b>
			135					Erneuerbare Energien
					624			Rationelle Energieumwandlung
								Kernfusion
								Nukleare Sicherheitsforschung
<b>118</b>	<b>96</b>			<b>12</b>			<b>380</b>	<b>Erde und Umwelt</b>
							5	Geosystem: Erde im Wandel
								Atmosphäre und Klima
118	96							Marine, Küsten- und Polare Systeme
				12			345	Biogeosysteme: Dynamik und Anpassung
							30	Nachhaltige Nutzung von Landschaften
								Nachhaltige Entwicklung und Technik
<b>54</b>	<b>367</b>	<b>28</b>	<b>12</b>	<b>158</b>		<b>337</b>	<b>27</b>	<b>Gesundheit*</b>
	10	28	2			149		Krebsforschung
	22					128		Herz-Kreislauf- und Stoffwechselerkrankungen
						56		Funktion und Dysfunktion des Nervensystems
	93			149				Infektion und Immunität
	134		10				27	Umweltbedingte Störungen der Gesundheit
	108			9		3		Vergleichende Genomforschung
54								Regenerative Medizin
<b>136</b>								<b>Schlüsseltechnologien</b>
								Wissenschaftliches Rechnen
								Informationstechnologie mit nanoelektronischen Systemen
								Nano- und Mikrosysteme
136								Funktionale Werkstoffsysteme
<b>78</b>		<b>498</b>	<b>205</b>					<b>Struktur der Materie</b>
								Elementarteilchenphysik
								Astroteilchenphysik
		419						Physik der Hadronen und Kerne
								Kondensierte Materie
78		79	205					Großgeräte für die Forschung mit Photonen, Neutronen, Ionen
								<b>Verkehr und Weltraum</b>
								Verkehr
								Luftfahrt
								Weltraum
<b>99</b>	<b>95</b>	<b>170</b>	<b>95</b>	<b>23</b>	<b>26</b>	<b>72</b>	<b>68</b>	<b>Wissenschaftliche Infrastruktur</b>
<b>14</b>	<b>123</b>			<b>8</b>		<b>1</b>		<b>Programmungebundene Forschung</b>

\*\* Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung, ehemals Gesellschaft für Biotechnologische Forschung (GBF)

# DER IMPULS- UND VERNETZUNGSFONDS

## Ziele und Aufgaben

Der Impuls- und Vernetzungsfonds des Präsidenten hat sich zu einem zentralen Instrument der Helmholtz-Gemeinschaft entwickelt. Im Zuge des Pakts für Forschung und Innovation hat sich die Helmholtz-Gemeinschaft unter anderem dazu verpflichtet, die Vernetzung mit Hochschulen weiter auszubauen und neue Forschungsbereiche zu erschließen, insbesondere auch risikoreiche und unkonventionelle Forschungsansätze. Zur Erfüllung dieser Verpflichtungen soll der Impuls- und Vernetzungsfonds gestärkt werden. Der Impulsfonds ist auch bei den Partnern der Helmholtz-Gemeinschaft auf große Anerkennung gestoßen. Dies gilt nicht nur für die direkten Partner in gemeinsamen Vorhaben, sondern auch für externe Gutachter, die zu beantragten Vorhaben Stellung genommen haben. Hervorgehoben wurde in den Gutachten unter anderem, dass die Helmholtz-Gemeinschaft damit nicht nur für sich selbst, sondern auch für ihre Partner aus den Universitäten Einheiten schafft, die sich international profilieren. Vielen Koopera-

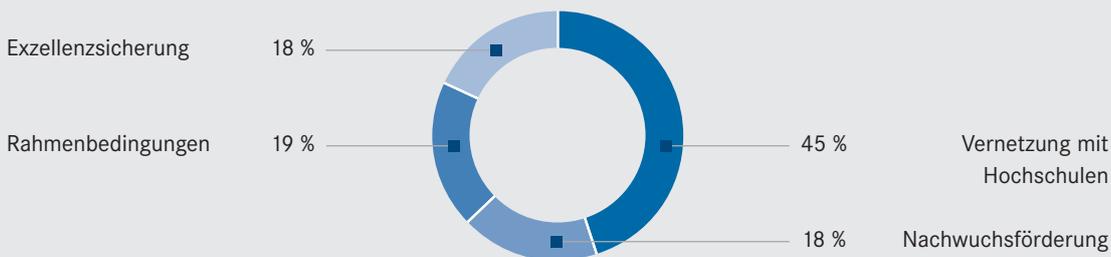
tionen wurde bescheinigt, dass sie strategisch wichtige Forschungsfragen neu zugänglich machen. Auch in der strategischen Begutachtung der Helmholtz-Programme kam den durch den Fonds ermöglichten Aktivitäten eine gewichtige Rolle zu. Sie wurden von den internationalen Gutachtern als besonders fruchtbar hervorgehoben.

## Förderelemente

**HELMHOLTZ-ALLIANZEN:** Die Helmholtz-Allianzen dienen dazu, rasch neue Themen aufzugreifen und sie mit entsprechenden finanziellen Ressourcen zu versehen. Die Allianzen ergänzen damit die langfristig angelegte Programmorientierte Förderung. Gemeinsam mit universitären und anderen externen Partnern sollen in Verbänden mit erkennbar kritischer Masse strategisch wichtige Themen bearbeitet, Zukunftsfelder der Vorsorgeforschung besetzt und zu international sichtbaren Leuchttürmen ausgebaut werden. Die Verbände sollen nationale und internatio-

## Verteilung der Fördermittel 2002 bis 2006

Gesamt: 95 Mio. €



nale Partner aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Industrie einbeziehen. Der Finanzumfang einer Helmholtz-Allianz soll bei 5 bis 10 Mio € Vollkosten pro Jahr liegen. Davon werden 50 Prozent aus dem Impulsfond finanziert. Die Förderung erfolgt für fünf Jahre. Die erste Ausschreibung erfolgte im Juli 2006.

**VIRTUELLE INSTITUTE:** Die Vernetzung mit Hochschulen bleibt ein wichtiges forschungspolitisches Ziel der Helmholtz-Gemeinschaft. Derzeit werden 65 „Virtuelle Institute“ mit insgesamt mehr als 46 Mio. € gefördert. 158 Hochschulpartner von 51 verschiedenen Hochschulen sind an diesen Virtuellen Instituten beteiligt. Das Interesse an dieser Fördermaßnahme ist enorm. Auf die Ausschreibung im Frühjahr 2006 sind 63 neue Anträge eingegangen. Durch gezielte Einbindung exzellenter ausländischer Partner sollen die Virtuellen Institute künftig eine noch stärkere internationale Sichtbarkeit erreichen.

**HELMHOLTZ-(HOCHSCHUL-)NACHWUCHSGRUPPEN:** Durch die Leitung einer eigenen Arbeitsgruppe mit angemessener Ausstattung sollen herausragende junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sich für ihre wissenschaftliche Karriere profilieren können. Derzeit werden 52 Helmholtz-Hochschul- und Helmholtz-Nachwuchsgruppen mit insgesamt über 27 Mio. € gefördert. Die vierte Ausschreibung für weitere 20 Nachwuchsgruppen erfolgte am 1. März 2006, weitere sind für die Folgejahre geplant. Für die ausgewählten Leiterinnen und Leiter der Helmholtz-Hochschul-Nachwuchsgruppen sollen gemeinsame Berufungen auf Juniorprofessuren erreicht werden.

**HELMHOLTZ-KOLLEGS:** Eine weitere Maßnahme zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sind die in 2005 erstmals ausgeschrieben Helmholtz-KolleGs. Diese sollen in der Helmholtz-

Gemeinschaft eine strukturierte Doktorandenausbildung ermöglichen, bei der auch Schlüsselqualifikationen vermittelt werden. In der ersten Ausschreibungsrunde wurden drei Kollegs von einem Gutachterpanel ausgewählt. Ergänzt wird dies im Jahr 2006 durch die Ausschreibung von Graduiertenschulen, in denen die Helmholtz-Zentren ihre Maßnahmen zur strukturierten Doktorandenausbildung für das gesamte Zentrum bündeln und so den Doktoranden des jeweiligen Zentrums eine Ausbildung unter einem Dach bieten werden.

**HELMHOLTZ-AKADEMIE FÜR FÜHRUNGSKRÄFTE:** Ebenfalls wurde mit dem Aufbau einer Helmholtz-Akademie für Führungskräfte begonnen. Mit dieser Maßnahme will sich die Helmholtz-Gemeinschaft ein geeignetes Instrument zur Personalentwicklung der eigenen Führungskräfte verschaffen. Das Programm der Helmholtz-Akademie soll sich an Führungskräfte aller Ebenen richten und auf die spezifischen Erfordernisse einer Forschungsorganisation ausgerichtet sein.

**CHANGENGLEICHHEIT:** Zur Verbesserung der Chancengleichheit in der Helmholtz-Gemeinschaft wurden Wiedereinstiegsstellen nach Kinderbetreuungszeiten und das Netzwerk-Mentoring-Programm auch in 2006 gefördert.

**AUSGRÜNDUNGSINITIATIVE:** Im Rahmen ihrer Ausgründungsinitiative hat die Helmholtz-Gemeinschaft das Förderprogramm „EEF II“ zur Erleichterung von Existenzgründungen aus Forschungseinrichtungen aufgelegt. Anträge werden durch einen externen Gutachterkreis bewertet. Im ersten Jahr wurden zehn Anträge eingereicht, in 2006 stiegen die Antragszahlen deutlich an. Die Möglichkeit einer Wiedereinreichung nach Überarbeitung und das Coaching durch ein Vorbegutachtungsgremium bewähren sich.

## DIE MITGLIEDER DER HELMHOLTZ-GEMEINSCHAFT



**Alfred-Wegener-Institut für  
Polar- und Meeresforschung**  
Columbusstraße, 27568 Bremerhaven  
Telefon 0471-4831-0, Telefax 0471-4831-1149  
E-Mail [awi-pr@awi-bremerhaven.de](mailto:awi-pr@awi-bremerhaven.de)  
[www.awi-bremerhaven.de](http://www.awi-bremerhaven.de)



**Deutsches Elektronen-Synchrotron**  
Notkestraße 85, 22607 Hamburg  
Telefon 040-8998-0, Telefax 040-8998-3282  
E-Mail [desyinfo@desy.de](mailto:desyinfo@desy.de), [www.desy.de](http://www.desy.de)



**Deutsches Krebsforschungszentrum**  
Im Neuenheimer Feld 280, 69120 Heidelberg  
Telefon 06221-42-0, Telefax 06221-42-2995  
E-Mail [pressestelle@dkfz.de](mailto:pressestelle@dkfz.de), [www.dkfz.de](http://www.dkfz.de)



**Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt**  
Linder Höhe (Porz-Wahnheide), 51147 Köln  
Telefon 02203-601-0, Telefax 02203-67310  
E-Mail [pressestelle@dlr.de](mailto:pressestelle@dlr.de), [www.dlr.de](http://www.dlr.de)



**Forschungszentrum Jülich**  
Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich  
Telefon 02461-61-0, Telefax 02461-61-8100  
E-Mail [info@fz-juelich.de](mailto:info@fz-juelich.de), [www.fz-juelich.de](http://www.fz-juelich.de)



**Forschungszentrum Karlsruhe**  
Hermann von Helmholtz-Platz 1  
76344 Eggenstein-Leopoldshafen,  
Telefon 07247-82-0, Telefax 07247-82-5070  
E-Mail [info@fzk.de](mailto:info@fzk.de), [www.fzk.de](http://www.fzk.de)



**GeoForschungsZentrum Potsdam**  
Telegrafenberg, 14473 Potsdam  
Telefon 0331-288-0, Telefax 0331-288-1600  
E-Mail [presse@gfz-potsdam.de](mailto:presse@gfz-potsdam.de), [www.gfz-potsdam.de](http://www.gfz-potsdam.de)



**GKSS-Forschungszentrum Geesthacht**  
Max-Planck-Straße 1, 21502 Geesthacht  
Telefon 04152-87-0, Telefax 04152-87-1403  
E-Mail [presse@gkss.de](mailto:presse@gkss.de), [www.gkss.de](http://www.gkss.de)



**GSF-Forschungszentrum  
für Umwelt und Gesundheit**  
Ingolstädter Landstraße 1, 85764 Neuherberg  
Telefon 089-3187-0, Telefax 089-3187-3322  
E-Mail [oea@gsf.de](mailto:oea@gsf.de), [www.gsf.de](http://www.gsf.de)



**Gesellschaft für Schwerionenforschung**  
Planckstraße 1, 64291 Darmstadt  
Telefon 06159-71-0, Telefax 06159-71-2785  
E-Mail [info@gsi.de](mailto:info@gsi.de), [www.gsi.de](http://www.gsi.de)



#### **Hahn-Meitner-Institut Berlin**

Glienicker Straße 100, 14109 Berlin  
Telefon 030-8062-0, Telefax 030-8062-2181  
E-Mail [info@hmi.de](mailto:info@hmi.de), [www.hmi.de](http://www.hmi.de)



#### **Helmholtz-Zentrum für Infektionsforschung**

Inhoffenstraße 7, 38124 Braunschweig  
Telefon 0531-6181-0, Telefax 0531-6181-515  
E-Mail [info@helmholtz-hzi.de](mailto:info@helmholtz-hzi.de), [www.helmholtz-hzi.de](http://www.helmholtz-hzi.de)



#### **Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (assoziiertes Mitglied)**

Boltzmannstraße 2, 85748 Garching  
Telefon 089-3299-01, Telefax 089-3299-2200  
E-Mail [info@ipp.mpg.de](mailto:info@ipp.mpg.de), [www.ipp.mpg.de](http://www.ipp.mpg.de)



#### **Max-Delbrück-Centrum für Molekulare Medizin Berlin-Buch**

Robert-Rössle-Straße 10, 13125 Berlin-Buch  
Telefon 030-9406-0, Telefax 030-949-4161  
E-Mail [presse@mdc-berlin.de](mailto:presse@mdc-berlin.de), [www.mdc-berlin.de](http://www.mdc-berlin.de)



#### **UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle**

Permoserstraße 15, 04318 Leipzig  
Telefon 0341-235-0, Telefax 0341-235-2791  
E-Mail [info@gf.ufz.de](mailto:info@gf.ufz.de), [www.ufz.de](http://www.ufz.de)

## IMPRESSUM

#### **Herausgeber**

Hermann von Helmholtz-Gemeinschaft  
Deutscher Forschungszentren e.V.  
SpreePalais am Dom  
Anna-Louisa-Karsch-Straße 2, 10178 Berlin  
Telefon 030-206329-0, Telefax 030-206329-60  
E-Mail [info@helmholtz.de](mailto:info@helmholtz.de), [www.helmholtz.de](http://www.helmholtz.de)

#### **Sitz der Helmholtz-Gemeinschaft**

Im Wissenschaftszentrum  
Ahrstraße 45, 53175 Bonn  
Telefon 0228-30818-21, Telefax 0228-30818-40

#### **Redaktion**

Dr. Antonia Rötger  
Thomas Gazlig (V.i.S.d.P)

#### **Gestaltung**

noldt-design, Düsseldorf

#### **Druck**

Linsen Druckcenter GmbH, Kleve

#### **Bildnachweis**

Digital Vision (Titel, Seite 10, 46)  
Stockbyte (Seite 72)

Berlin 2006

[www.helmholtz.de](http://www.helmholtz.de)

**Sitz der Helmholtz-Gemeinschaft**

Im Wissenschaftszentrum  
Ahrstraße 45, 53175 Bonn