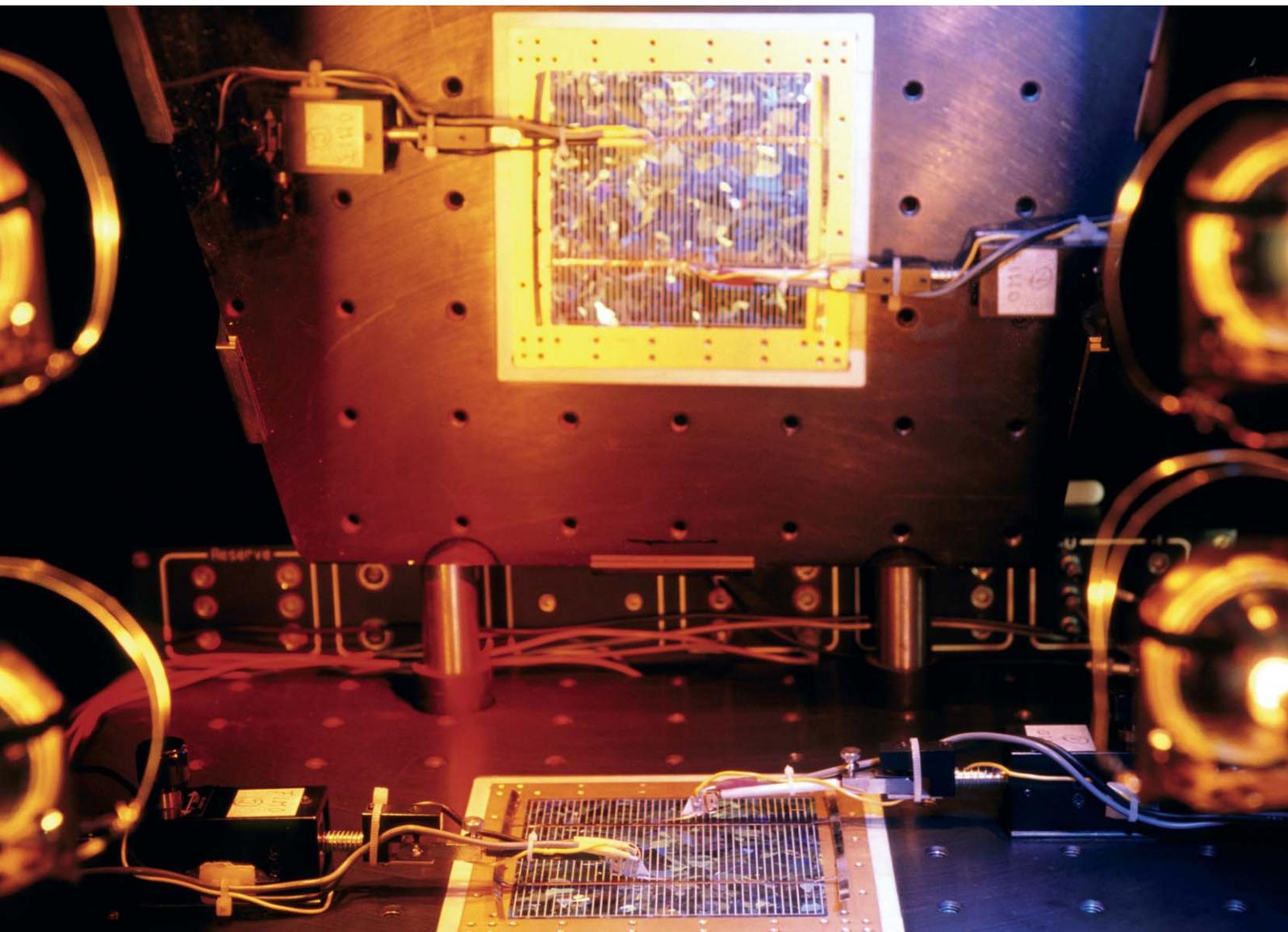




Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Grundlagenforschung Energie 2020+

Die Förderung der Energieforschung durch das
Bundesministerium für Bildung und Forschung



FORSCHUNG

Ideen zünden!

Impressum

Herausgeber

Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)
Referat Öffentlichkeitsarbeit
11055 Berlin

Bestellungen

schriftlich an den Herausgeber
Postfach 30 02 35
53182 Bonn
oder per
Tel.: 01805 - 262 302 (0,14 Euro/Min. aus dem deutschen Festnetz)
Fax: 01805 - 262 303
E-Mail: books@bmbf.bund.de
Internet: <http://www.bmbf.de>

Redaktion

Dr. Tanja Bauschlicher,
Projektträger Jülich

Gestaltung

Projektträger Jülich

Druckerei

Medienhaus Plump, Rheinbreitbach

Bonn, Berlin 2008

Gedruckt auf Recyclingpapier



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Grundlagenforschung Energie 2020+

**Die Förderung der Energieforschung durch das
Bundesministerium für Bildung und Forschung**



Das weltweite Wirtschaftswachstum und die steigende Nachfrage nach Energie tragen maßgeblich zum Ausstoß klimaschädlicher Gase und zum Klimawandel bei. Um die Emission von Treibhausgasen in den nächsten Jahrzehnten um fast die Hälfte zu reduzieren, hat die Bundesregierung im August 2007 eine Strategie für mehr Energieeffizienz und den weiteren Ausbau der Erneuerbaren Energien auf den Weg gebracht. Dabei sollen Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit gewährleistet bleiben.

Dafür müssen wir die Energieforschung stärken. Denn gerade leistungsfähige Technologien für mehr Energieeffizienz und Technologien für den wettbewerbsfähigen Einsatz von Erneuerbaren Energien leisten hier einen wichtigen Beitrag. Grundlagenforschung auf hohem Niveau ist unverzichtbar.

Das vorliegende Förderkonzept soll in enger Zusammenarbeit mit den von der Bundesregierung geförderten Forschungseinrichtungen Entwicklungen vorantreiben, die auf Produkte und Dienstleistungen für die Märkte von morgen und übermorgen zielen. Grundlagen- und praxisorientierte Ansätze sollen hierbei zusammengebracht und die Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft weiter gefördert werden.

Diese Broschüre stellt die Projektförderung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung und deren Einbettung in bestehende und geplante Aktivitäten in den institutionell geförderten Forschungseinrichtungen vor. Denn wir müssen heute vorsorgen für unsere Zukunft und die Zukunft nachwachsender Generationen.

A handwritten signature in black ink, which reads "Annette Schavan". The signature is written in a cursive, flowing style.

Dr. Annette Schavan, MdB
Bundesministerin für Bildung und Forschung

Inhalt

| | |
|--|----|
| Executive Summary | 6 |
| Strategische Ziele | 8 |
| Ausgangslage | 10 |
| Schwerpunkte des Förderkonzepts | 12 |
| Solarenergienutzung der nächsten Generation | 14 |
| Photovoltaik | 14 |
| Biomimetische Wasserstoffherzeugung ... | 16 |
| Bioenergiekonversion | 17 |
| Effiziente Umwandlung und Nutzung von Energie | 18 |
| Nachhaltige CO ₂ -Speicherung und -Verwendung | 24 |
| Kernfusion | 26 |
| Nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung | 28 |
| Fördermittel | 30 |
| Internationale Zusammenarbeit | 32 |
| Instrumente zur Umsetzung des Konzepts | 34 |
| Anhang | 36 |
| Leitfaden für die Projektförderung | 36 |
| Liste der bereits veröffentlichten Förderbekanntmachungen | 37 |
| Liste von Ansprechpartnern | 38 |
| Bildnachweis | 39 |
| Abkürzungsverzeichnis | 40 |

Executive Summary

Grundlagenforschung Energie wichtiger Beitrag zum Klimaschutz

3 % des Bruttonationalproduktes für Forschung

Breiter interdisziplinärer Ansatz bei Forschungsarbeiten für mehr Energieeffizienz

Anteil Erneuerbarer Energien ausbauen

CO₂-Speicherung als ein wichtiges Element für die Kohlenutzung der Zukunft

Die Bundesregierung hat den Klimaschutz zu einem der wichtigsten Ziele für die nächsten Jahre erklärt. Sie hat auf nationaler und internationaler Ebene ehrgeizige Ziele definiert (bis zu 40 % Reduzierung von CO₂-Emissionen, Verdoppelung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 2020). Das vorliegende Förderkonzept konzentriert sich auf Bereiche der Energieforschung, in denen ganz neue technologische Optionen entwickelt werden sollen, die noch langwierige, grundlegende Forschungsarbeiten bis zur Anwendungsreife erfordern.

Mit dem Förderkonzept soll die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie in der Forschung vorangetrieben werden. Die Förderung soll energiebezogene Grundlagenforschung mit anwendungsorientierten Arbeiten zusammenbringen. Dafür sind auch strategische Allianzen zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und öffentlicher Hand ein geeignetes Instrument. Das BMBF will mit der Anhebung seiner Ausgaben für die Energieforschung eine Verstärkung des Mitteleinsatzes aus der Industrie induzieren.

Forschungsarbeiten, die Bedeutung für die hocheffiziente Energieerzeugung, -umwandlung, -speicherung, Endenergienutzung und den verlustarmen Energietransport haben, wird im Förderkonzept besondere Priorität eingeräumt. Hierzu gehören wichtige Entwicklungsarbeiten aus dem Bereich der Schlüsseltechnologien, z. B. aus der Werkstoffforschung, den optischen Technologien und modernen Informations- und Kommunikationstechnologien. Neben den technologischen Arbeiten werden auch Systemanalysen und Untersuchungen zum Verbraucherverhalten einbezogen.

Der Anteil erneuerbarer Energien an unserer Energieversorgung muss erhöht werden. Dazu sind Entwicklungen für die Technologien der nächsten Generation notwendig, insbesondere für die photovoltaische Solarstromerzeugung – Dünnschichtphotovoltaik und organische Photovoltaik –, für die Bioenergiekonversion, aber auch für die alternative solare, biomimetische Erzeugung von Wasserstoff. Ziel ist dabei, entscheidende Durchbrüche für die Erhöhung der Effizienz der Energieumwandlung und die Reduzierung der Kosten und des Herstellungsaufwandes zu erzielen.

Da die Kohle noch für Jahrzehnte eine wichtige Rolle für den Erhalt der Flexibilität und Diversität unserer Energieversorgung spielen wird, hat die Entwicklung von Technologien zur Abscheidung von CO₂ aus Kohlekraftwerken und die anschließende Speicherung strategische Bedeutung. Daher werden Forschungsarbeiten zur untertägigen Speicherung von CO₂ gefördert.

Fusionsforschung als langfristige Option für eine sichere Stromversorgung

Neben dem Klimaschutz ist die Versorgungssicherheit eines der energiepolitischen Ziele der Bundesregierung. Um diese langfristig sicherzustellen, müssen alle technologischen Optionen untersucht, entwickelt und vorangetrieben werden. Vor diesem Hintergrund erfolgt auch eine Förderung der Fusionsforschung. Die Kernfusion eröffnet über 2050 hinaus Möglichkeiten für eine sichere, CO₂-freie Stromerzeugung.

Kerntechnische Kompetenz sichern für den geordneten Ausstieg aus der Kernenergie

Die Stromerzeugung aus Kernenergie soll in Deutschland geordnet beendet werden. Bis zum Abschalten des letzten Kernkraftwerkes muss die Sicherheit auf dem jeweils neuesten Stand von Wissenschaft und Technik garantiert werden. Darüber hinaus ist kerntechnischer Sachverstand für den Rückbau der Anlagen und die sichere Entsorgung von radioaktivem Material notwendig.

Zusammenführen von institutioneller Förderung und Projektförderung

Das BMBF fördert Energieforschung bislang vor allem institutionell in den Forschungszentren der Helmholtz-Gemeinschaft. Die Helmholtz-Zentren bearbeiten Themen mit großer Komplexität, langen Entwicklungszeiten und hohen Erfolgsrisiken und verfügen über die dafür notwendigen technischen Versuchsanlagen, Infrastrukturen und Personalressourcen. Um diese Möglichkeiten noch besser zu nutzen, wird mit dem vorliegenden Förderkonzept die institutionelle Förderung stärker mit der Projektförderung des BMBF zusammengeführt und gebündelt.

Systemorientierter Ansatz für die Forschung

Für die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung sind nicht nur einzelne Technologieentwicklungen, sondern auch neue Gestaltungsansätze für Energiesysteme als Ganzes notwendig. Das Förderkonzept legt daher besonderes Gewicht auf systemorientierte Forschungsansätze, einschließlich energierelevanter sozioökonomischer Untersuchungen, und die Erarbeitung von umfassenden Optimierungskonzepten. Die Überführung von Forschungsergebnissen in Wirtschaft und Gesellschaft, die Akzeptanz für neue Technologien und das Verbraucherverhalten spielen dabei eine wichtige Rolle.

Nachwuchsförderung als wichtiges Instrument für den Erfolg der Energieforschung

Der Förderung junger Wissenschaftler und Wissenschaftlerinnen soll in diesem Konzept besondere Aufmerksamkeit eingeräumt werden. Zusätzlich zu Doktorandenstellen in Forschungsprojekten sollen daher spezielle Förderinstrumente zur Nachwuchsförderung angeboten werden, z. B. Graduiertenkollegs zu fest umrissenen Themen und der Aufbau von durch Postdoktoranden geleiteten Arbeitsgruppen.

Strategische Ziele

Energiepolitisches Ziel der Bundesregierung ist eine nachhaltige Energieversorgung, die den Kriterien Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit sowie Klima- und Umweltverträglichkeit Rechnung trägt.

Die EU-Kommission hat zum weltweiten Klimaschutz ehrgeizige Ziele benannt, die europaweit bis 2020 erreicht werden sollen. Diese sind: Reduzierung der Treibhausgase um 20 %, Erhöhung des Anteils von Erneuerbaren Energien an der Energieversorgung auf 20 % (10 % Anteil von Biokraftstoffen im Verkehr) und 20 % Reduzierung des Primärenergieverbrauchs. Die Bundesregierung hat sich noch ehrgeizigere Ziele gesetzt: Mit den Eckpunkten für ein „Integriertes Energie- und Klimaprogramm“ wurde ein Maßnahmenkatalog verabschiedet, mit dem bis 2020 die Treibhausgasemissionen um bis zu 40 % gegenüber 1990 reduziert werden sollen.

Das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung setzt den Rahmen für die unterschiedlichen von der Bundesregierung geförderten Energieforschungsschwer-

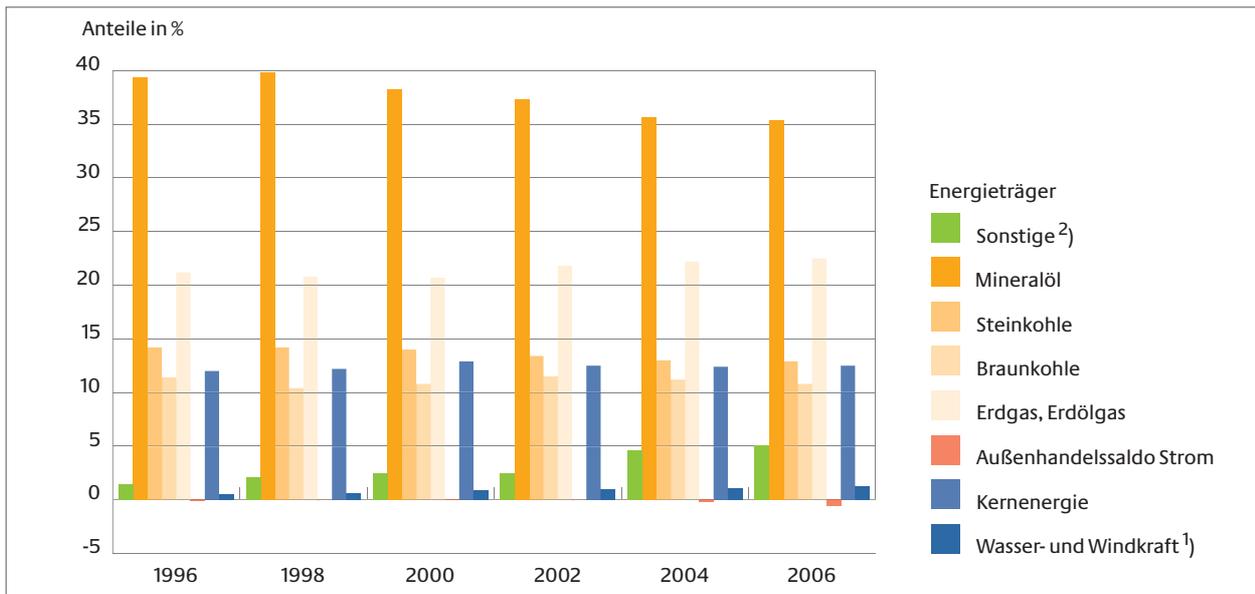
punkte. Ziel ist es vor allem, die Entwicklung von Technologien zu fördern, die

- einen Beitrag zur Erfüllung der energie- und klimapolitischen Ziele der Bundesregierung leisten können,
- die technologischen Optionen erweitern, so dass mehr Flexibilität für die Energieversorgung entsteht,
- generell die technologische Leistungsfähigkeit Deutschlands erhöhen.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung will mit seinem Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ Forschung initiieren, die zu einer Verdopplung der Energieproduktivität zwischen 1990 und 2020 beiträgt, die sich die Bundesregierung zum Ziel gesetzt hat. Daher konzentriert sich das Förderkonzept auf die Bereiche der Energieforschung, in denen durch grundlegende, langfristig angelegte Forschungsarbeiten neue technologische Optionen entwickelt werden. Dazu sollen auch neueste theoretische Erkenntnisse aus der mathematischen Modellierung sowie der physikalischen und chemischen Grundlagenforschung auf technologische Probleme der Energietechnik übertragen werden.

Neben Mais (Foto) zählen auch Roggen, Futterrüben und Grünland-Aufwuchs zu den Biogaspflanzen





Primärenergieverbrauch nach Energieträgern in Deutschland

¹⁾ incl. Photovoltaik, ²⁾ u.a. Brennholz, Brenntorf, Klärschlamm, Müll, sonstige Gase

Ein weiterer Aspekt, den das Förderkonzept aufgreift, ist die Entwicklung von Technologien, die zu einer Reduzierung klimaschädlicher Gase führen. Hierzu gehören Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Solarenergienutzung der nächsten Generation ebenso wie die energetische Nutzung der Biomasse und die biomimetische Wasserstoffherzeugung.

Durch die Bündelung seiner Forschungsaktivitäten im Bereich der Schlüsseltechnologien will das BMBF einen Innovationsschub in der Energieeffizienz erzeugen. Werkstoffforschung ebenso wie Entwicklungsarbeiten zu optischen Technologien und Erkenntnisse der modernen Informations- und Kommunikationstechnologien sollen gezielt für die hocheffiziente Energieerzeugung und -umwandlung und für die Energiespeicherung eingesetzt werden. Diese Schlüsseltechnologien können einen wichtigen Beitrag zu einem verlustarmen Energietransport leisten.

Für die Realisierung einer nachhaltigen Energieversorgung reicht es nicht aus, einzelne Technologien weiter zu entwickeln, sondern es müssen ganze Energiesysteme oder Wirkungsketten betrachtet werden. Daher sind systemorientierte Forschungsansätze besonders notwendig. Dazu gehören auch sozioökonomische Untersuchungen und die Erarbeitung von umfassenden Optimierungskonzepten.

Ein weiteres Ziel des Förderkonzepts ist es, die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie voranzutreiben, um damit neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft schneller für die Energieforschung und -technologie nutzbar zu machen. Dazu sind auch strategische Allianzen zwischen Wissenschaft, Industrie und öffentlicher Hand geeignete Instrumente. Das BMBF setzt darauf, dass die Erhöhung seiner Ausgaben für die Energieforschung zu einer Initialzündung für mehr Mittel aus der Wirtschaft wird.

Zu einer nachhaltigen Energieversorgung gehört, dass alle Optionen für eine Energieversorgung der Zukunft berücksichtigt werden. Das BMBF wird daher durch eine gezielte Projektförderung dazu beitragen, die führende Rolle der deutschen Forschungsinstitute in der Fusionsforschung in Europa nicht nur zu erhalten, sondern noch weiter auszubauen.

Generell gilt, dass eine stärkere Vernetzung nicht nur zwischen Wissenschaft und Wirtschaft erreicht werden soll, sondern auch zwischen der institutionellen Förderung der Energieforschung und der Projektförderung des BMBF.

Ausgangslage

Im 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

ist das BMBF durch die institutionelle Förderung des Forschungsbereichs „Energie“ der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF) sowie die Fördermaßnahme „Netzwerke Grundlagenforschung für erneuerbare Energien und rationelle Energieanwendung“ beteiligt. Die Federführung für die Energiepolitik und für das 5. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung liegt beim Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi).

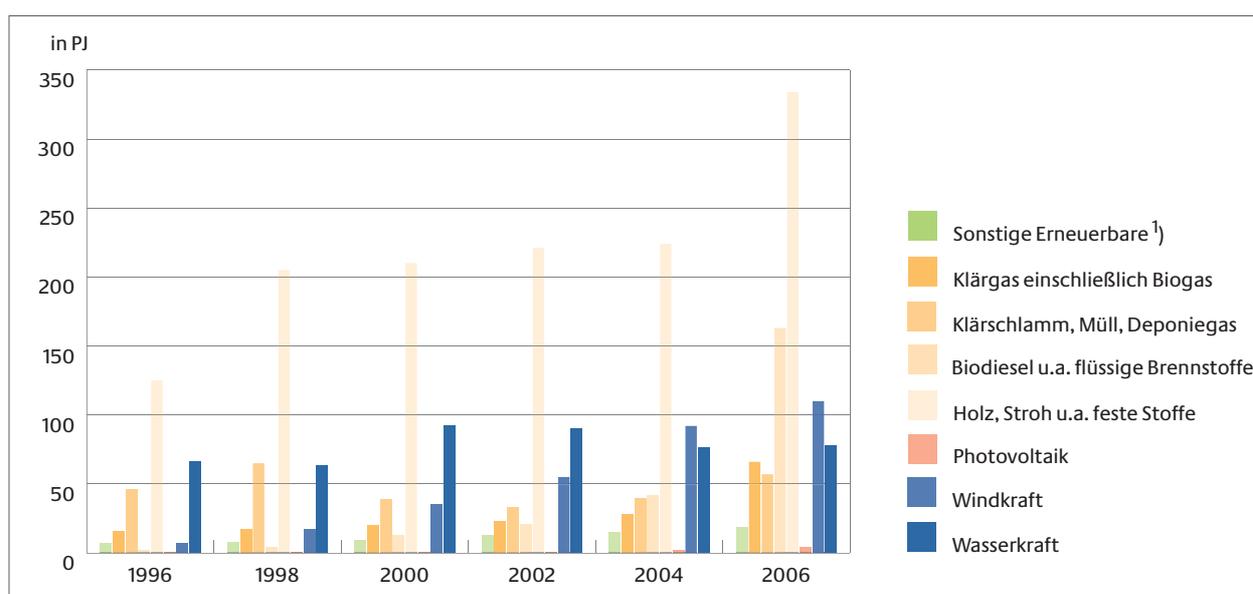
Energieforschung wird in Deutschland in vielen Institutionen – öffentlichen und privaten – sowie in der Wirtschaft durchgeführt. Die institutionell geförderte Energieforschung und -technologieentwicklung konzentriert sich in den Forschungszentren der Helmholtz Gemeinschaft.

Dort werden die Bereiche

- Dünnschichtphotovoltaik,
- Solar- und Geothermie,
- Biomasseprozessierung,
- Kraftwerkstechnik,
- Brennstoffzellentechnologie,
- Fusionsforschung,
- nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung

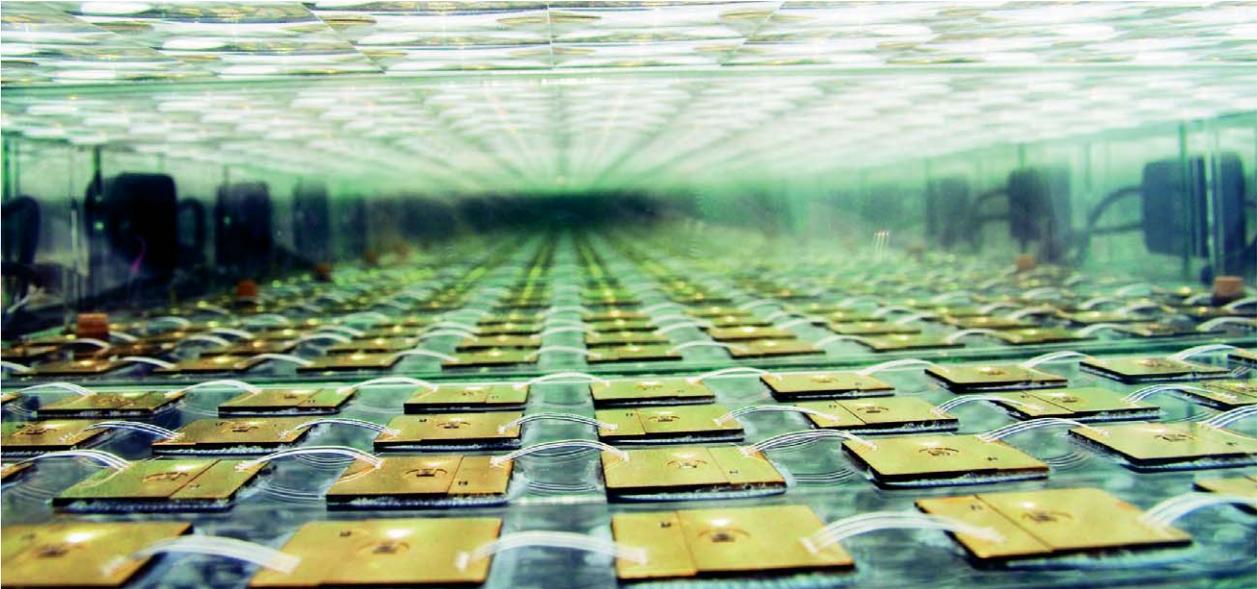
bearbeitet. Die Helmholtz-Zentren bearbeiten entsprechend ihrer Mission Themen mit großer Komplexität, langen Entwicklungszeiten und hohen Erfolgsrisiken; sie verfügen über die notwendigen technischen Versuchsanlagen, Infrastrukturen und Personalressourcen.

Die Grundlagenforschung in den Bereichen Mathematik, Physik, Chemie, Biologie und Entwicklungen in den Schlüsseltechnologien sind die Voraussetzung für innovative Tech-



Beitrag erneuerbarer Energien zum Primärenergieverbrauch - in PJ

¹⁾ Solarthermie, Geothermie, Wärmepumpen



Sonnenlicht wird auf die hocheffizienten III-V-Mehrfachsolarzellen konzentriert

nologien, Verfahren und Dienstleistungen des Energiesystems der Zukunft. Das Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ wird die Förderung von Forschungsverbänden, wie sie das BMBF bisher in der Initiative „Netzwerke Grundlagenforschung erneuerbare Energien und rationelle Energieanwendung“ geleistet hat, fortsetzen, und in besonders innovativen und zukunftssträchtigen Bereichen ausbauen. Besonderer Wert wird dabei auf eine enge Verbindung zwischen der Projektförderung und der institutionellen Förderung des Forschungsbereichs „Energie“ der Helmholtz-Gemeinschaft gelegt. Diese Aktivitäten sind Teil des 5. Ener-

gieforschungsprogramms der Bundesregierung. Bei der institutionellen Förderung werden bereits erste Aspekte der neuen ab 2010 geltenden Forschungspolitischen Vorgaben berücksichtigt.

Darüber hinaus werden die energierelevanten Forschungsaktivitäten in den Schlüsseltechnologien, die nicht Teil des Energieforschungsprogramms sind, sondern in anderen Fachprogrammen gefördert werden, mit einbezogen. Durch diese Bündelung der Forschungsaktivitäten im Bereich der Schlüsseltechnologien soll ein Innovationsschub in der Energieeffizienz erreicht werden.

Zuständigkeit der betroffenen Bundesressorts für die Energieforschung

- Das BMWi hat die Federführung für die programmatische Ausrichtung der Energieforschungspolitik (sogenannte „Programmzuständigkeit“). Es ist außerdem zuständig für die Projektförderung in den Bereichen nichtnukleare Energieforschung (ohne erneuerbare Energien), rationelle Energieumwandlung, nukleare Sicherheit und Endlager.
- Das BMU ist zuständig für die Projektförderung im Bereich erneuerbare Energien (ohne Bioenergie).
- Das BMELV ist zuständig für die Projektförderung im Bereich Bioenergie.
- Das BMVBS ist zuständig für die Projektförderung im Bereich Transport und in Teilen für den Bereich Bauen und Wohnen. Diese Förderaktivitäten sind jedoch nicht Bestandteil des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung.
- Das BMBF ist zuständig für die institutionelle Förderung der Energieforschung (vor allem HGF) sowie für die Grundlagen- und Vorsorgeforschung. Die Zuständigkeit des BMBF erstreckt sich dabei auf alle Themenbereiche; allerdings sollte die geförderte Forschung grundlagenorientiert sein. Von besonderem Gewicht ist dabei die Vernetzung mit anderen Forschungsbereichen wie z. B. Materialforschung, Nanotechnologie, Lasertechnologie, Mikrosystemtechnik, Nachhaltigkeit.

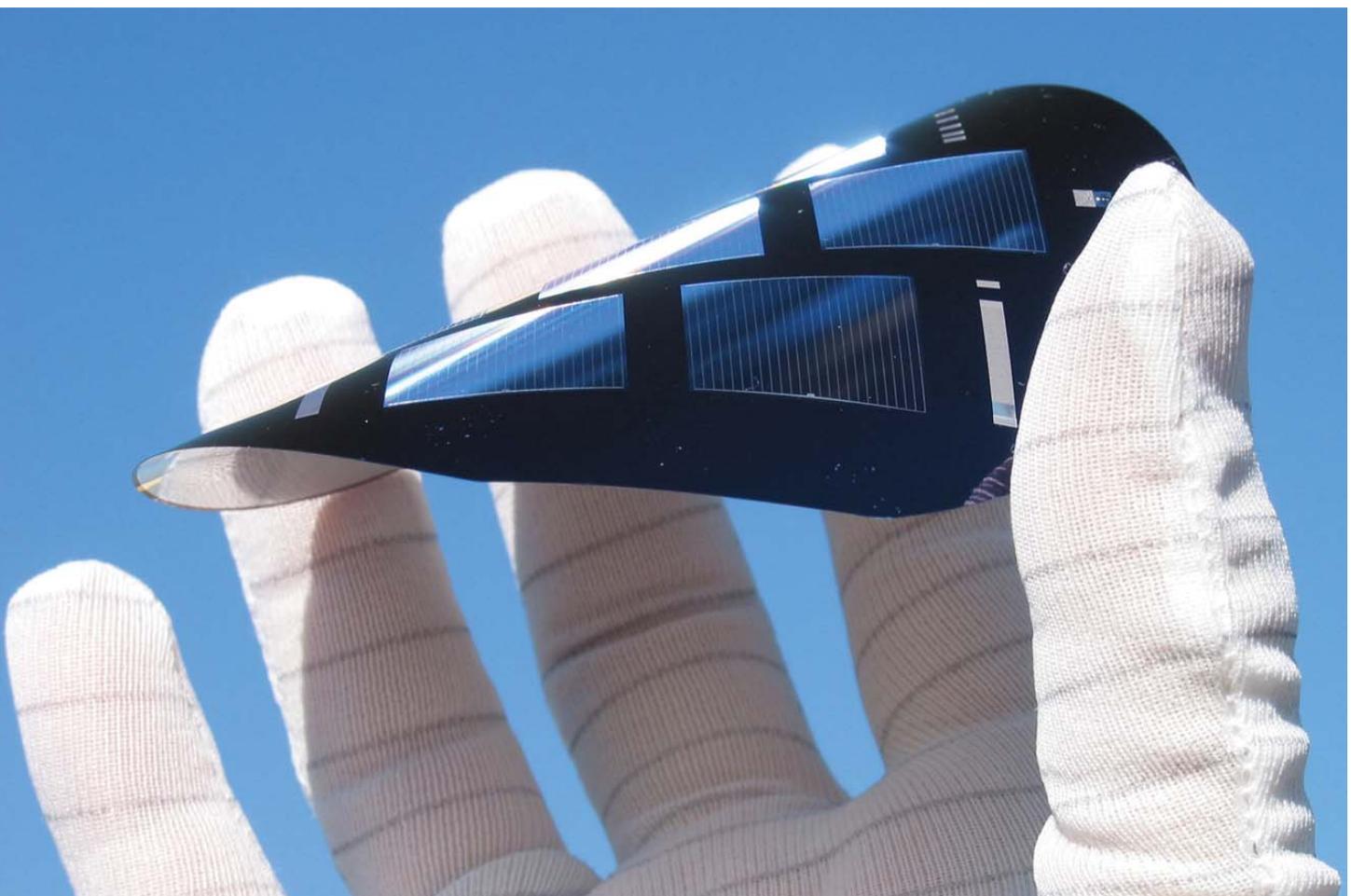
Schwerpunkte des Förderkonzepts

Mit dem Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ will das BMBF Forschungsarbeiten zur effizienten Energieerzeugung und -umwandlung, einschließlich der Energiespeicherung, des Energietransports und der Endenergienutzung, sowie zur Reduzierung von Treibhausgasen unterstützen.

Im Sinne der o. g. strategischen Ziele sollen unter dem Aspekt der Reduzierung klimaschädlicher Gase folgende Themen unterstützt werden:

- Solarenergienutzung der nächsten Generation, insbesondere Photovoltaik und biomimetische Wasserstofferzeugung,
- Bioenergieerzeugung und -konversion,
- Nachhaltige CO₂-Speicherung und -Verwendung.

Biegsamer Wafer aus Silizium mit Testsolarzellen



| Beitrag der Förderschwerpunkte zu energiepolitischen Zielen | |
|--|--|
| Ziele | Schwerpunkte |
| <p><i>Übergeordnete Ziele:</i> Klima- und Umweltverträglichkeit, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit</p> | <p>Alle aufgelisteten Schwerpunkte leisten einen Beitrag</p> |
| <p><i>Spezielle Ziele:</i> Erhöhung der Energieeffizienz</p> | <p>Weiterentwicklung der Kraftwerkstechnik, Brennstoffzellenentwicklung, Arbeiten zur Supraleitung, Erhöhung der Energieeffizienz im Gebäude unter Einschluss von Werkstoffforschung, optische Technologien, Technologien im Informations- und Kommunikationsbereich, energieeffiziente Produktionstechnologien, systemanalytische Untersuchungen, Untersuchungen zum Verbraucherverhalten</p> |
| <p>Höherer Anteil erneuerbarer Energien an der Energieversorgung</p> | <p>Entwicklungen im Bereich der Solarenergie – einschließlich Dünnschichtphotovoltaik, organische Photovoltaik, Bioenergiekonversion, biomimetische Wasserstofferzeugung</p> |
| <p>Neue technologische Optionen, Flexibilität und Diversität der Energieversorgung</p> | <p>Nachhaltige CO₂-Speicherung und -verwendung, Fusionsforschung, Kompetenzerhalt bei der Kernenergie im Bereich Sicherheit und Endlagerung radioaktiver Abfälle</p> |

FuE-Arbeiten zur Energieeffizienz werden in folgenden Bereichen durchgeführt :

- Energieeffizienz in den Endverbrauchssektoren Gebäude, Industrie, Dienstleistungen, einschließlich systemanalytischer Untersuchungen.

Dem Ziel, technologische Optionen zu erhalten und weiter auszubauen, dienen gezielte Forschungsarbeiten im Bereich:

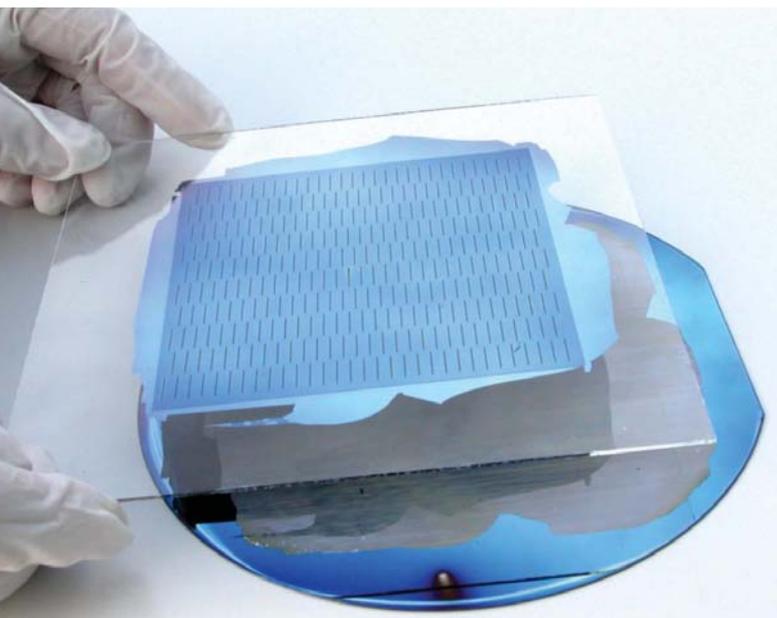
- Fusionsforschung, insbesondere unterstützende Maßnahmen zu ITER,

- nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung, insbesondere zum Kompetenzerhalt.

Eine Ausweitung der Förderthemen, z. B. im Zusammenhang mit dem Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie der Bundesregierung oder weiteren innovativen Forschungsansätzen z. B. zur CO₂-freien Strom- und Wärmeerzeugung, ist möglich.

Die Förderung des BMBF soll Themen umfassen, die auf eine mittel- und langfristige Anwendung zielen, und v. a. grundlegende Forschungsaspekte aufgreifen. Sie erfolgt in Ergänzung zu und in enger Abstimmung mit der anwendungsorientierten Projektförderung des BMWi, BMU und BMELV.

Solarenergienutzung der nächsten Generation ¹⁾



Ablösung eines hauchdünnen Solarmoduls vom Silizium-Substrat

Mit Produktionskapazitäten im Gigawatt-Bereich setzt die Photovoltaikindustrie pro Jahr ca. 10 Mrd € um. In der Fachwelt wird die Photovoltaik heute als eine Technologie zur CO₂-freien Stromerzeugung aus Sonnenlicht mit nahezu unbegrenztem Ausbaupotenzial für die Zukunft angesehen. So geht z. B. die Prognose der European Photovoltaic Industry Association (EPIA) von einer etwa 10 %-igen Deckung des weltweiten Strombedarfs durch Solartechniken bis zum Jahr 2020 aus. Voraussetzung hierfür ist aber, dass sich die technische Entwicklung hin zu Solarzellen mit deutlich höheren Wirkungsgraden und signifikant niedrigeren Herstellungskosten fortsetzt. Dies ist nur mit Hilfe erheblicher grundlegender Forschungsanstrengungen zu erreichen. Hier setzt die BMBF-Förderung in Ergänzung und in enger Abstimmung mit der anwendungsorientierten Projektförderung des BMU an. ²⁾

¹⁾ S. auch Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld „Organische Photovoltaik“ im Rahmen der Förderprogramme „Optische Technologien“, „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ und „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (Stichtag 14. Oktober 2007) sowie Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld „Solarenergietechnik der nächsten Generation“ im Rahmen des Förderprogramms „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (Stichtag 31. Oktober 2007) auf www.bmbf.de

²⁾ Förderbekanntmachungen des BMU unter www.erneuerbare-energien.de

³⁾ Amorphes / mikrokristallines Silizium, polykristallines Cadmium-Tellurid (CdTe) und CIS-Materialien (kupferhaltige Chalkopyrit-Materialien)

Photovoltaik

Angesichts der verschiedenen viel versprechenden Entwicklungen im Bereich der kristallinen und der Dünnschichtsolarzellen ist es für eine Entscheidung zugunsten einer bestimmten Technologie zu früh. Da den hoch innovativen Techniklinien im Dünnschichtbereich noch große Entwicklungspotenziale, auch im Hinblick auf großflächige Anwendungen, zugesprochen werden, wird ihnen im Rahmen der BMBF-Förderung besondere Priorität eingeräumt.

Dünnschichtmodule aller drei anorganischen Halbleitermaterialklassen³⁾ befinden sich bereits in der Serienfertigung. Am Weltmarkt der Photovoltaik haben die Dünnschichttechniken heute insgesamt zwar nur einen Anteil von 5 %, aber EPIA schätzt aufgrund des rasanten Wachstums den Anteil der Dünnschichtzellen für das Jahr 2010 auf 20 % ein, wobei ein globales Marktwachstum aller Photovoltaiktechniken von jährlich 30 % angenommen wird. Voraussetzung hierfür ist eine signifikante Verbesserung von technischen und wirtschaftlichen Parametern.

Eine Sonderstellung im Bereich der Dünnschichtphotovoltaik nehmen die organischen Solarzellen ein. Sie erfüllen derzeit zwar weder in Bezug auf Wirkungsgrad noch auf Lebensdauer die Anforderungen für den Einsatz in der Energieversorgung. Die Weiterentwicklung organischer Solarzellen wird jedoch von entscheidender Bedeutung für den weiten Einsatz der Solarenergie sein, da die organischen Halbleiter neben Silizium die einzigen quasi unerschöpflichen Rohstoffe für eine alternative Photovoltaik-Dünnschichttechnologie darstellen. Darüber hinaus besitzen sie auf Grund ihrer Materialeigenschaften, der Transparenz und des niedrigen Herstell-Energiebedarfs, attraktive Vorteile.

Forschung in den vom BMBF geförderten Institutionen

Die vom BMBF institutionell geförderten Forschungseinrichtungen Hahn-Meitner-Institut Berlin (HMI) und Forschungs-

zentrum Jülich (FZJ), beide sind Mitglieder der Helmholtz-Gemeinschaft, und das Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE) befassen sich mit einem breiten Spektrum von Fragestellungen zu photovoltaischen Bauelementen und Modulen.

Innerhalb des Helmholtz-Programms „Erneuerbare Energien“ liegen die Arbeitsschwerpunkte des HMI auf Dünnschichtsolarzellen aus polykristallinen Verbindungshalbleitern und auf der Erschließung des Potenzials dieser Materialklasse. Außerdem werden neue Dünnschicht-Konzepte auf der Basis von Silizium und silizium-basierten Heterostrukturen untersucht. Dazu kommen neue photovoltaische

Wirkprinzipien und Solarzellenkonzepte mit nanostrukturierten Materialien aus anorganischen und organischen Verbindungen und hybriden Kombinationen. Das Forschungsspektrum des HMI zeichnet sich insbesondere durch hoch spezialisierte Analyseverfahren inklusive der Nutzung der Großgeräte BER II und BESSY II aus.

Das Arbeitsprogramm des Instituts für Photovoltaik im FZJ konzentriert sich auf Dünnschichtsolarzellen auf der Basis von Silizium und seinen Legierungen in amorpher und mikrokristalliner Form. Ziel sind preisgünstige Photovoltaikmodule mit hohem Wirkungsgrad.

Projektförderung des BMBF

Die Projektförderung des BMBF will die aufgezeigten Entwicklungen in wenigen Bereichen gezielt ergänzen. Dazu gehört u.a., dass die heutigen Produktionsmethoden im Bereich der Dünnschichtzellen mit dem Ziel der Kostenreduktion überprüft werden. Im Hinblick auf den Wirkungsgrad erreichen großflächige Dünnschichtmodule mit Werten unter 15 % bislang noch nicht die Hälfte des thermodynamisch erreichbaren Grenzwertes einfacher Solarzellen.

Für die organischen Solarzellen ist der Abstand zur etablierten Technologie noch wesentlich größer. Im Rahmen einer strategischen Partnerschaft mit der Industrie zur Organischen Photovoltaik unterstützt das BMBF diese Zukunftstechnologie, um diese schneller in die Praxis zu überführen. Diese Fördermaßnahme verknüpft die Bereiche Grundlagenforschung, anwendungsorientierte Materialforschung und -entwicklung sowie Prozesstechnik und bauelementespezifische Entwicklungen. Es werden dabei auch Möglichkeiten zur Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses von OPV-Zellen, die durch Steigerung von Effizienz, Ausbeute, Durchsatz und Stabilität der OPV-Komponenten entstehen, untersucht. Möglichkeiten zur Verbesserung des Preis-Leistungs-Verhältnisses von DS-Zellen liegen in der Verbesserung von Effizienz, Ausbeute, Durchsatz und Stabilität.

Wichtige Ansätze hierfür liegen zum Beispiel im Bereich von

- leistungsfähigeren anorganischen und organischen Materialien sowie Solarzellenstrukturen, einschließlich Hybridstrukturen,
- neuen experimentellen und theoretischen Methoden zur Struktur- und Funktionsanalyse von Materialien und Bauelementen,
- Übertragung komplexer Strukturen mit Materialsystemen aus anderen Themenfeldern der Materialforschung,
- begleitender Modellierung und Simulation von Vorgängen in photovoltaischen Materialstrukturen.

Der Einsatz von Dünnschichtsolarzellen aus Verbindungshalbleitern und aus amorphem sowie mikrokristallinem Silizium in der Energieversorgung soll verstärkt werden. Dies kann durch eine wesentliche Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Solarzellen oder eine deutliche Reduzierung ihrer Herstellungskosten erreicht werden. Gefördert werden sollen daher auch Forschungsarbeiten, die entweder der Klärung entscheidender wissenschaftlicher Fragen bei den bekannten Dünnschichtsolarzellen-Typen dienen oder Ansätze für völlig neuartige Dünnschichtsolarzellen eröffnen.

Das Fraunhofer ISE erforscht ein breites Feld von photovoltaischen Materialien und Solarzellenkonzepten. Ein wichtiger Schwerpunkt sind wafer-basierte Silizium-Solarzellen. Darüber hinaus erbringt das ISE Dienstleistungen bei der Charakterisierung von Solarzellen, dem Material für Solarzellen sowie der Modellierung und der Entwicklung von Instrumenten für die Forschung. Im Bereich photovoltaischer Module bezieht sich die Entwicklung und Beratung auf Leistungsmessung, Alterung und Gebrauchsdauerabschätzung geräteintegrierter Solarmodule.

In Ergänzung zu der anwendungsorientierten Projektförderung des BMU zielt die Projektförderung des BMBF

- auf die systematische Materialforschung, Bauelement- und Verfahrensentwicklung, deren technologische Verwertung mittel- bis langfristig angestrebt wird,
- auf die Grundlagenforschung, die visionär über bestehende oder bereits in Entwicklung befindliche Photovoltaiktechnologien hinausgeht und völlig neue potenzielle Photovoltaik-Materialien und Materialsysteme erforscht.

Biomimetische Wasserstofferzeugung

Wasserstoff ist der wichtigste Brennstoff für den Betrieb von Brennstoffzellen. Die Herstellung dieses Brennstoffes auf den bisher praktizierten elektrolytischen oder katalytischen Wegen ist nur in Ausnahmefällen wirtschaftlich sinnvoll. Biophotokatalytische Prozesse oder Photokatalysatoren für die Energietechnik stehen am Anfang ihrer – ohne Zweifel viel versprechenden – Entwicklung. Aus den Kenntnissen der Photosynthese, welche die Natur selbst perfekt beherrscht, lassen sich zwei Varianten ableiten: Eine eher natürliche, biochemische und eine eher künstliche, (bio)anorganische Photosynthese. In beiden Varianten spielt die Umwandlung von Lichtenergie in chemische Energie die entscheidende Rolle, speziell die Erzeugung von Wasserstoff durch Licht.

In der natürlichen Photosynthese wird in Pflanzen primär zunächst Wasser in Sauerstoff und Protonen zerlegt. Letztere werden danach durch Enzyme in Wasserstoff umgewandelt. Die Technisierung dieser in der Natur ablaufenden Biosynthese ist einer der Hoffnungsträger für die zukünftige Wasserstoffproduktion.

Spezielle biochemische Vorgänge in Pflanzen können durch anorganische Substanzen nachgeahmt werden: Durch den Einsatz speziell zu entwickelnder Halbleiter kann Wasserstoff durch die Spaltung von Wasser mittels Licht erzeugt werden.

Die Untersuchung solcher und ähnlicher photobiochemischer oder (bio)anorganischer Prozesse zur Wasserstoffproduktion ist weltweit Gegenstand intensiver Forschung. Ließe sich die photosynthetische Spaltung in einem der beschriebenen Systeme effizient realisieren, stünde ein erneuerbarer, kohlendioxidfreier Energieträger zur Verfügung.

Projektförderung des BMBF

Die Projektförderung des BMBF konzentriert sich im Rahmen interdisziplinär angelegter Forschungsvorhaben auf die Nutzbarmachung der photobiologischen Wasserstofferzeugung; also auf die Überführung spezieller Prozesse der natürlichen Photosynthese in eine künstliche, zur effizienten Erzeugung des Energieträgers Wasserstoff aus Lichtenergie dienende Photosynthese. Die prinzipielle Umsetzbarkeit der Grundideen wurde bereits demonstriert. Alle Probleme, die im Zusammenhang mit der Überführung von Grundlagenwissen in Technikwissen zur Erzeugung von Wasserstoff stehen, sind Gegenstand der Förderung.

Eine enge Verknüpfung mit laufenden Aktivitäten zur systembiologischen Forschung des BMBF für ein besseres und umfassenderes Verständnis photosynthetischer Prozesse (z. B. GoFORSYS) wird angestrebt.

Bioenergiekonversion



Biomasse ist der bedeutendste regenerative Energieträger in Deutschland. Mit einem Primärenergieanteil von 3,3% (2005) stellt sie den höchsten Beitrag unter den erneuerbaren Energien, der sich aber auch noch weiter ausbauen lässt. So könnte, unter der Annahme einer zusätzlichen Fläche von 2 Mio. Hektar für den Anbau von Energiepflanzen, der Biomasseanteil am Endenergieverbrauch auf etwa 10 % gesteigert werden. Neben den landwirtschaftlichen Anbauverfahren für höhere Landpflanzen auf dem offenen Feld eröffnet die Massenkultivierung von Mikroorganismen (Algen) in geschlossenen verfahrenstechnischen Anlagen mit geringem Wasser- und Energiebedarf ganz neue Potenziale zur effizienten Biomasseproduktion. Diese Option ist allein schon wegen der hohen energetischen Effizienz für gekoppelte Strom- und Wärmenutzung, aber besonders auch wegen der günstigen CO₂-Bilanz von großem Interesse. Darüber hinaus gestattet die dezentrale Nutzung der Ressourcen und die breite Rohstoffbasis eine hohe Flexibilität.

Grundsätzlich sind zwei energetische Verwertungsmöglichkeiten von Biomasse zu unterscheiden:

- Die direkte energetische Verwertung in Verbrennungs- und Kraftwerksanlagen mit dem Ziel, Strom und Wärme zu gewinnen und dabei fossile Energieträger zu substituieren.

- Die indirekte energetische Verwertung durch Umwandlung in chemische Energieträger, z. B. Kraftstoffe, Biogas oder Wasserstoff.

Die Nutzung von Biomasse ist heute zwar bereits weit ausgebaut, dennoch ist es das Ziel, durch ausgewählte Forschung und Entwicklung die vorhandenen Verfahren zu optimieren, Verfahren miteinander zu verknüpfen (Kaskadennutzung) und neue Verfahren zu entwickeln, um die energetische Ausnutzung des begrenzt verfügbaren Rohstoffs Biomasse so effizient und nachhaltig wie möglich zu gestalten. Geschlossene Nährstoffkreisläufe, wie diese in „Zero-Waste“ Bioraffineriekonzepten angestrebt werden, bedingen eine integrative Erforschung und Entwicklung von optimierten Produktions- und Konversionssystemen. Technologische Prozesse werden mit Verfahren der grünen und weißen Biotechnologie kombiniert und tragen zur Wertsteigerung und Ressourcenschonung bei.

Forschung in den vom BMBF geförderten Institutionen

Forschungsaktivitäten zur Biomassenutzung werden vor allem im FZK verfolgt. Die Verwertung mittels chemisch-thermischer Verfahren wurde hier entscheidend vorangetrie-

ben. Der Aufbau von ganzheitlichen Prozessketten von der Pflanze bis hin zur stofflichen und energetischen Nutzung wurde erfolgreich dargestellt und gipfelt derzeit im Bau der so genannten BioLiq-Anlage, an deren Ende Produkte für den Kraftstoffbereich oder für chemische Grundstoffe gewonnen werden können. Parallel dazu werden die Arbeiten zur direkten energetischen Verwertung in zentralen oder dezentralen Anlagen weitergeführt.

Generelles Ziel der Forschung zur Biomassenutzung ist im FZK die Erhöhung der Ausbeute durch Effizienzsteigerung bei gleichzeitiger Minimierung der möglichen Umweltbelastungen. In diesem Zusammenhang ist auch das UFZ aktiv. Hier werden vor allem Forschungsarbeiten zum Thema der konkurrierenden Landnutzung verfolgt.

In naher Zukunft sollen in Kooperation mit Universitäten aber auch der Industrie folgende Themen bearbeitet werden:

- Molekulare Grundlagen der Biomasseerzeugung,
- Biomasseaufbereitung,
- Biomasseverwertung durch chemisch-thermische und biotechnologische Verfahren,
- Umweltauswirkungen, Systemanalyse und Technikfolgenabschätzung.

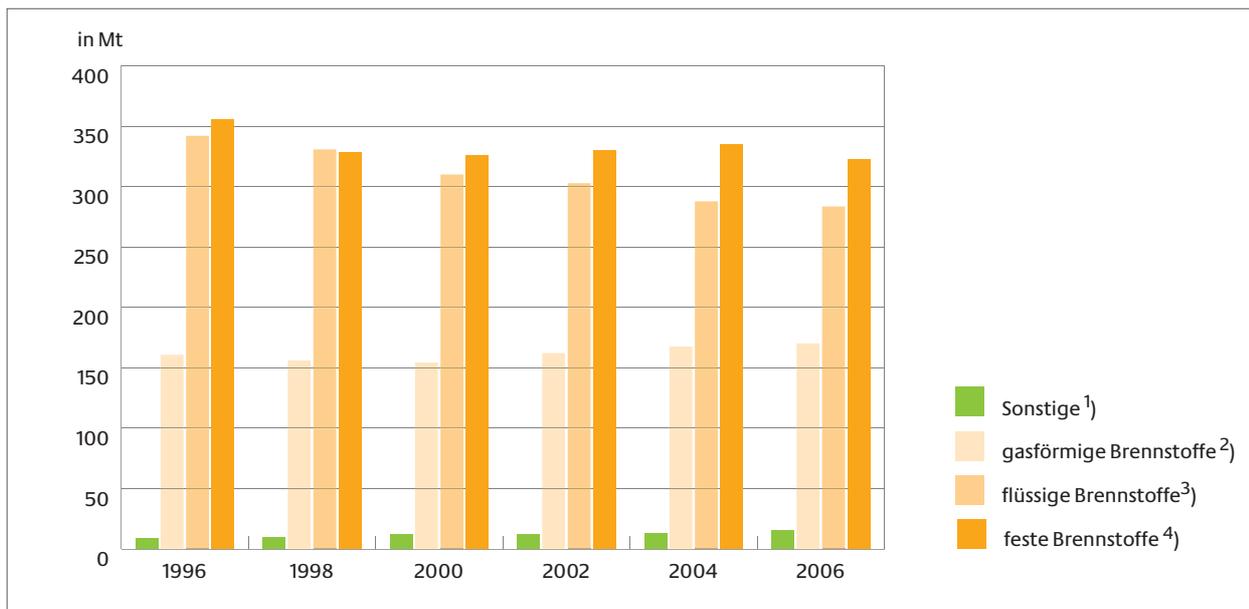
Projektförderung des BMBF

Sowohl die Erzeugung von Strom und Wärme, als auch die Erzeugung von Biokraftstoffen wird als Stand der Technik betrachtet. Dennoch gibt es einen Forschungsbedarf, zu dem von Seiten der Grundlagenforschung wichtige Beiträge erwartet werden. Hierbei geht es zum einen um die molekularbiologische Erforschung und nachfolgende Optimierung von Pflanzen für die Biomasseerzeugung (GABI FUTURE). Von zentraler Bedeutung ist zum anderen Grundlagenforschung mit Bezug zu den verschiedenen Konversionspfaden zur Nutzung der Biomasse. Als Konversionspfade werden die Vergasung fester Biomasse und die anaerobe Vergärung von Biomasse über Biogas zur kombinierten Erzeugung von Strom/Wärme bzw. Strom/Kraftstoff/Wärme betrachtet. Weitere Verfahren sind Extraktions-Prozesse z. B. zur Gewinnung pflanzlicher Öle.

Die Themenschwerpunkte behandeln den gesamten Prozess der Biomasseerzeugung bis hin zur Umwandlung in die gewünschte Endenergieform, und dienen der

- Erhöhung der Energieträger-Flexibilität,
- gezielten Erzeugung von Synthesegasen und Produktgasen sowie der Entwicklung neuartiger Biokraftstoffe (inklusive Kaskadennutzung),
- Entwicklung innovativer Gastrenn-, Gasreinigungs- bzw. Gaskonditionierungsverfahren,
- Entwicklung physikalischer und verfahrenstechnischer Grundlagen für neue Formen der elektrischen Energieerzeugung aus Biogasanlagen, auch mit Abwärmenutzung,
- Modellierung der gesamten stofflichen und energetischen Umwandlungskette, einschließlich des Austrags von Schadstoffen.

Effiziente Umwandlung und Nutzung von Energie



Energiebedingte CO₂-Emissionen nach Energieträgern in Deutschland

¹⁾ Einschließlich statistische Differenzen. ²⁾ Erdgas, Erdölgas und Grubengas, ³⁾ Einschließlich Flüssig- und Raffineriegas; ohne Flugtreibstoffverbrauch für den internationalen Luftverkehr (80 % des gesamten im Inland vertankten Treibstoffverbrauchs im Luftverkehr), ⁴⁾ Einschließlich Kokerei-, Stadt- und Brenngase, Hinweis: Differenzen zu den Werten in den anderen Tabellen aufgrund unterschiedlicher methodischer Berechnungsverfahren und Emissionsfaktoren.

Der Standard heute verfügbarer Energietechniken ist in Bezug auf die Energieeffizienz hoch. Die Entwicklungen und die hohe Expertise deutscher Wissenschaftler und Ingenieure im Bereich Energietechniken, die zur Energieeffizienz und zur Ressourcenschonung bei industriellen Prozessen beitragen, haben dazu geführt, dass ein prosperierender und weltweit agierender Wirtschaftsbereich entstanden ist. Dennoch kommen führende Studien zu dem Ergebnis, dass die bloße Weiterentwicklung und Verbreitung heute verfügbarer Energietechniken allein nicht ausreichen wird, um den Anforderungen internationaler Nachhaltigkeitsstrategien zum Beispiel im Rahmen des Kyoto-Protokolls oder weiter reichender Strategien zur Minderung von CO₂-Emissionen und zum Klimaschutz gerecht zu werden. Übereinstimmend werden auch für die Zukunft neuartige, unkonventionelle Ansätze gefordert, die auf der Basis neuester wissenschaftlich-technologischer Erkenntnisse einen Effizienzsprung bei der Umwandlung und Nutzung von Energie ermöglichen können.

Hier will das BMBF mit seiner Förderung ansetzen und parallel auf drei Aktivitätsfeldern die Forschung zur Energieeffizienz unterstützen:

- Grundlegende langfristig angelegte Forschung zur Energieeffizienz in der institutionellen Förderung,
- Projektförderung zur systemorientierten Energieeffizienzforschung,
- Forschungsansätze zu mehr Energieeffizienz in bestehenden Programmen der Förderbereiche „Schlüsseltechnologien“ und „Nachhaltigkeit“.

Energieeffizienz in der institutionellen Forschungsförderung

Am Helmholtz-Programm „Rationelle Energieumwandlung“ beteiligen sich vor allem die drei HGF-Zentren DLR, FZK und FZJ.

Die einzelnen Programmpunkte

- Kraftwerkstechnik (effiziente und umweltfreundliche Stromerzeugung),
- Brennstoffzellen (dezentrale und umweltfreundliche Stromerzeugung),

- Supraleitung (Reduzierung elektrischer Leitungsverluste im Netz),

zielen auf die Entwicklung neuer Technologien zur Stromerzeugung und zum Transport von elektrischer Energie ab.

Für die Zukunft wird angestrebt die Forschung in diesen Bereichen auszuweiten. Es geht dabei um neue Forschungs-

Projektförderung des BMBF zur systemorientierten Forschung für mehr Energieeffizienz.

In Ergänzung zu der anwendungsorientierten Projektförderung des BMWi will die Projektförderung des BMBF gezielt Forschung zur Erhöhung der Energieeffizienz vor allem bei der Energienutzung in Gebäuden, in der industriellen Produktion und bei Dienstleistungen unterstützen. Durch Grundlagenforschung soll ein wichtiger Beitrag zum Einsatz innovativer Komponenten, Verfahren, oder Auslegungsstrategien zur Erhöhung der Energieeffizienz geleistet werden. Dabei wird sowohl ein problemorientierter als auch ein grundlagenorientierter Ansatz verfolgt. So sollen bekannte technische Probleme, die sich heute als Hemmnis für den Einsatz einer Technik zur Energieeffizienzsteigerung erweisen, durch neue Ansätze der Grundlagenforschung beseitigt werden (technical pull). Darüber hinaus wird auch die Möglichkeit gegeben, im Rahmen von interdisziplinären Kooperationen von Wissenschaft und Energietechnik neue Grundlagenkenntnisse für die Anwendung in der Energietechnik zu erproben und weiter zu entwickeln (science push).

Im Gebäudesektor soll die Anwendung neuester Grundlagenkenntnisse Fortschritte bei der Energieeffizienzerhöhung in folgenden Bereichen bringen:

- neue Materialien und –komponenten für die Bautechnik,
- energieeffiziente Komponenten der Gebäudeausrüstung zu Heizungs-, Lüftungs und Beleuchtungszwecken,

- Modellierung und Simulation zur Entwicklung besserer Gebäudekonzeptionen und effizienterer energietechnischer Ausrüstungen bis hin zu energieoptimierten Auslegungen ganzer Siedlungen.

Geplant ist die Förderung systemorientierter Projekte wie z. B. Aktivitäten zur energieeffizienten Stadt oder zu intelligenten (Strom-) Netzen „Smart Grids“ sowie Projekte mit übergreifenden systemanalytischen Untersuchungen zur Energieeffizienz. Insbesondere systemische Aspekte der Energieerzeugung, der Energiespeicherung, des Energietransports sowie der effizienten Endenergienutzung sollen Forschungsgegenstand sein. Dabei sind die Aspekte Ressourcenschonung, Wirtschaftlichkeit, Wettbewerbsfähigkeit, Umwelt und Nachhaltigkeit zu berücksichtigen.

Gefördert werden sollen auch Themen, die zur Steigerung der Energieeffizienz von Industrieprozessen einschließlich des Dienstleistungssektors beitragen:

- Entwicklung neuartiger Prozesse und Prozessführungsstrategien,
- signifikante Verbesserung der Material- und Ressourceneffizienz,
- Entwicklung von Substitutionsstrategien,
- Innovative energieeffiziente Maschinen und Anlagenkonzepte.

ansätze, die den erneuerbaren und fossilen Energieträgern neue Chancen eröffnen (intelligente Kopplung von Energieform und -nutzung, grundlegende Arbeiten zu chemisch-thermischen Prozessen); um die Ausrüstung und die Nachrüstung bestehender Kraftwerke für CO₂-Abscheidung; um die Intensivierung der Forschungsarbeiten zur Energiespeicherung. Auch Forschungsarbeiten zur Supraleitung und zur Entwicklung neuer Werkstoffe für die Kraftwerkstechnik sind wichtige Aspekte für eine Erhöhung der Energieeffizienz. Darüber hinaus soll durch intelligente Auslegung und Bauweise technischer Produkte eine Effizienzsteigerung in der industriellen Produktion erreicht werden.

Vorrangige Ziele bei der Brennstoffzellenforschung sind die Erhöhung der Lebensdauer, Robustheit und Leistungsfähigkeit sowie die Reduktion der Kosten und die Entwicklung neuer Verfahren zur Analyse von Alterungsmechanismen und für Qualitätssicherungsverfahren.

Projektförderung in den Bereichen Schlüsseltechnologien und Nachhaltigkeit für mehr Energieeffizienz

In bereits laufenden und geplanten Förderschwerpunkten unterstützt das BMBF vielfältige Forschungsaktivitäten, die zur Einsparung von Energie führen können. Diese sollen zukünftig mit den Aktivitäten der institutionell geförderten Forschung und dem neuen systemorientierten Forschungsansatz verzahnt werden. Dies betrifft vor allem folgende Bereiche direkter Energieeinsparung und indirekter Energieeinsparung durch den Einsatz moderner Technologien:

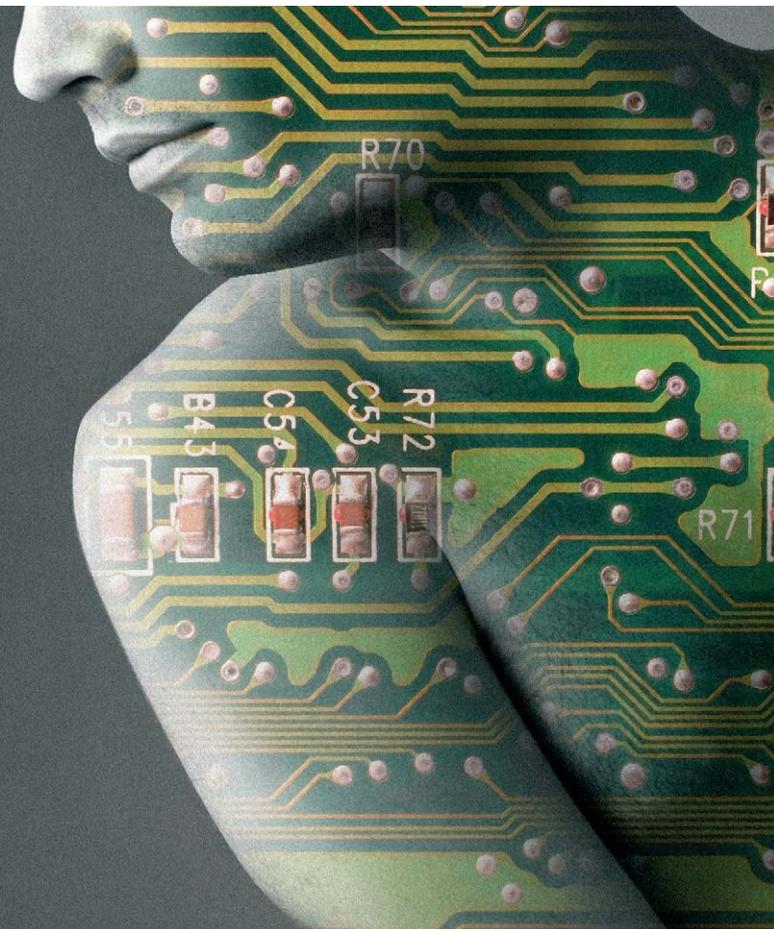
- **Werkstoffforschung für Produkte und Verfahren mit hoher Ressourceneffizienz**
Ressourceneffiziente Werkstoffe können bei der Anwendung in technischen Systemen einen erheblichen Beitrag zur Einsparung von Energie, Material und Produktionszeit leisten. Es sollen daher Technologien erprobt werden, die zum einen die natürlichen Ressourcen schonen, zum anderen bei Unternehmen und Konsumenten zu einer Produktivitätssteigerung bzw. Kostensenkung insbesondere bei den Materialkosten beitragen.
- **Höchstleistungswerkstoffe für mehr Energieeffizienz und CO₂-Einsparung**
Im Zentrum stehen Entwicklungen für neue oder entscheidend verbesserte Werkstoffe, die aufgrund erweiterter



Organische Leuchtdiode auf flexiblem Untergrund

Belastungsgrenzen (thermisch, mechanisch sowie korrosiv bzw. chemisch) Steigerungen der Leistungsdichten und des Wirkungsgrades energetischer und motorischer Umwandlungsprozesse ermöglichen. Sie sollen auch zu einer deutlichen Erhöhung von Zuverlässigkeit, Sicherheit und Lebensdauer kritischer Komponenten besonders in der Energie- und Fahrzeugtechnik, im Maschinenbau und in der Luftfahrt beitragen. Mit dieser Zielsetzung ist eine erhebliche Verringerung klimaschädlicher Abgasemissionen in der Energie- und Verkehrstechnik verbunden.

- **Nanotechnologie für den Bausektor**
Zielrichtung ist der Einsatz der Nanotechnologie im Bau zur Verbesserung der Energieeffizienz. Bei Gebäudefassaden, Fenstern und Dächern kann der Einsatz von Nanotechnologie zur Energieeffizienz beitragen. Auch bei der Herstellung von Baustoffen können Nanomaterialien zur Energieeinsparung beitragen.



- **Forschungsprojekte zur Nutzung von Licht**
Nutzung von Licht aus Halbleitern (LED + OLED) und Plasmen soll dazu beitragen, den Energieverbrauch für die Beleuchtung in Deutschland in den nächsten 10 Jahren um 20 % zu reduzieren.
- **Die Entwicklung moderner Laserfertigungsverfahren**
Dies ermöglicht bei Autos, Schiffen und Flugzeugen

Gewichtsreduktion durch Leichtbautechnologien. Laser-optische Mess- und Analyseverfahren ermöglichen ein besseres Verständnis der Verbrennungsprozesse in modernen Verbrennungsmotoren.

- **Beiträge aus dem Bereich der energieeffizienten Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT)**
Dies kann zur Energieeinsparung beim Mobilfunk (z. B. durch den konsequenten Einsatz von Gallium-Nitrid) oder auch zur Herstellung von extrem energiesparenden elektronischen und optoelektronischen Bauelementen führen. Durch den Einsatz von solchen „Spin-Transistoren“ oder „Spin-Dioden“ könnte der wachsende Energiebedarf z. B. in zukünftigen Höchstleistungsrechnern energieeffizient gedeckt werden.
- **Integrierte Umwelttechnik**
Diese zielt darauf ab, den Energie- und Ressourceneinsatz in der industriellen Produktion zu minimieren sowie schädliche Emissionen und Abfälle zu vermeiden. Beispiele sind Verbundvorhaben zur stoffverlustminimierten Prozesstechnik oder Organisationsmodelle und Informationssysteme für den betrieblichen Umweltschutz. In Zukunft wird die Entwicklung und Erforschung innovativer Maschinen- und Anlagenkonzepte sowie die Entwicklung von energieeffizienten Prozessketten in der Produktion im Vordergrund stehen. Außerdem gibt es Forschungsaktivitäten zur Steigerung der Ressourcenproduktivität in rohstoffnahen Produktionssystemen. Im Fokus stehen industrielle Anwendungsbereiche mit hohem Materialverbrauch und starker Rohstoffabhängigkeit wie die Veredlung und Weiterverarbeitung von Erzen, mineralischen Rohstoffen oder chemischen Grundstoffen.
- **Bionik**
Hierdurch soll für Produktentwicklungen das große Ideenrepertoire der belebten Natur genutzt werden, um zu bestmöglichen Lösungen zu gelangen. Durch minimalen Energie- und Ressourceneinsatz, multifunktionale Optimierung und komplette Wiederverwertung von Reststoffen stellen die Systeme der belebten Natur erstklassige Vorlagen für entsprechende Innovationen dar. Bionik ist der Schlüssel zu Innovationen auch auf Gebieten, wo man bisher mit konventionellen Methoden nur noch kleine Schritte zur Verbesserung des Status Quo gehen konnte, mit entsprechendem Potenzial für Ressourcen- und Energieeffizienz.

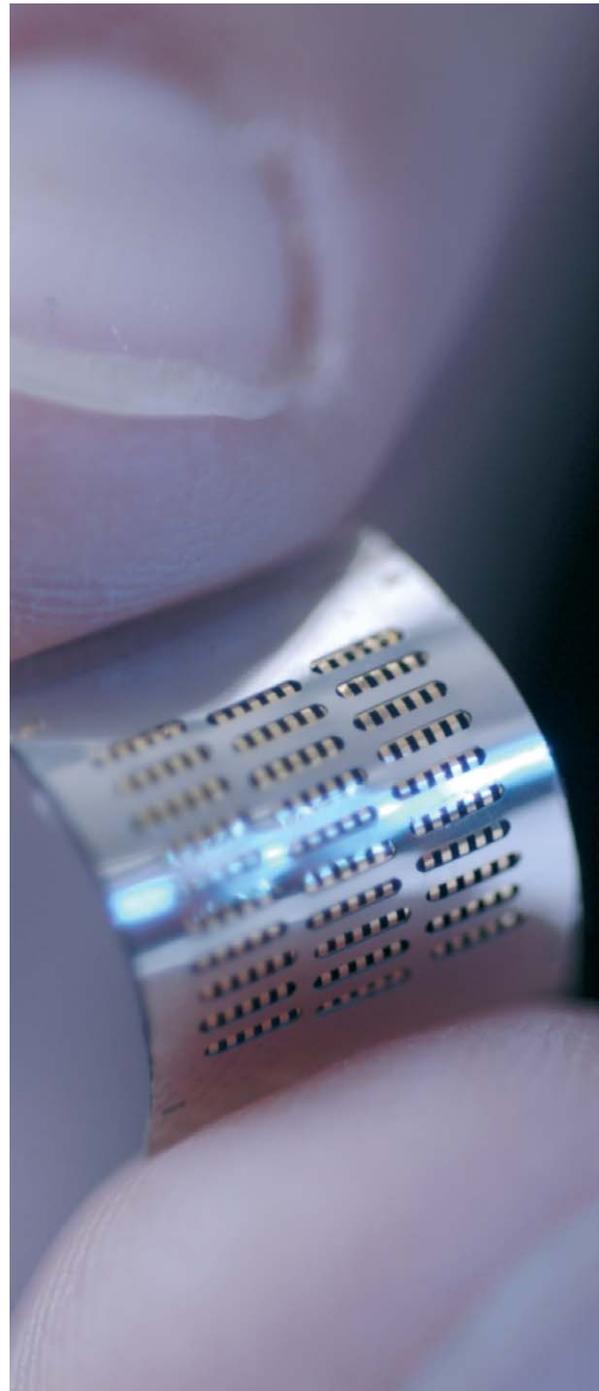
- Mit Wasserstoff oder Methanol betriebene Mikrobrennstoffzellen
Diese sollen in absehbarer Zeit die üblichen Energieversorgungssysteme, beispielsweise Lithium-Ionen-Akkus in vielen portablen Elektronikgeräten ablösen. Zur industriellen Fertigung sind noch grundlegende Fragen bei den Materialien für die Membranen und Wasserstoffspeicher unbeantwortet; die Miniaturisierung und Systemintegration der einzelnen Komponenten sowie die Fertigung von Mikrobrennstoffzellensystemen erfüllen noch nicht die Anforderungen an marktgerechte Produkte. Mit der „Leitinnovation Mikrobrennstoffzelle“ werden Projekte gefördert, die Mikrobrennstoffzellen den Zugang zum Markt ermöglichen sollen.

Sozial- und wirtschaftswissenschaftliche Untersuchungen zum Thema Energieeffizienz

Im Mittelpunkt der BMBF-Projektförderung im Bereich Sozialwissenschaften steht die Erforschung der Bedingungen und Spielräume für energieeffizientes Konsum- und Produktionsverhalten und entsprechender Lebensstile.

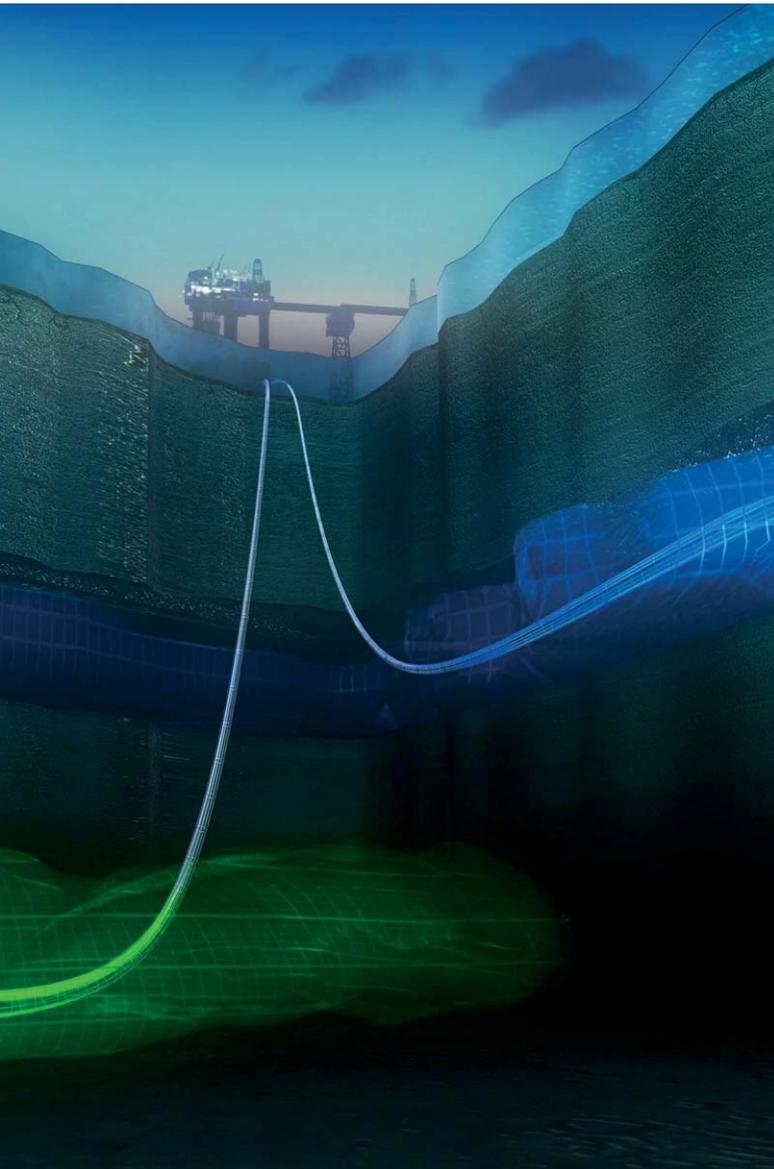
Es werden Forschungs- und Entwicklungsvorhaben im Rahmen der sozial-ökologischen Forschung zum Themenschwerpunkt "Vom Wissen zum Handeln – Neue Wege zum nachhaltigen Konsum" gefördert. Hierbei wird dem Aspekt der Energieeffizienz besondere Bedeutung beigemessen. Mit den geförderten Projekten sollen u.a. Wege aufgezeigt werden, um Alltagsroutinen des Konsums zu verändern, die Verbrauchermacht durch innovative Konsumenten-Produzentenbeziehungen zu stärken und tradierte Vorstellungen von Lebensqualität zu verstehen und ggf. zu verändern.

Mit der Förderinitiative „Wirtschaftswissenschaften für Nachhaltigkeit“ sollen innovative Ansätze aus der Volkswirtschaftslehre gefördert werden, die praktikable Lösungen im Bereich der Nachhaltigkeitspolitik anstoßen und zu einer stärkeren Verankerung der Wirtschaftswissenschaften im deutschen und internationalen Nachhaltigkeitsdiskurs führen. Dabei soll das Interesse der Forschung verstärkt auf die ökonomischen Bedingungen und Instrumente eines energieeffizienten Wirtschaftens gerichtet werden. Neben dem Blick auf die Konsumenten-Produzentenbeziehungen geht es hier vor allem um die Frage, wie eine nachhaltige Ökonomie auch unter den Bedingungen des globalen Wettbewerbs möglich ist.



Mikrobrennstoffzelle in Folienbauweise

Nachhaltige CO₂-Speicherung und Verwendung



Zurückführung von abgetrenntem CO₂ in Salzwasserführende Sandschichten (Grün: Erdgasförderhorizont, Blau: CO₂-Injektionshorizont)

Etwa 40 % der sowohl weltweit als auch in Deutschland emittierten CO₂-Mengen stammen aus fossil befeuerten Kraftwerken. Aktuelle Prognosen der Internationalen Energieagentur (IEA) gehen davon aus, dass die weltweite Strom-

erzeugung auf der Basis fossiler Energieträger sich bis zum Jahr 2030 gegenüber heute mehr als verdoppeln wird. In Deutschland haben allein Steinkohle und Braunkohle einen Anteil von 24 % an der Energiegewinnung. Neben der Effizienzsteigerung der bestehenden, fossil befeuerten Kraftwerke, müssen deshalb zur Reduzierung der Schadstoffemissionen neue Techniken zur CO₂-Abscheidung und -Speicherung für eine zukünftige Energieversorgung entwickelt und erprobt werden.

Carbon-Capture-and-Storage-Technologien (CCS) haben insofern eine Schlüsselbedeutung für die Durchsetzung einer nachhaltigen Klimapolitik. Die deutschen Energieversorgungsunternehmen planen für die nächsten Jahre den Bau von Pilot- und Demonstrationsanlagen zur CO₂-Abtrennung basierend auf so genannten Clean-Coal-Technologien. Hier sollen verschiedene Verfahren zur CO₂-Abscheidung in Pilot- bzw. Demonstrationsanlagen erprobt werden. Dieses gilt für laufende Kraftwerke in Form einer Nachrüstung zur CO₂-Abtrennung als auch für neue, moderne Clean-Coal-Kraftwerke mit integrierter CO₂-Abtrennung.

Das abgetrennte CO₂ muss transportiert und in Speichergesteine in geologischen Formationen eingebracht werden. In Deutschland bieten sich für eine CO₂-Speicherung in geologischen Formationen mehr oder weniger ausgebeutete Erdgas- und Erdölfelder sowie tief liegende Aquifere an Land oder unter dem Meeresboden von Nord- und Ostsee an.

Während das BMWi in seinem COORETEC-Programm Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Bereich „Moderne Kraftwerkstechnologien inkl. CO₂-Abtrennung“ fördert, konzentriert sich das BMBF mit seinen Aktivitäten im Rahmen der CCS-Strategie der Bundesregierung auf Forschungs- und Entwicklungsarbeiten für die Speicherung von CO₂ im Untergrund. Vor allem Erdgasspeicher und saline Aquifere an konkreten Standorten sowie Grundlagenforschung zur Ermittlung der geochemischen und geomechanischen Reaktionen von Speichergesteinen mit CO₂ auf allen Zeitskalen stehen im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten. Dabei sind Speichertechnologien sowie die Überwachungstechniken in der Betriebsphase und geeignetes Langzeitmonitoring einschließlich einer vor allem standortbezogenen Öffentlichkeitsarbeit Bestandteil der Förderprojekte. Zur Umsetzung der Ergebnisse aus den Prototyp- bzw. Demonstrationsprojekten müssen entsprechende rechtliche Voraussetzungen geschaffen werden, insbesondere im Hinblick auf die großtechnische Anwendung der CO₂-Speicherung an konkreten Standorten.

Projektförderung des BMBF

Das BMBF fördert bereits seit 2005 Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der CO₂-Speicherung im Untergrund im Rahmen des GEOTECHNOLOGIEN-Programms von BMBF und DFG. Dadurch wurden an deutschen Forschungseinrichtungen bereits entsprechende Kompetenzen aufgebaut. Die existierenden Forschungsansätze, basierend auf standortunabhängigen Untersuchungen, sollen im Rahmen des vorliegenden BMBF-Förderkonzepts ab 2008 weiterentwickelt werden. Bestehende Defizite sollen gezielt angegangen werden, um für zukünftige technologische Anwendungen eine breite Basis zu schaffen. Vor allem sollen auch alternative Konzepte neu- bzw. fortentwickelt werden, die zukünftig in Kombination mit anderen Technologien wirtschaftlich wie technologisch attraktive Optionen bzw. Beiträge zum Klimaschutz liefern können.

Die Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik muss sowohl standortunabhängig als auch standortspezifisch erfolgen. Förderbekanntmachungen zu standortunabhängiger Grundlagenforschung zur Speicherung von CO₂ richten sich mit interdisziplinären Fragestellungen insbesondere an Forschungsverbünde aus Wissenschaft und Industrie.

Einen wichtigen Ausgangspunkt für eine zukünftige kommerzielle Speicherung in tiefen salinaren Aquiferen bildet die Testspeicheranlage in Ketzin (Brandenburg), die im Rahmen eines durch die EU finanzierten Projektes (CO₂SINK) 2007 mit der ersten Einlagerung von CO₂ in einen tiefen salinaren Aquifer unterhalb einer leer geförderten Gaslagerstätte gestartet wurde. In anschließenden Langzeitexperimenten wird in einem groß angelegten technologischen Programm das Verhalten des Gesteins in Reaktion auf die Speicherung von CO₂, das Mobilitätsverhalten des CO₂ und die Integrität des Speicherhorizontes untersucht.

Auch für die standortspezifischen Forschungsarbeiten zu CO₂-Einlagerung sind Projektverbünde zwischen Industrie und Wissenschaft erwünscht. Während die Industrie für den Aufbau ihrer Anlagen sowohl im Clean-Coal-Kraftwerksbereich als auch bei der Deponierung zuständig ist, wird das BMBF am Standort baubegleitende geowissenschaftliche Forschung zusammen mit der Wirtschaft fördern. In diese Pilotprojekte sollen die Genehmigungsbehörden einbezogen werden, so dass parallel zu dem Genehmigungsverfahren in der Pilotphase auch Genehmigungsschritte für eine spätere großtechnische Anlage simuliert werden. So können zielgerichtet und sehr frühzeitig offene Fragen für einen späteren industriellen Einsatz der CCS-Technologie identifiziert und angegangen werden.

Die Forschungsaktivitäten schließen Fragen zur Erkundung, Auswahl und Bewertung von Standorten ebenso ein wie die Untersuchung und Bewertung der Wechselwirkungen von CO₂ mit dem Speichermedium und den Deckgesteinen sowie die Entwicklung moderner Überwachungs- und Injektionstechnologien. Fragen der Risikoabschätzung und der langfristigen Speichersicherheit müssen umfassend beantwortet werden.

Künftig kommen auch Forschungsarbeiten zur alternativen Verwendung von CO₂ als Rohstoff für die Industrie in Betracht.

Kernfusion



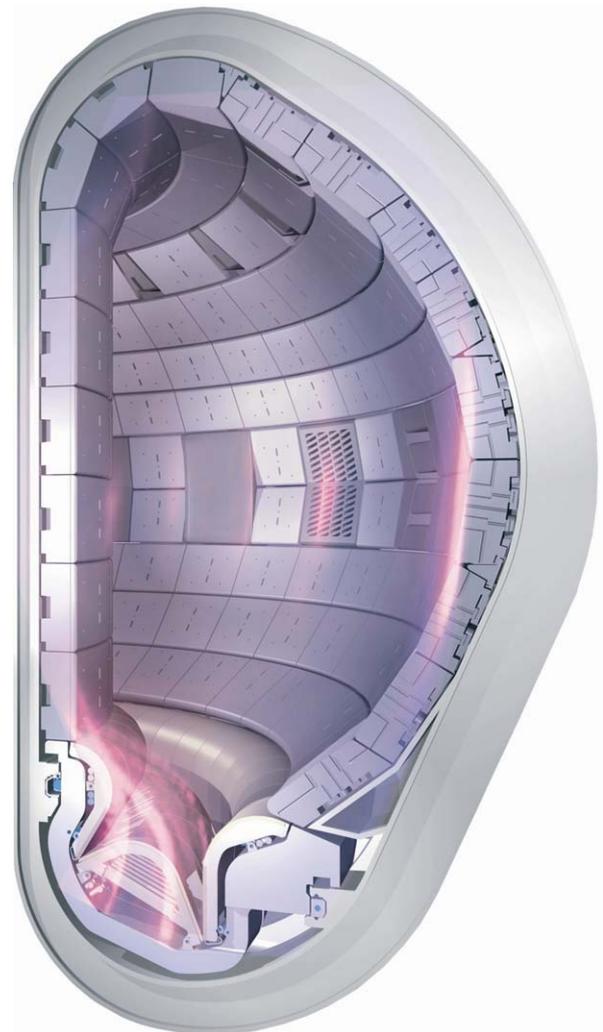
Montagearbeiten in der Brennkammer des Experimentes TEXTOR

Kernfusion ist eine langfristige Option für die Energieversorgung, die den energieliefernden Prozess in der Sonne nachbildet. Sie verbindet eine Reihe von günstigen Eigenschaften: Große Brennstoffreserven, gute Sicherheitseigenschaften und Klimaneutralität. Bei der Energieerzeugung durch Kernfusion werden weder Treibhausgase noch Stickoxide oder Schwefeloxide freigesetzt.

Die deutschen Fusionsforschungsinstitute gehören zu den weltweit führenden. Diese exzellente Basis soll für die Zukunft erhalten und noch weiter ausgebaut werden, so dass auch eine intensive Beteiligung an dem internationalen Forschungs- und Entwicklungsprogramm zu ITER erreicht werden kann. Das BMBF will mit seiner Förderung sicherstellen, dass die Potenziale in der Fusionsforschung optimal genutzt werden und der deutsche Wissens- und Know-how-Vorsprung in diesem Bereich erhalten bleibt.

Zur technischen Realisierung der Kernfusion werden in Deutschland zwei Konzepte für den magnetischen Einschluss des Fusionsplasmas verfolgt: das Tokamak- und das Stellaratorprinzip. Das internationale Großexperiment ITER, das gemeinsam von Europa, Japan, China, Indien, Russland, Süd-

korea und USA gebaut wird, beruht auf dem Tokamakprinzip. Mit dem Bau des weltweit größten und fortgeschrittensten Stellaratorexperiments, Wendelstein 7X, in Greifswald, soll insbesondere die Kraftwerkstauglichkeit dieses Anlagentyps demonstriert werden. Stellaratoren können anders als Tokamaks aufgrund ihres anderen magnetischen Einschlusskonzepts von vorneherein im Dauerbetrieb arbeiten. Wenn es gelingt, den Kenntnisabstand zu den bereits seit vielen Jahren entwickelten Tokamakexperimenten zu verringern, könnte das auf ITER folgende Demonstrationskraftwerk nach dem Stellaratorprinzip gebaut werden.



Schnitt durch das Plasmagefäß von ITER mit animiertem Plasma

Forschung in den vom BMBF geförderten Institutionen

Bislang wird Fusionsforschung in Deutschland nur institutionell in den Helmholtz-Zentren (Forschungszentrum Jülich, Forschungszentrum Karlsruhe und Max-Planck Institut für Plasmaphysik Garching und Greifswald) gefördert. Neben plasmaphysikalischen Forschungsarbeiten (inklusive Theorieentwicklung) zur Tokamak- und Stellaratorphysik werden technologische und ingenieurwissenschaftliche Arbeiten im Hinblick auf ITER und DEMO (das zukünftige Demonstrationskraftwerk), zur Plasma-Wand-Wechselwirkung, zur Plasmaheizung und zur Entwicklung von Materialien für zukünftige Fusionsreaktoren durchgeführt. Die Inbetriebnahme des Fusionsexperiments Wendelstein 7X in Greifswald ist dabei eine prioritäre Aufgabe der deutschen Fusionsforschung.

Mit der Realisierung von ITER wird erstmalig mit einem brennenden Fusionsplasma im 500 MW-Bereich die Machbarkeit der Energiegewinnung aus Fusionsprozessen demon-

striert werden. Neben dem Bau und dem Betrieb der großen Fusionsexperimente sind für die Realisierung eines Fusionskraftwerks weitere Schritte unabdingbar. Dazu gehören insbesondere weitere Fortschritte auf den Gebieten der Plasma-Modellierung und der Plasma-Wand-Wechselwirkung sowie Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Brennstoff- und zum Tritiumkreislauf, zur Entwicklung von Divertoren, zur Magnettechnologie und für geeignete Strukturmaterialien für einen Fusionsreaktor. Mit fortschreitender Annäherung der Fusionsexperimente an einen Leistungsreaktor werden die Aufgaben im Bereich der Fusionstechnologie immer wichtiger.

Projektförderung des BMBF

Zur Unterstützung der deutschen Fusionsforschungsinstitute und der deutschen Industrie in ihrem Bemühen, Aufträge von ITER einzuwerben, wird im Rahmen dieses Förderkonzeptes eine über die institutionelle Förderung hinausgehende Projektförderung initiiert, in die auch Aktivitäten des broader approach einfließen sollen. Durch die Bildung von Konsortien zwischen Industrie und Forschungsinstituten soll die rasche Übertragung von Know-how aus der Forschung in die Anwendung unterstützt werden. Diese über die institutionelle Förderung hinausgehenden Anstrengungen sind insbesondere vor dem Hintergrund der massiven Unterstützung notwendig, die Forschungsinstitute in manchen EU-Staaten von ihren jeweiligen Regierungen bei der Einwerbung (und der späteren Durchführung) von Aufträgen für die Industrie erhalten.

Beispiele für die Beteiligung an ITER relevante Projekte sind u.a. der Bau und der Betrieb

eines Heliumkreislaufs am FZK (HELOKA), mit dem heliumgekühlte Feststoffblankets für den Einsatz in ITER getestet werden sollen, aber auch weitere Tests an sog. „advanced scenarios“ für die Plasmakontrolle, die am IPP bearbeitet werden. Eine Möglichkeit zur Beherrschung von Instabilitäten im Plasma stellt die Verwendung einer leitenden Wand in Kombination mit internen Regelpulen dar. ASDEX Upgrade, der Tokamak des IPP Garching, ist für den Test dieses Verfahrens optimal geeignet. Im Erfolgsfall würde dieses Verfahren dann in ITER angewandt – dies wäre ein auch im internationalen Wettbewerb herausragendes Ergebnis.

Das FZJ ist gemeinsam mit belgischen und niederländischen Instituten dabei, Angebote für den Bau eines Diagnostikports für ITER zu erarbeiten. Daneben sollen auch sozioökonomische Untersuchungen im Hinblick auf ein zukünftiges Fusionskraftwerk durchgeführt werden.

Nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung

Im Bereich der nuklearen Sicherheits- und Endlagerforschung werden FuE-Arbeiten zu wissenschaftlichen und technologischen Aspekten der Sicherheit der bestehenden Kernreaktoren, zur Sicherheit der nuklearen Entsorgung sowie der Minimierung der endzulagernden hochradioaktiven Stoffe durchgeführt. Dabei stehen langfristige Aspekte im Vordergrund der Forschungsarbeiten und solche, bei denen aufwändige, großforschungsspezifische Experimentiereinrichtungen, Großrechnerkapazitäten und/oder Infrastrukturen notwendig sind. Die durchgeführten Arbeiten stehen im Einklang mit dem Beschluss zur geordneten Beendigung der Kernenergienutzung, da es bis zum Abschalten des letzten Kernkraftwerkes zwingend notwendig ist, die Sicherheit dieser Kernreaktoren auf dem jeweils neuesten Stand von Wissenschaft und Technik zu gewährleisten. Auch darüber hinaus ist kerntechnischer Sachverstand für den Rückbau der kerntechnischen Einrichtungen und deren sichere Entsorgung erforderlich.

Um Industrie, Kraftwerksbetreiber und Genehmigungsbehörden in die Lage zu versetzen, diese Aufgabe erfüllen zu können, muss eine kerntechnische Kompetenz auf höchstem wissenschaftlichen und technischen Niveau vorhanden sein und ausgebaut werden. Dazu ist einerseits eine umfassende akademische (Grund)Ausbildung in Kerntechnik an Universitäten und Hochschulen inklusive der Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern notwendig, andererseits aber auch die Weiterbildung von Personal im Kraftwerksbereich und bei den Genehmigungsbehörden.

Zu beiden Aspekten tragen die außeruniversitären Einrichtungen gemeinsam und in enger Kooperation mit Universitäten und Hochschulen bei.

Forschung in den vom BMBF geförderten Institutionen

Im Bereich nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung sind zwei Helmholtz-Zentren (Forschungszentrum Karlsruhe (FZK) und Forschungszentrum Jülich (FZJ)) und das zur Leibniz-Gemeinschaft gehörende Forschungszentrum Dresden-Rossendorf (FZD) tätig, die institutionell durch das BMBF gefördert werden. Seit 2000 erfolgt eine Bündelung der vorhandenen Kapazitäten und eine Abstimmung der Forschungs- und Lehrtätigkeit durch den Kompetenzverbund Kerntechnik, in dem neben den beiden Helmholtz-Zentren – FZK und FZJ – und dem FZD, die Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH (GRS), die Bundesan-

stalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BRG) sowie die Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart (MPA) mitarbeiten. Assoziiert sind die jeweils benachbarten Universitäten (RWTH Aachen und FH Aachen/Jülich; die Universitäten Karlsruhe, Stuttgart und Heidelberg; TU Dresden und FH Zittau/Görlitz; TU München). Weitere ständige Gäste sind das europäische Institut für Transurane, die IAEO sowie das europäische Hochschulnetzwerk ENEN. Das Ziel des Kompetenzverbunds Kerntechnik ist die weitere Intensivierung der Zusammenarbeit zwischen den Forschungseinrichtungen und den benachbarten Hochschulen sowie die Abstimmung und Bündelung der mit öffentlichen Mitteln geförderten nuklearen Sicherheits- und Endlagerforschung. Der Kompetenzverbund Kerntechnik trägt durch die aktive Einbindung der Betreiber und der Hersteller kerntechnischer Anlagen wesentlich zur Förderung von qualifiziertem wissenschaftlichem Nachwuchs mittels Doktorandenstipendien sowie der Einrichtung von Stiftungslehrstühlen bei.

Im Rahmen des Programms Nukleare Sicherheitsforschung der Helmholtz-Gemeinschaft werden die Themen Sicherheitsforschung für Kernreaktoren, Minimierung des hochradioaktiven Abfalls durch Partitioning und Transmutation und Sicherheitsforschung zur nuklearen Entsorgung durch die Forschungszentren Jülich und Karlsruhe bearbeitet. Das Forschungszentrum Rossendorf führt Forschungsarbeiten zur Integritätsbewertung von Reaktorkomponenten, zur Simulation von Störfallabläufen in kerntechnischen Anlagen, zur Radiochemie sowie zur Radioökologie, insbesondere bezogen auf die Altlasten aus dem Uranerzbergbau, durch.

Sämtliche Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zeichnen sich durch eine enge Einbindung in europäische und internationale Kooperationen (wie z. B. EURATOM Rahmenprogramme, IAEA- und OECD/NEA-Aktivitäten) und Projekte aus, um internationale Erkenntnisse und Sicherheitskonzepte in die eigene Forschung zu integrieren.

In diesem Zusammenhang muss auch die Teilnahme deutscher Forscher an internationalen Aktivitäten (Beispiele: Generation IV International Forum; INPRO/International Project on Innovative Nuclear Reactors and Fuel Guides) mit dem Ziel, internationales Know-how in den Bereichen passive Sicherheitssysteme und Abfallminimierung national nutzbar zu machen, gesehen werden. Zukünftig sollen sich die Helmholtz-Zentren stärker mit Mitteln der institutionellen Förderung an diesen Aktivitäten beteiligen können.

Projektförderung des BMBF

Mit dem Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ sollen die institutionell geförderten Arbeiten schwerpunktmäßig in einigen wenigen Bereichen ergänzt werden, wobei insbesondere die Kooperation mit den Universitäten weiter ausgebaut werden soll. Über den Kompetenzverbund Kerntechnik wird eine enge Abstimmung zwischen institutioneller und Projektförderung sichergestellt.

Die geplante Förderbekanntmachung soll sich auf die folgenden Bereiche konzentrieren:

Sicherheitsforschung für Kernreaktoren

- **Numerische Rechenwerkzeuge zur Reaktor- und Anlagenauslegung**
Ziel ist die Entwicklung und Qualifizierung gekoppelter Programmsysteme, die auf dreidimensionalen Neutronenkinetikprogrammen, mehrphasigen Fluidmodellen und strukturell-mechanischen Modellen der Reaktorkomponenten basieren (Multi-Skalen und Multi-Physik Ansatz). Von besonderem Interesse sind dreidimensionale, zeitlich und örtlich hochauflösende Strömungsberechnungsverfahren (CFD-Codes).
- **Thermohydraulische und materialspezifische Experimente**
Ziel ist es, zeitlich und örtlich hochauflösende, thermohydraulische Experimente zum verbesserten Verständnis der bei Auslegungstörfällen ablaufenden Strömungsphänomene durchzuführen. Materialspezifische Experimente zur Analyse der betriebsbedingten Alterung von Kraftwerkskomponenten, beispielsweise durch zyklische Belastungen und durch Bestrahlung sowie die Erstellung einer durchgängigen Datenbasis für die Validierung der unter Punkt 1 entwickelten Rechenwerkzeuge, können ebenfalls Gegenstand der Förderung sein.

Sicherheitsforschung zur nuklearen Entsorgung

- **Charakterisierung radioaktiver Abfälle**
Ziel ist die Entwicklung von Methoden insbesondere für die Charakterisierung, Sortierung, Trennung und anschließende Konditionierung von radioaktiven Materialien sowie die Weiterentwicklung der Neutronenaktivierungsanalyse für die Charakterisierung von Abfällen.
- **Sicherheitsnachweis der Endlagerung**
Entwicklung und Validierung von Rechenwerkzeugen, mit denen der geochemisch basierte Langzeitsicherheitsnachweis der Endlagerung geführt werden kann.
- **Entsorgung nuklearer Abfallstoffe**
Entwicklung und Optimierung innovativer Verfahren für die effektive Abtrennung der langlebigen Radionuklide aus hochradioaktivem Abfall (Partitionierung), für die Transmutation oder die endlageregerechte Fixierung, einschließlich quantenchemischer Untersuchungen.

Strahlenforschung

Die Förderung der Strahlenforschung, z. B. die Erforschung der Wirkung kleiner Dosis-Werte auf biologische Systeme, soll ausgeweitet werden.

Nachwuchsförderung

Die Projektförderung in den o. g. Forschungsbereichen ist speziell auf die Nachwuchsförderung gerichtet. Hierzu werden besondere Nachwuchsförderaktivitäten formuliert (wie z. B. Graduiertenkollegs, Post-doc-Förderung).

Die Förderung des BMBF im Bereich „Nukleare Sicherheits- und Endforschung“ erfolgt in Ergänzung zu und in enger Abstimmung mit der Projektförderung des BMWi.

Fördermittel



Das BMBF wendet für die Energieforschung Mittel in zwei Bereichen auf:

- Mittel für die direkte Projektförderung in der Energieforschung
- Mittel für die institutionelle Förderung des Forschungsbereichs Energie der Helmholtz-Gemeinschaft (HGF)

Der mittelfristig geplante Mitteleinsatz ist den nachfolgenden Tabellen zu entnehmen.

Mikroalgen als Wasserstofffabrik in einem Photobioreaktor

| Energieforschung des BMBF (Projektförderung) | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 2007 in Mio € | 2008 in Mio € | 2009 in Mio € | 2010 in Mio € |
| Netzwerke Grundlagenforschung Erneuerbare Energie und Rationelle Energieverwendung | +12,0 | | | |
| Rationelle Energieumwandlung ¹⁾ | +65,3 | +90,4 | +91,0 | +91,0 |
| Erneuerbare Energien | | +14,0 | +14,5 | +13,0 |
| Nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung | | +7,0 | +9,0 | +10,0 |
| Strahlenforschung | | +3,0 | +4,0 | +4,0 |
| Fusionsforschung | | +11,0 | +11,0 | +12,0 |

¹⁾ Enthält Mittel aus den Bereichen Schlüsseltechnologien und Nachhaltigkeit

| Energieforschung des BMBF (Mittel für die Helmholtz-Gemeinschaft) | | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | 2007 in Mio € | 2008 in Mio € | 2009 in Mio € | 2010 in Mio € |
| Rationelle Energieumwandlung, erneuerbare Energien | +53,0 | +54,8 | +56,8 | +58,8 |
| Nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung | +33,5 | +33,5 | +33,5 | +33,5 |
| Fusionsforschung | +114,9 | +114,9 | +114,9 | +114,9 |

Internationale Zusammenarbeit

Internationale Zusammenarbeit spielt bereits jetzt eine große Rolle in der vom BMBF geförderten Energieforschung. Dies gilt vor allem für die geförderten Institutionen. Diese Zusammenarbeit soll – wo möglich – weiter ausgebaut werden, denn Durchbrüche in der Energieforschung, vor allem wenn erhebliche Investitionen in die Forschungsinfrastruktur erforderlich sind, sind häufig nicht allein durch nationale Aktivitäten zu erreichen.

Multilateral beteiligt sich das BMBF vor allem an Projekten im Rahmen der Internationalen Energieagentur (IEA), der OECD und der Europäischen Kommission.

Die Europäische Union bereitet der Grundlagenforschung im 7. Forschungsrahmenprogramm nicht nur mit der Etablierung des European Research Councils eine breite Basis, sie ruft vor allem auch in den energiespezifischen Arbeitsprogrammen zur Bearbeitung einer Vielzahl hoch innovativer Forschungsthemen, teilweise mit deutlichen Grundlagenaspekten, auf. Darüber hinaus wird die gezielte Verbindung von Grundlagenforschung und Energieforschung im europäischen Forschungsraum im Rahmen des ERANETs INNER (Innovative Energy Research) behandelt. Hier erarbeiten, mit Unterstützung des BMBF und koordiniert durch den Projektträger Jülich (PtJ), Organisationen aus neun europäischen Ländern Themen und Modalitäten für gemeinsame Förderaktivitäten. Die erste Förderbekanntmachung des INNER ERANETs, die im Frühjahr 2007 gemeinsam von Deutschland und den skandinavischen Ländern veröffentlicht wurde, stieß nicht nur auf eine hohe Resonanz, sondern sie bewies auch angesichts der inhaltlichen Qualität der vorgelegten Projektvorschläge, dass die europäische Zusammenarbeit einen Mehrwert bei der Bearbeitung vieler im Grundlagenbereich angesiedelter Themen darstellen kann.

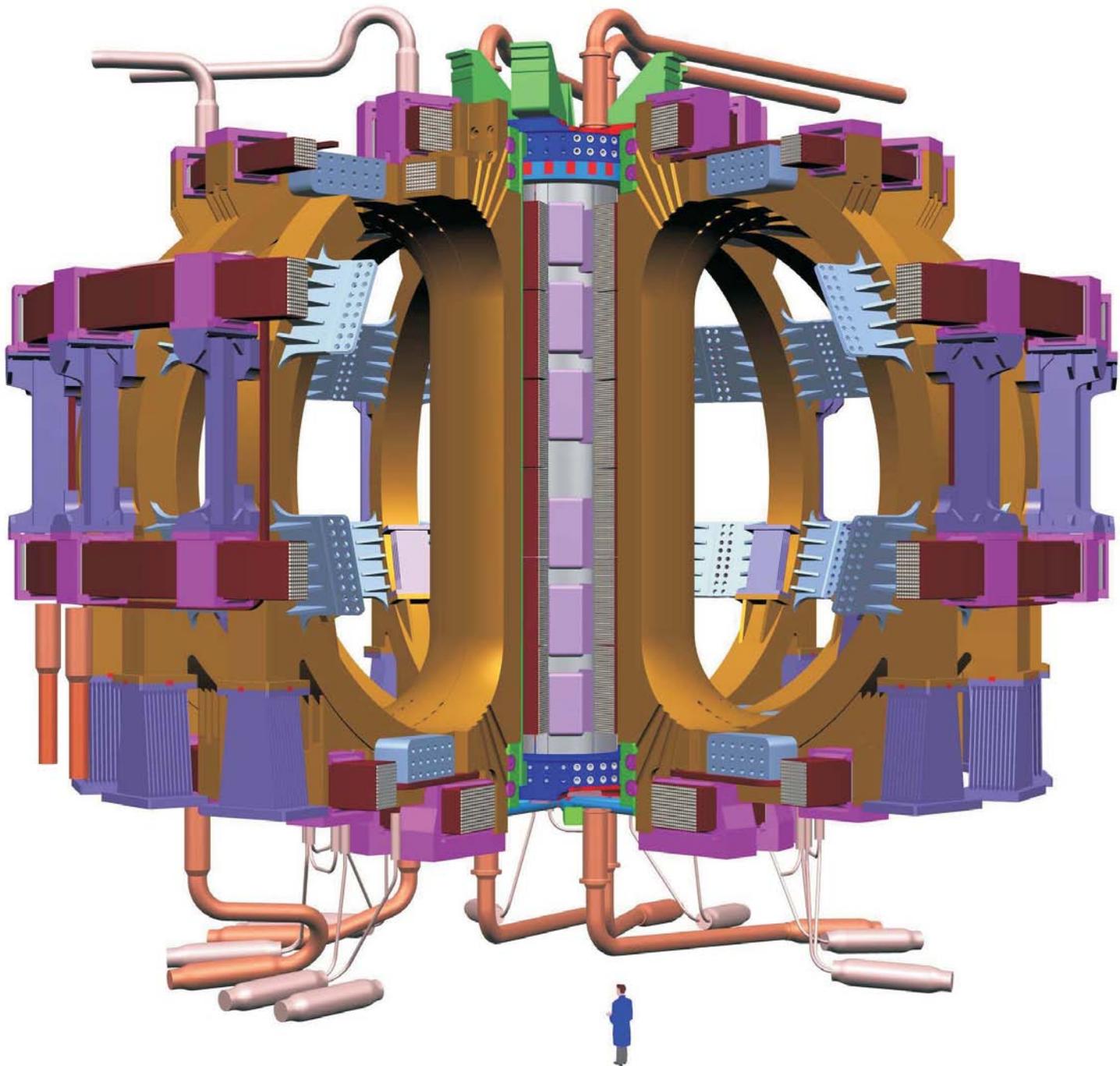
Deutschland ist über den EURATOM-Vertrag in die europäischen Aktivitäten eingebunden. Dies gilt insbesondere für die Fusionsforschung. Das BMBF ist über Euratom am internationalen Fusionsexperiment ITER (lat.: der Weg) beteiligt, das gemeinsam von der Europäischen Union,

China, Russland, Japan, USA, Indien und Süd-Korea) in Cadarache, Frankreich gebaut wird. Die Baukosten betragen ca. 5,3 Mrd €. Mit ITER soll erstmals mit einem brennenden Fusionsplasma im 500 MW-Bereich die Machbarkeit der Energiegewinnung aus Fusionsprozessen demonstriert werden. ITER stellt damit einen entscheidenden Schritt auf dem Weg zu einem kommerziellen Fusionskraftwerk dar.

Für weltweite Kooperationen bietet das Forschungsprogramm der Internationalen Energieagentur (IEA), deren Mitglied Deutschland seit Gründung im Jahr 1974 ist, eine besonders geeignete Plattform. Gegliedert nach energietechnischen Schwerpunkten findet hier eine Vielzahl von Kooperationsprojekten nach formalen Regularien statt, die von den Mitgliedsstaaten gemeinsam festgelegt wurden, die aber auch Teilnehmern aus Nichtmitgliedsstaaten offen stehen. Die Projekte umfassen das gesamte Spektrum von der Forschung über die Entwicklung bis hin zu marktvorbereitenden Maßnahmen, zum Beispiel in Fragen der Standardisierung und Normung. Die Wichtigkeit des Beitrages der Wissenschaft auch in diesem Kontext wurde in verschiedenen Workshops und Konferenzen erörtert. Die Ergebnisse wurden in dem Bericht *Science for Today's Energy Challenges*⁴⁾ zusammengefasst und stehen der Öffentlichkeit zur Verfügung. Für die Umsetzung dieser Empfehlungen kann auf die bewährten IEA-Kooperationsstrukturen zurückgegriffen werden.

Bilaterale Zusammenarbeit ist in allen o.a. Förderbereichen willkommen. Es ist beabsichtigt, nach Anlaufen des Förderkonzepts vor allem die Möglichkeiten einer (verstärkten) Zusammenarbeit mit den USA und Kanada auszuloten.

⁴⁾ <http://www.iea.org/cert/ahgset/AHGSET.pdf>



Prinzipzeichnung der Magnetspulen und Kühlrohre des internationalen Kernfusionsexperimentes ITER

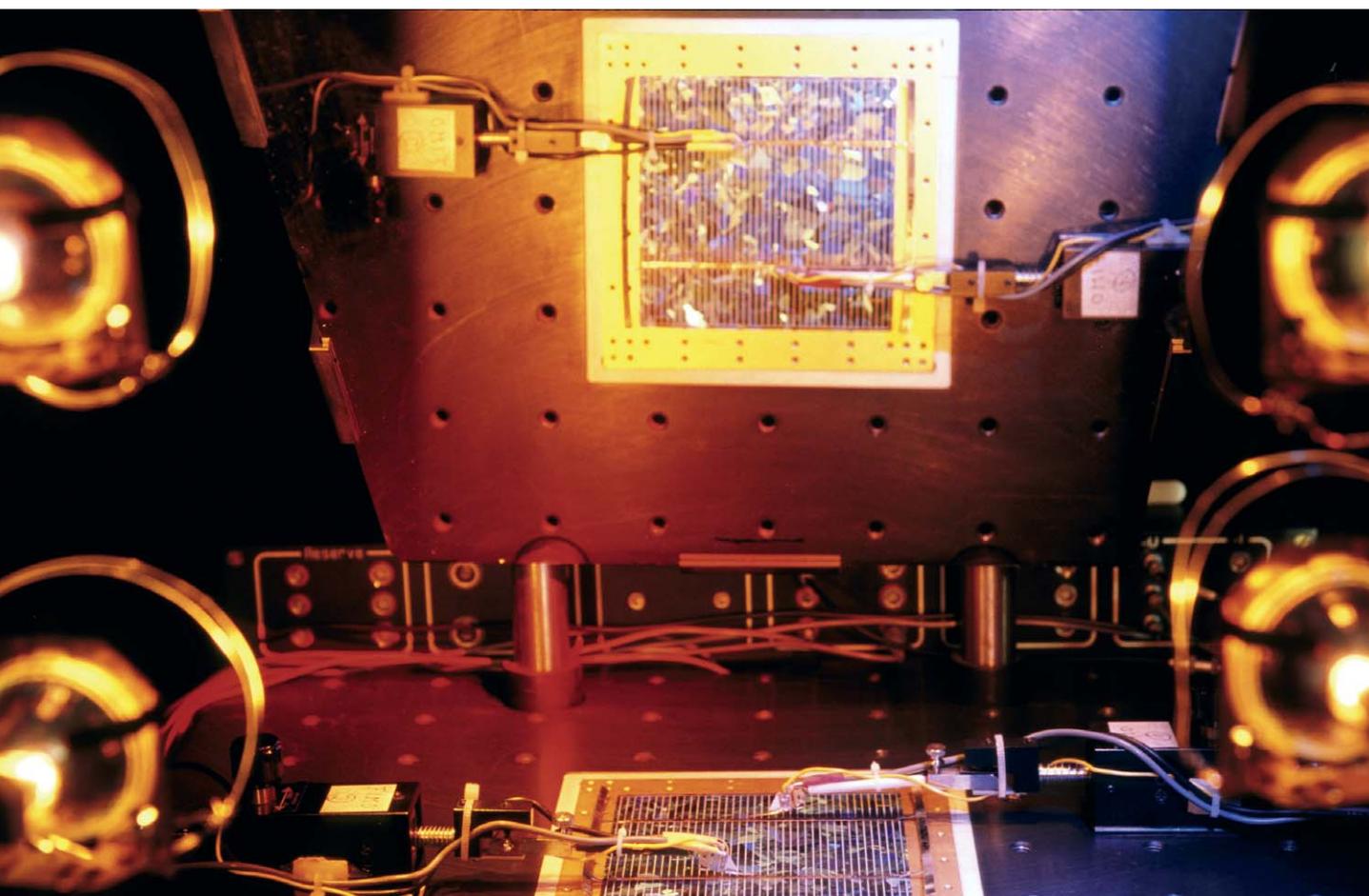
Instrumente zur Umsetzung des Konzepts

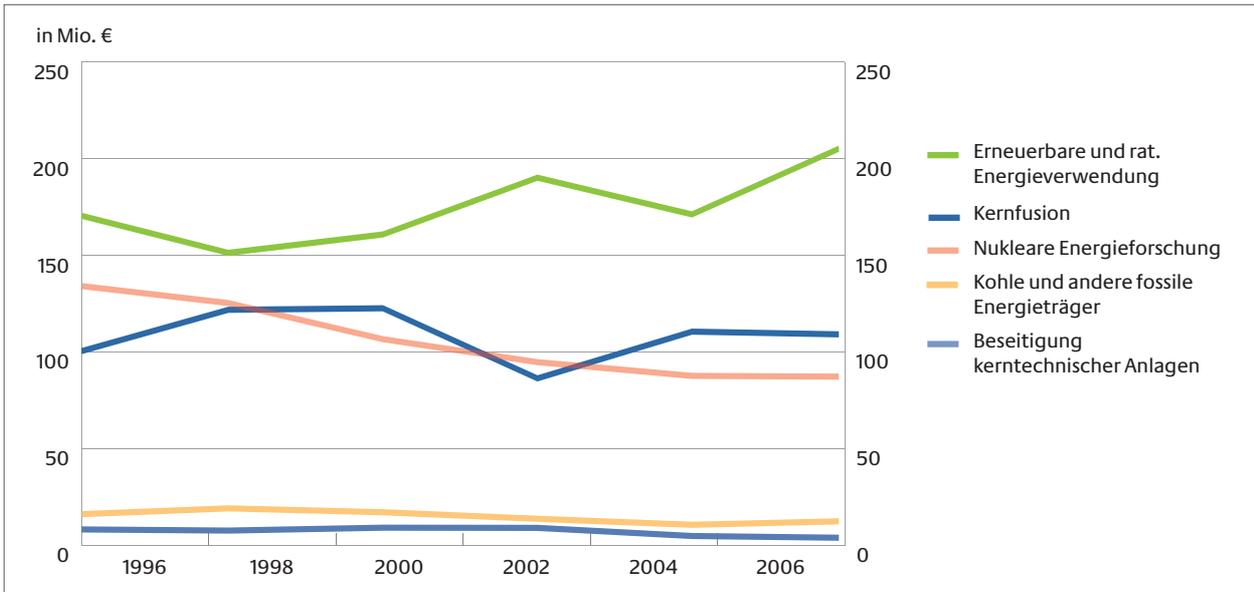
Das BMBF-Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ ist größtenteils Bestandteil des 5. Energieforschungsprogramms der Bundesregierung. Das BMBF-Konzept ist langfristig angelegt. Seine Schwerpunkte werden in eine Fortschreibung des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung eingehen.

Die Umsetzung des Konzepts erfolgt auf mehreren Ebenen und mit vielfältigen Instrumenten:

- Institutionelle Förderung der Helmholtz-Zentren, der Institute der Fraunhofer-Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft. Insbesondere die Helmholtz-Zentren wirken im Rahmen von forschungspolitischen Vorgaben eng an den Zielen der Forschungspolitik der Bundesregierung mit.
- Projektförderung durch das BMBF. Diese findet vorrangig in Forschungsverbänden statt. Öffentliche Forschungseinrichtungen, Universitäten und Industrie beantragen im Rahmen von Förderbekanntmachungen gemeinsam Forschungsmittel zur Durchführung von Verbundprojekten. Für anwendungsnahe Forschungsbereiche ist eine Einbeziehung der Wirtschaft in der Regel Voraussetzung für die Förderung, bei eher grundlagenorientierten Aktivitäten ist es vor allem wichtig, dass Universitäten einbezogen werden. In Ausnahmefällen können aber auch wissenschaftlich exzellente Einzelanträge berücksichtigt werden.
- Bildung strategischer Allianzen. Besonderer Wert wird bei der Umsetzung des Konzepts auf einen systemischen Ansatz gelegt. Hierzu sollen zu bestimmten Themenbereichen unter Beteiligung aller Bereiche und Ebenen – Wissenschaft, Wirtschaft, Bundes- und Länderressorts – Plattformen etabliert werden, die ein Thema besonders vorantreiben (z. B. Energiespeicherung, intelligente Versorgungsnetze).

Messung des Wirkungsgrades und der spektralen Empfindlichkeit an Solarzellen





Energieforschung in Deutschland

Quellen: Bundesministerium für Bildung und Forschung, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft

- **Nachwuchsförderung.** Der Förderung junger Wissenschaftler soll in diesem Konzept besonderer Raum eingeräumt werden. Zusätzlich zu Doktorandenstellen in Forschungsprojekten sollen daher spezielle Förderinstrumente zur Nachwuchsförderung angeboten werden, z. B. Graduiertenkollegs zu fest umrissenen Themen und der Aufbau von durch Postdoktoranden geleiteten Arbeitsgruppen.
- **Transfer von Forschungsergebnissen.** Dies ist ein besonders wichtiger Aspekt der Forschungsförderung, damit sichergestellt wird, dass Forschungsergebnisse ihren Weg in die Umsetzung finden. Die finanzielle Förderung von Projekten wird deshalb unterstützt durch Veranstaltungen zum Informationsaustausch (z. B. Seminare, Workshops, Konferenzen, Sommerschulen).

Anhang

Leitfaden für die Projektförderung

Die Projektförderung ist ein Instrument zur Unterstützung thematisch und zeitlich abgegrenzter Vorhaben mit hohem wissenschaftlich-technischem Risiko und von bundesweitem Interesse. Sie richtet sich an Unternehmen, Forschungsinstitute und Universitäten und kommt nur in den Fällen in Betracht, in denen die Arbeiten nicht aus der Grundfinanzierung der Institute oder aus eigenen Mitteln der Privatwirtschaft heraus geleistet werden können. Generelle Voraussetzung für die Gewährung einer Förderung ist die Verwendung der Fördermittel im öffentlichen Interesse und nach den gesetzlichen Vorgaben. Die Förderung erfolgt in Form einer nicht rückzahlbaren Zuwendung. Das BMBF entscheidet als Bewilligungsbehörde aufgrund seines pflichtgemäßen Ermessens im Rahmen der verfügbaren Haushaltsmittel und auf Basis der Empfehlung des Projektträgers. Ein Rechtsanspruch auf Gewährung einer Zuwendung besteht nicht.

Antragsberechtigt sind Hochschulen und Fachhochschulen, die Max-Planck Gesellschaft, die Einrichtungen der Helmholtz-Gemeinschaft, die Fraunhofer-Gesellschaft, Institute der Wissensgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz (WGL) und außeruniversitäre Einrichtungen. Hier soll die Zusammenarbeit zwischen Hochschulen und nicht-universitären Forschungseinrichtungen gestärkt werden. Auch die Antragstellung in Deutschland produzierender Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft ist möglich. Insbesondere die Beteiligung kleinerer und mittlerer Unternehmen (KMU) an der Förderinitiative wird ausdrücklich begrüßt. Antragsteller müssen juristische Personen sein, die die Bereitschaft zu interdisziplinärer Zusammenarbeit sowohl innerhalb eines Netzwerks als auch netzwerkübergreifend mitbringen, organisatorisch-planerische Expertise besitzen und durch einschlägige Vorarbeiten ausgewiesen sind.

Die bestmögliche Verwertung von Projektergebnissen bestimmt den Erfolg eines Vorhabens. Die Förderrichtlinien sehen deshalb bereits bei Antragstellung eine genaue Darlegung der späteren Verwertung der Ergebnisse in Form eines Verwertungsplans vor. Der Projektdurchführende ist verpflichtet, eine Umsetzung dieses Verwertungsplans anzustreben. Als Gegenleistung erhält er die Rechte an der ausschließlichen Nutzung der Ergebnisse. Allerdings muss er bei Forschungsprojekten, bei denen eine gewerbliche Nutzung zu erwarten ist, gewährleisten, dass die erzielten Ergebnisse schutzrechtlich gesichert werden. Es liegt im besonderen Interesse der Projektförderung, dass patentfähiges neues Wissen nach Möglichkeit zur Patentierung angemeldet wird. Die damit verbundenen Kosten sind bei kleinen und mittel-

ständischen Unternehmen und öffentlichen Forschungseinrichtungen förderfähig. Darüber hinaus besteht eine generelle Veröffentlichungspflicht in Form von Konferenz- und/oder Fachliteraturbeiträgen.

Rechtsgrundlage für die Bewilligung, Auszahlung und Abrechnung von Zuwendungen sowie für den Nachweis und die Prüfung der Verwendung und die ggf. erforderliche Aufhebung des Zuwendungsbescheides und die Rückforderung der gewährten Zuwendung sind die Verwaltungsvorschriften zu §44 BHO sowie §§48 bis 49a Verwaltungsverfahrensgesetz (VwVfG).

Bestandteil eines evtl. Zuwendungsbescheides auf Kostenbasis sind grundsätzlich die Allgemeinen Nebenbestimmungen für Zuwendungen auf Kostenbasis des BMBF an Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft für FuE-Vorhaben (NKBF98). Bestandteil eines evtl. Zuwendungsbescheides auf Ausgabenbasis werden die Allgemeinen Nebenbestimmungen für Zuwendungen zur Projektförderung (ANBest-P) und die Besonderen Nebenbestimmungen für Zuwendungen des BMBF zur Projektförderung auf Ausgabenbasis (BNBest-BMBF98). Einzelheiten zu den Fördermodalitäten werden in den Förderrichtlinien und jeweiligen Förderbekanntmachungen veröffentlicht.

Antragsvordrucke, Richtlinien und Merkblätter sowie die Zuwendungsbestimmungen sind auf Anforderung beim Projektträger erhältlich oder können über Internet-Adresse <http://www.kp.dlr.de/profi/easy/formular.html> aufgerufen werden.

Liste der bereits veröffentlichten Förderbekanntmachungen

Richtlinie zur Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich „Rationelle Energieverwendung, Umwandlungs- und Verbrennungstechnik“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie. (Unbefristet)

Bekanntmachung über die Förderung von Forschung und Entwicklung im Bereich erneuerbare Energien vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit. (Unbefristet)

Richtlinien zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Die Nutzung des Untergrundes zur CO₂-Speicherung für globale Klimaschutzziele“ im Rahmen des Förderprogramms „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (31.8.2007)

Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld „Organische Photovoltaik“ im Rahmen der Förderprogramme „Optische Technologien“, „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ und „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (14. 10.2007)

Richtlinien über die Förderung zum Themenfeld „Solar-energie-technik der nächsten Generation“ im Rahmen des Förderprogramms „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (31.10.2007)

Richtlinien zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Nanotechnologie im Bauwesen – NanoTecture: Erschließung höherer Ressourcen-/Energieeinspar- und Leistungspotenziale sowie neuer Funktionalitäten“ innerhalb des Rahmenprogramms „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ (30.11.2007)

Richtlinien zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Höchstleistungswerkstoffe für mehr Energieeffizienz und CO₂-Einsparung: Leistungssprünge in energetischen Umwandlungsprozessen“ innerhalb des Rahmenprogramms „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ (14.12.2007)

Richtlinien zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „Entwicklung von Lithium-Ionen-Batterien zur elektrischen Energiespeicherung“ im Rahmen der Förderprogramme

„Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft – WING“ und „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (31.01.2008)

Richtlinien zur Förderung von Forschungs- und Entwicklungsvorhaben zum Thema „BioEnergie 2021 – Forschung für die Nutzung pflanzlicher Biomasse“ im Rahmenprogramm „Biotechnologie – Chancen nutzen und gestalten“ und im Förderkonzept „Grundlagenforschung Energie 2020+“ (in Vorbereitung)

Weitere Informationen zur Forschungs- und Innovationsförderung des Bundes erhalten Sie bei der Förderberatung des BMBF.

Liste von Ansprechpartnern (PT)

Projektträger Jülich
Geschäftsbereich Energietechnologien (ERG)
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich
Tel: 02461 613547
Fax: 02461 612880
PtJ-ERG3@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de/ptj/

Projektträger Jülich
Geschäftsbereich Neue Materialien und Chemie (NMT)
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich
Tel: 02461 614840
Fax: 02461 612398
NMT@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de/ptj/

Projektträger Jülich
Geschäftsbereich Erneuerbare Energien (EEN)
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich
Tel: 02461 613172
Fax: 02461 612840
PtJ-EEN@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de/ptj/

Projektträger Jülich
Geschäftsbereich Biotechnologie (BIO)
Forschungszentrum Jülich GmbH
52425 Jülich
Tel: 02461 613855
Fax: 02461 612690
PtJ-BIO@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de/ptj/

Projektträger Jülich
Geschäftsbereich Meeres-, Polarforschung,
Geowissenschaften, Schifffahrt und Meerestechnik (MGS)
Forschungszentrum Jülich GmbH
Seestraße 15
18119 Rostock
Tel: 0381 5197 281
Fax: 0381 51509
PtJ-MGS@fz-juelich.de
www.fz-juelich.de/ptj/

VDI Technologiezentrum GmbH
Graf-Recke-Straße 84
40239 Düsseldorf
Tel: 0211 6214 401
Fax: 0211 6214 484
VDITZ@vdi.de
www.vditz.de

Projektträger VDI/VDE
Innovation + Technik GmbH
Steinplatz 1
10623 Berlin
Tel: 030 3100 78277
Fax: 030 3100 78223
VOIGT@vdivde-it.de
www.vdivde-it.de

Förderberatung des BMBF
Forschungszentrum Jülich GmbH
Projektträger Jülich
Zimmerstr. 26-27
10969 Berlin
Tel: 0800 2623 008
Fax: 030 20199 470
FOERDERINFO@bmbf.bund.de
www.foederinfo.bmbf.de

Bildnachweis

- Titel: Messung des Wirkungsgrad und der Spektralen Empfindlichkeit an Solarzellen, Fraunhofer Institut ISE, Freiburg
- S. 8: Fachgebiet Agrartechnik, Humboldt-Universität Berlin
- S. 9: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Referat III A2, 13.10.2007
- S. 10: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Referat III A2, 13.10.2007
- S. 11: Concentrix Solar GmbH
- S. 12: Fraunhofer Institut ISE, Freiburg
- S. 14: Institut für Solarenergieforschung (ISFH) GmbH, Hameln/Emmerthal
- S. 17: Europäische Kommission, 2006
- S. 19: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Referat III A2, 13.10.2007
- S. 21: AIXTRON AG
- S. 22: vario images GmbH & Co.KG
- S. 23: Fraunhofer IZM, Berlin
- S. 24: Sonderprogramms GEOTECHNOLOGIEN
- S. 26: Forschungszentrum Jülich GmbH
- S. 26: ITER/JET/Forschungszentrum Jülich GmbH
- S. 30: Ruhr-Universität Bochum
- S. 33: ITER
- S. 34: Fraunhofer Institut ISE, Freiburg
- S. 35: Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, Referat III A2, 13.10.2007

Abkürzungsverzeichnis

| | |
|----------------------|--|
| ASDEX Upgrade | AxialSymmetrisches Divertor-Experiment, Tokamak am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik |
| BER | Berliner-Experimentier-Reaktor |
| BESSY | Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung |
| BioLiq-Anlage | Biomass to Liquid-Anlage |
| BMBF | Bundesministerium für Bildung und Forschung |
| BMELV | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz |
| BMU | Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit |
| BMVBS | Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung |
| BMWi | Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie |
| BRG | Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe |
| CCS | Carbon-Capture-and-Storage-Technologie |
| CFD | Computer Fluid Dynamics |
| CO ₂ SINK | CO ₂ Storage by Injection into a Saline Aquifer at Ketzin |
| DEMO | Das zukünftige Demonstrationskraftwerk nach ITER |
| DFG | Deutsche Forschungsgemeinschaft |
| DLR | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt |
| DS | Dünnschicht |
| ENEN | europäisches Hochschulnetzwerk |
| EPIA | European Photovoltaic Industry Association |
| ERANET | European Research Activities Network |
| EU | Europäische Union |
| EURATOM | European Atomic Energy Community |
| ZD | Forschungszentrum Dresden/Rossendorf (Mitglied der Gottfried-Wilhelm Leibniz Gesellschaft) |
| FZJ | Forschungszentrum Jülich |
| FZK | Forschungszentrum Karlsruhe |
| GaN | Gallium-Nitrid |
| GEOTECHNOLOGIE | BMBF-Programm zur Geotechnologie |
| GoFORSYS | BMBF-Research Project on Systems Biology |
| GRS | Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit mbH |
| HELOKA | Helium Loop Karlsruhe |
| HGF | Helmholtz Gesellschaft |
| HMI | Hahn-Meitner-Institut Berlin |
| IAEA | International Atomic Energy Agency |
| IAEO | Internationale Atomenergieorganisation |
| IEA | Internationale Energieagentur |
| IKT | Informations- und Kommunikationstechnologien |
| INNER | Innovative Energy Research |
| IPP | Max-Planck-Institut für Plasmaphysik |

| | |
|----------------|--|
| ISE | Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme |
| ISFH | Institut für Solare Energieforschung |
| ITER | Internationaler Thermonuklearer Experimenteller Reaktor |
| LED | Light Emitting Diode |
| MPA | Materialprüfungsanstalt der Universität Stuttgart |
| NanoTecture | Leitinnovation „NanoTecture – Nanotechnologie für den Bausektor“ |
| NEA | Nuclear Energy Agency der OECD |
| OECD | Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, engl.: Organisation for Economic Cooperation and Development |
| OLED | Organic Light Emitting Diode |
| OPV | Organische Photovoltaik |
| Ptj | Projektträger Jülich |
| Smart Grids | European Technology Platform "Smart Grids", Electricity Networks of the Future |
| Stellarator | Fusionsreaktor nach Lyman Spitzer |
| Tokamak | Fusionsreaktor nach Andrei Sacharow und Igor Jewgenjewitsch Tamm |
| UFZ | Helmholtz Zentrum für Umweltforschung |
| Wendelstein 7X | Stellarator am Max-Planck-Institut für Plasmaphysik |
| WING | Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft |

Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unentgeltlich abgegeben. Sie ist nicht zum gewerblichen Vertrieb bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerberinnen/Wahlwerbern oder Wahlhelferinnen/Wahlhelfern während eines Wahlkampfes zum Zweck der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Bundestags-, Landtags- und Kommunalwahlen sowie für Wahlen zum Europäischen Parlament.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift der Empfängerin/dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Bundesregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

