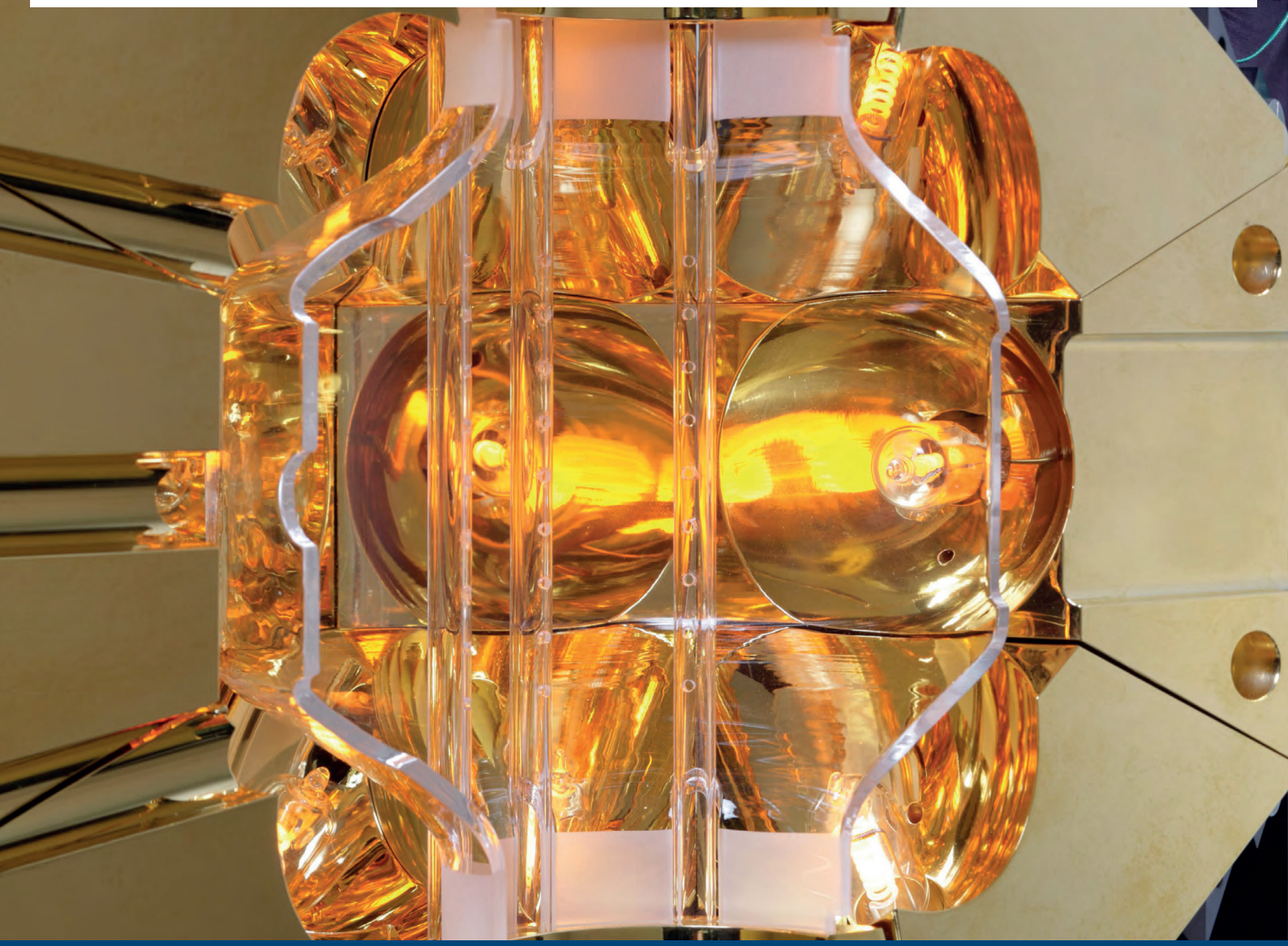
Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

Energie wende
Umschalten auf Zukunft



Bundesbericht Energieforschung 2014

Forschungsförderung für die Energiewende

Impressum

Herausgeber
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)
Öffentlichkeitsarbeit
11019 Berlin
www.bmwi.de

Redaktion
Projektträger Jülich

Gestaltung und Produktion
PRpetuum GmbH, München

Stand
Juli 2014

Druck
BMWi

Bildnachweis
Forschungszentrum Jülich GmbH: Halogenlampenofen zur Untersuchung von Hochtemperaturwerkstoffen und Beschichtungen für konzentrierende Solarthermie, hocheffiziente Kraftwerke und industrielle Prozesse. Gefördert durch das BMWi, Förderkennzeichen 0327835.

Diese Broschüre ist Teil der Öffentlichkeitsarbeit des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.
Sie wird kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Nicht zulässig ist die Verteilung auf Wahlveranstaltungen und an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben von Informationen oder Werbemitteln.

Zertifikat seit 2002
audit berufundfamilie

Das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie ist mit dem audit berufundfamilie® für seine familienfreundliche Personalpolitik ausgezeichnet worden. Das Zertifikat wird von der berufundfamilie gGmbH, einer Initiative der Gemeinnützigen Hertie-Stiftung, verliehen.

Diese und weitere Broschüren erhalten Sie bei:
Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
Referat Öffentlichkeitsarbeit
E-Mail: publikationen@bundesregierung.de
www.bmwi.de

Zentraler Bestellservice:
Telefon: 030 182722721
Bestellfax: 030 18102722721

Inhalt

1. Forschungsförderung für die Energiewende 2
1.1 Neue Strukturen in der Energieforschung 3
1.2 Weiterentwicklung des 6. Energieforschungsprogramms 4
1.3 Europäische Vernetzung 6
1.4 Nationale Vernetzung 7
1.5 Zentrales Informationssystem Energieforschung 7

2. Projektförderung 9
2.1 Energieumwandlung 9
2.1.1 Photovoltaik 9
2.1.2 Windenergie 11
2.1.3 Bioenergie 12
2.1.4 Tiefe Geothermie 13
2.1.5 Kraftwerkstechnologien 14
2.1.6 Brennstoffzellen und Wasserstoff 15
2.1.7 Solarthermische Kraftwerke 17
2.2 Energieverteilung und Energienutzung 18
2.2.1 Speicher 18
2.2.2 Netze 20
2.2.3 Energieeffizienz in Gebäuden und Städten 23
2.2.4 Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen 25
2.3 Übergreifende Energieforschung 26
2.3.1 Querschnittsthemen und Systemanalyse 26
2.3.2 Begleitforschung und Evaluation der Projektförderung 27
2.4 Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems 29
2.5 Fusionsforschung 30
2.6 Nukleare Sicherheitsforschung 30
2.6.1 Reaktorsicherheitsforschung 31
2.6.2 Endlager- und Entsorgungsforschung 32
2.6.3 Strahlenforschung 33

3. Institutionelle Energieforschung 35

4. Weitere Förderaktivitäten 37
4.1 Forschungsförderung der Bundesländer 37
4.2 Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union 40

5. Tabellen 45
5.1 Fördermittel im Energieforschungsprogramm der Bundesregierung 45
5.2 Fördermittel für Energieforschung der Bundesländer 50
5.3 Fördermittel im Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union 51

1. Forschungsförderung für die Energiewende

Im September 2010 stellte die Bundesregierung mit ihrem Energiekonzept die Weichen für die mittel- bis langfristige Energieversorgung in Deutschland. Nach der Erdbebenkatastrophe in Japan im März 2011 und der dadurch verursachten Havarie der Kernkraftwerke in Fukushima bewertete die Bundesregierung die Rolle der Kernkraft neu und legte die Laufzeiten der Anlagen in Deutschland auf maximal 32 Jahre fest. Spätestens Ende 2022 soll demnach das letzte Kernkraftwerk abgeschaltet werden. Der gegenüber dem Energiekonzept vorgezogene Ausstieg aus der Kernenergie soll durch eine beschleunigte Umsetzung der geplanten Maßnahmen kompensiert werden. Diese unter dem Schlagwort „Energiewende“ weltweit beachtete Neuausrichtung der Energieversorgung in Deutschland basiert im Wesentlichen auf dem Halbieren des Primärenergieverbrauchs bis 2050 und dem Ausbau erneuerbarer Energien zu einem Beitrag von 60 Prozent zum Bruttoendenergieverbrauch. Da die heute verfügbaren Energietechnologien nicht ausreichen, um diese ambitionierten Ziele bei gleichzeitigem Erhalt der Versorgungssicherheit und des Wohlstandsniveaus zu realisieren, fördert die Bundesregierung Forschung und Entwicklung in Unternehmen, Hochschulen und Forschungseinrichtungen.

Mit der Forschungsförderung auf dem Gebiet der Energietechnologien verfolgt die Bundesregierung das Ziel, ihre energiewirtschaftlichen Vorgaben und klimapolitischen Verpflichtungen zu erfüllen. In wirtschaftspolitischer Hinsicht soll darüber hinaus die führende Position deutscher Unternehmen auf dem Gebiet moderner Energietechnologien ausgebaut werden. Denn die Entwicklung der Weltmärkte ist durch eine wachsende Energienachfrage in Schwellen- und Entwicklungsländern gekennzeichnet. Das eröffnet heimischen Firmen vielfältige Möglichkeiten mit positiven Auswirkungen auf Wachstum und Beschäftigung. Zudem unterstützt der Einsatz fortschrittlicher Energietechnologien die internationalen Klimaschutzbemühungen durch den sukzessiven Einsatz effizienterer und CO_2-neutraler Energieanlagen. Nicht zuletzt steigert die Energieforschung die Vielfalt technischer Optionen für die Energieumwandlung und -nutzung und trägt so zur Versorgungssicherheit bei. Dies schafft Handlungsspielräume für eine Anpassung der Energieversorgung an veränderte energiewirtschaftliche Rahmenbedingungen.

Der vorliegende Bericht ist eine Fortschreibung des im vergangenen Jahr erstmals vorgelegten „Bundesbericht Energieforschung 2013“ und gibt einen aktualisierten Überblick über die Strukturen und Schwerpunkte der von der Bundesregierung geförderten Energieforschung in Deutschland. Er konzentriert sich auf die Projektförderung und stellt zudem die institutionelle Förderung zusammenfassend dar. Da auch die Bundesländer und die EU-Kommission vielfältige Forschungsarbeiten finanziell unterstützen, stellt diese Ausgabe des Bundesberichts Energieforschung diese Forschungsschwerpunkte ebenfalls ergänzend vor. Der Report steigert so die Transparenz der Forschungsförderung und trägt damit zu den Zielen des 6. Energieforschungsprogramms „Forschung für eine umweltschonende, zuverlässige und bezahlbare Energieversorgung“ der Bundesregierung bei.

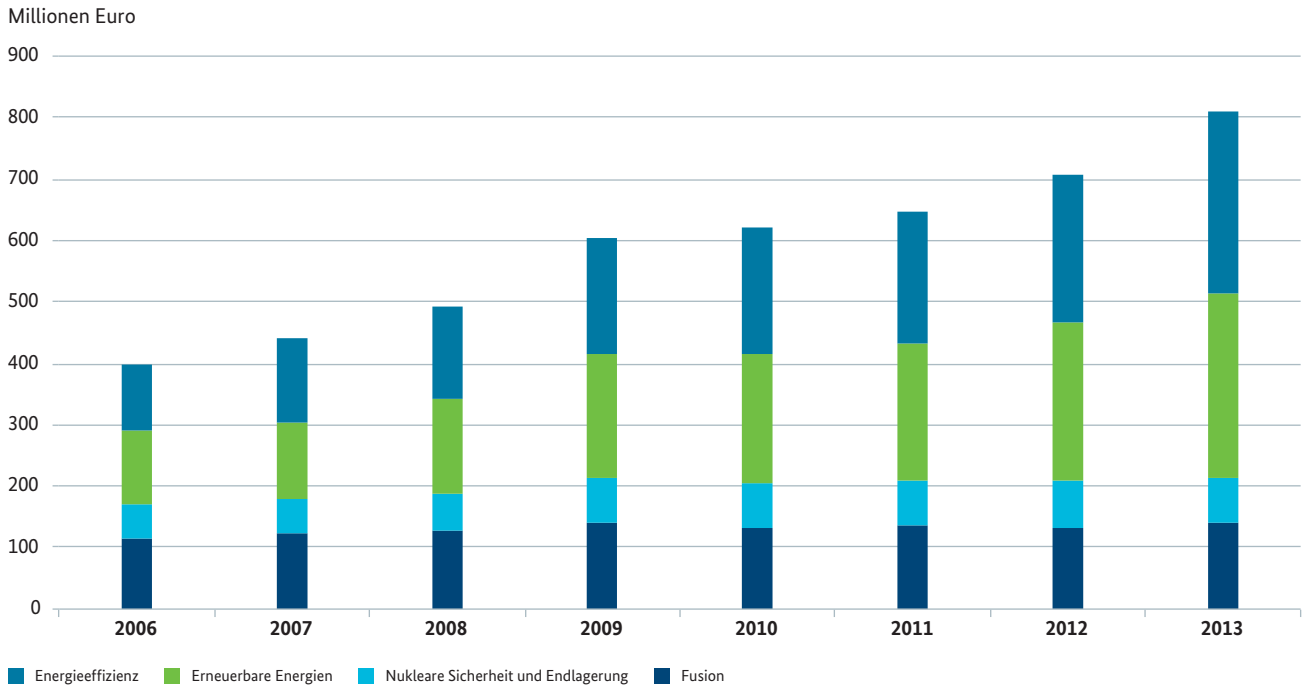
Mittelentwicklung

Die Steigerung der Mittel im Energieforschungsprogramm (vgl. Übersicht in Abb. 1) von 399 Millionen Euro (2006) auf 705 Millionen Euro (2012) konnte im Berichtsjahr mit einem Aufwuchs von 14,6 Prozent verstärkt fortgesetzt werden, sodass für das Haushaltsjahr 2013 eine Summe von 809 Millionen Euro erreicht wurde. Diese Zahlen schließen ab 2011 auch 168 Millionen Euro aus dem Energie- und Klimafonds ein.

Im Einklang mit den Zielsetzungen des 6. Energieforschungsprogramms wurden insbesondere die beiden Bereiche Energieeffizienz und erneuerbare Energien gestärkt: Mit 297 Millionen Euro für Energieeffizienz und 298 Millionen Euro für erneuerbare Energien flossen rund 74 Prozent der Mittel in diese für die Umsetzung der Energiewende besonders wichtigen Bereiche.

Die Projektförderung hat sich als besonders geeignetes Instrument herausgestellt, um die Forschungsdynamik flexibel aufzugreifen und wirkungsvoll zu unterstützen. Während im Jahr 2006 der Anteil der Projektförderung am Gesamtbudget noch bei 49 Prozent lag, wurden 2013 bereits 63 Prozent der Mittel in individuell beantragten Einzel- und Verbundvorhaben umgesetzt.

Abbildung 1: Übersicht der Themen im Energieforschungsprogramm des Bundes
(Daten siehe Tabelle 1)



1.1 Neue Strukturen in der Energieforschung

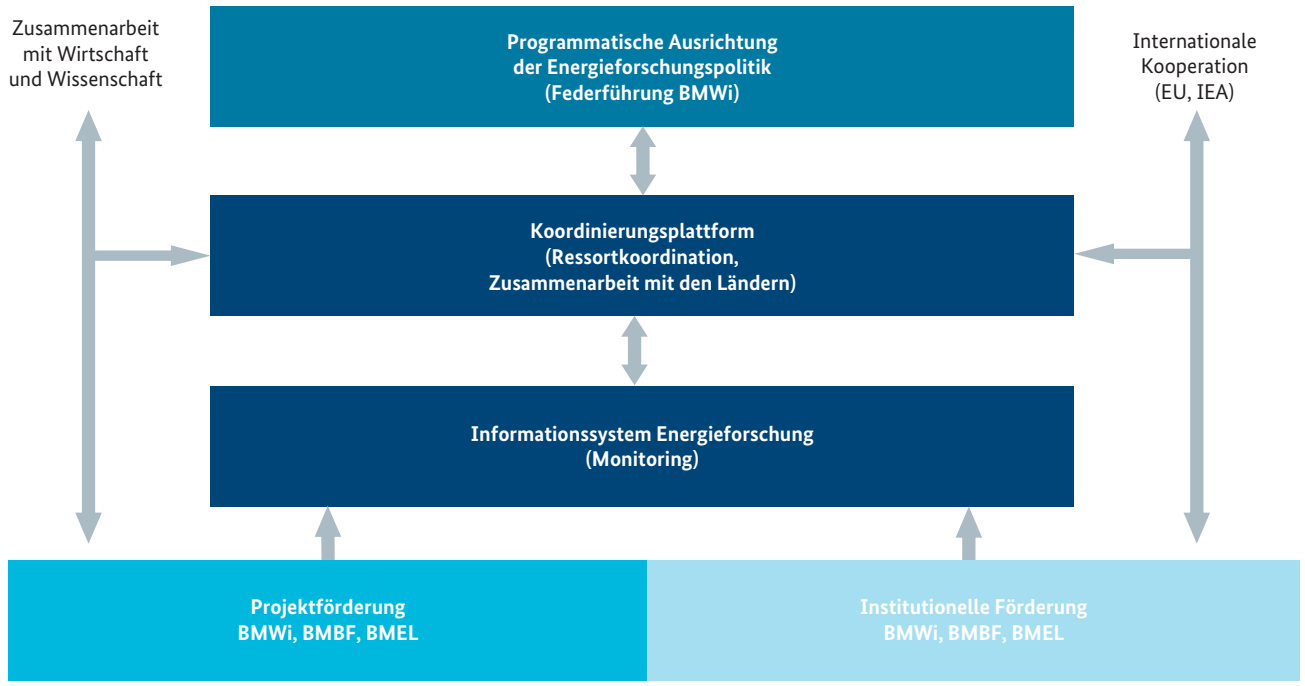
Wie im Koalitionsvertrag vom 27.11.2013 angekündigt richtet die Bundesregierung die Energieforschung konsequent auf die Energiewende aus. Dabei stehen intelligente Lösungen in den Bereichen Energieeffizienz, Energieeinsparung, erneuerbare Energien und Versorgungssysteme (unter anderem Speicher, Netze und Systemdienstleistungen durch erneuerbare Energien) im Mittelpunkt. Dazu sollen im Rahmen der Projektförderung neue, thematisch übergreifende und systemorientierte Forschungsansätze initiiert werden. Die europäische Dimension wird durch eine geeignete Vernetzung der Forschungsmaßnahmen berücksichtigt.

Auf ministeriell-administrativer Ebene stärkte die Bundesregierung die Bedeutung der Energiepolitik durch einen neuen Ressortzuschnitt. Dazu wurden mit Organisationserlass der Bundeskanzlerin vom 17.12.2013 dem Bundeswirtschaftsministerium unter der neuen Bezeichnung Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die Kompetenzen für die Energiewende aus Bundesverkehrs- und Bundesumweltministerium übertragen.

Dies wirkte sich auch auf die Organisation der Energieforschung aus. So obliegt dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) nun die Zuständigkeit für die anwendungsorientierte Forschung in den Bereichen Energieeffizienz und erneuerbare Energien. Unverändert koordiniert das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die Förderung der energietechnologischen Grundlagenforschung und das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) die angewandte Bioenergieforschung.

Die Federführung bei der programmatischen Ausrichtung des Bundes liegt beim BMWi, wobei die ressort- und länderübergreifende Zusammenarbeit im Rahmen der Koordinierungsplattform Energieforschung erfolgt (vgl. Struktur in Abb. 2). Das Informationssystem Energieforschung stellt die Projektförderung und die institutionelle Förderung transparent dar. Ein regelmäßiger Informationsaustausch mit Wirtschaft und Wissenschaft – sowohl national als auch international – sichert den Praxisbezug und berücksichtigt aktuelle technisch-wissenschaftliche Entwicklungen.

Abbildung 2: Organisation der Energieforschung der Bundesregierung



1.2 Weiterentwicklung des 6. Energieforschungsprogramms

Die Bundesregierung formuliert ihre Energieforschungspolitik in ihrem regelmäßig fortgeschriebenen Energieforschungsprogramm. Das aktuelle 6. Energieforschungsprogramm ist auf die Ziele der Energiewende hin ausgerichtet. Die Bundesregierung ist überzeugt, dass verlässliche Rahmenbedingungen eine effektive und effiziente Forschung begünstigen. Dies erfordert eine langfristig orientierte Forschungspolitik. Daher beschlossen die Teilnehmer der Koordinierungsplattform Energieforschung, die neuen Ressortzuschnitte für eine Weiterentwicklung des 6. Energieforschungsprogramms zum Anlass zu nehmen. Diese orientiert sich an vier Leitlinien:

- strategische Stärkung von thematisch übergreifenden und systemorientierten Forschungsansätzen in Bereichen mit besonderer Relevanz für die Energiewende
- weiterer Ausbau der europäischen Vernetzung durch Forschungskooperationen insbesondere bei Themen mit klarer europäischer Dimension
- fortgesetzte Intensivierung der Abstimmung und Kooperation mit den Bundesländern
- Transparenz über die Energieforschungsaktivitäten durch das Implementieren eines modernen Informationssystems

Beteiligte Ressorts

Gegenüber der ersten Fassung des 6. Energieforschungsprogramms spricht der Organisationserlass sämtliche ursprünglich in der Verantwortung des Bundesumweltministeriums liegenden Aktivitäten dem Bundeswirtschaftsministerium zu. Damit ergibt sich für die Organisation der Forschungsförderung im Energieforschungsprogramm künftig folgende Situation:

- Das BMWi ist zuständig für die programmatische Ausrichtung und Koordinierung des Energieforschungsprogramms der Bundesregierung. Thematisch ist das BMWi betraut mit der anwendungsorientierten Projektförderung auf den Gebieten Energieeffizienz, erneuerbare Energien und nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung sowie für die institutionelle Förderung des Bereichs Energie des Deutschen Zentrums für Luft und Raumfahrt (DLR) in der Helmholtz-Gemeinschaft deutscher Forschungszentren (HGF).

- Das BMEL ist zuständig für die anwendungsorientierte Projektförderung auf dem Gebiet der Bioenergien.

- Das BMBF ist zuständig für die grundlagenorientierte Projektförderung Energieforschung sowie für die institutionelle Förderung der Zentren der HGF (mit Ausnahme des DLR), der Fraunhofer Gesellschaft, der Max-Planck-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft.

Die Grundlagenforschung des BMBF bildet die Basis für die Optimierung bestehender Verfahren und die Entdeckung zukünftiger Innovationen. Sie ist Zukunfts- und Vorsorgeforschung. Die anwendungsorientierte Forschung des BMWi und BMEL unterstützt Forschung, Entwicklung und Demonstration mit Blick auf spätere Anwendungsmöglichkeiten und schafft damit die Voraussetzungen für eine Umsetzung der Innovationen.

Im Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP) fördert – neben der hier vorgestellten Förderung der technologischen Entwicklung durch das BMWi im 6. Energieforschungsprogramm – das BMVI im Rahmen angewandter Forschung und Entwicklung marktvorbereitende Aktivitäten wie Demonstrationsprojekte, Feldtests und Infrastrukturmaßnahmen.

Forschungsthemen

Das 6. Energieforschungsprogramm hält die Ausrichtung der Forschungsthemen in ihren Grundzügen fest. Unter Berücksichtigung der oben ausgeführten neuen Zuständigkeiten werden die Maßnahmen kontinuierlich fortgeführt. Anpassungen und ergänzende Ausführungen veröffentlichen – falls erforderlich – die verantwortlichen Ressorts in spezifischen Förderbekanntmachungen und Förderaufrufen.

Das 6. Energieforschungsprogramm legte mit dem Element der ressortübergreifenden Forschungsinitiativen den Keim für verstärkte systemorientierte Forschungsansätze. Mit Blick auf die neuen Leitlinien wird die Forschungsförderung in den Themengebieten Energiespeicher und zukunftsfähige Stromnetze fortgesetzt und weiterentwickelt.

Mit der Zusammenführung der Projektförderung zur angewandten Forschung nichtnuklearer Energietechnologien (mit Ausnahme der Bioenergie) im BMWi ergeben sich Synergieeffekte zwischen eng benachbarten, bisher auf zwei Ressorts verteilten Förderbereichen. Dies wirkt sich insbesondere in einer vereinfachten Abstimmung und beschleunigten Koordinierung aus:

- Die Forschung zur Niedertemperatur-Solarthermie steht in engem Zusammenhang mit Projekten zur Energieeffizienz im Gebäudebereich, dem energieoptimierten Bauen und der energieeffizienten Stadt. Daher werden die einzelnen Forschungsinitiativen künftig in einer Forschungsplattform Energieeffiziente Städte und Gebäude strukturell gebündelt.

- Forschungsprojekte zur Energiespeicherung und zu Netztechnologien weisen in der Regel gleichermaßen Bezüge zu Energieeffizienz (bisher BMWi) und erneuerbaren Energien (bisher BMU) auf. Diese werden nun in einem Ressort verantwortet.

- Für die erfolgreiche Umsetzung der Energiewende besonders wichtig sind systemübergreifende Forschungsansätze. Die Gestaltung und die verschiedenen Facetten der für die Zukunft vorgesehenen umweltfreundlichen, zuverlässigen und bezahlbaren Energieversorgung machen einen analytischen Blick auf das Gesamtsystem, die Entwicklung seiner Optimierungsmöglichkeiten und eine besondere Beachtung der Integration der erneuerbaren Energien notwendig. Die Forschungsarbeiten in diesem übergreifenden Themenbereich werden in Zukunft noch größere Bedeutung erlangen.

Ressortübergreifende Forschungsinitiativen

Energietechnische Systeme, wie Strom- und Fernwärmenetze, sowie gebäudetechnische Ausrüstungen und Anlagen sind von hohen Investitionen und langen Nutzungszeiten geprägt. Anpassungsprozesse erfordern deshalb lange Zeiträume, da sie sich üblicherweise an Renovierungs- und Austauschzyklen orientieren. Bei der Umsetzung der Energiewende zeichnet sich jedoch auch ein Bedarf für gravierende Änderungen in der Energieversorgungsstruktur ab, der den Einsatz neuer technischer Lösungsansätze erfordert. So wird eine stärkere Flexibilisierung und ein zunehmendes Vernetzen bisher getrennter Versorgungsbereiche die Energieversorgung in Deutschland kennzeichnen. Mit dem Ausbau der erneuerbaren Energien gehen ein zunehmend fluktuierendes Stromangebot, eine starke Dezentralisierung sowie ein wachsender Stromtransport bei wachsenden Entfernungen einher.

Vor diesem Hintergrund starteten die am Energieforschungsprogramm beteiligten Ressorts gemeinsame Förderinitiativen, im Rahmen derer wichtige systemübergreifende Technologien entwickelt und erprobt werden.

Im Jahr 2011 wurde die ressortübergreifende „Forschungsinitiative Energiespeicher“ (vgl. Kapitel 2.2.1) ins Leben gerufen. Diese enthält unter anderem Projekte zur Kopplung von Windkraft mit der Wasserstoff- und Methanerzeugung sowie den Betrieb von Batterien in Verteilnetzen. Hinzu kommen eine Vielzahl einzeltechnischer Entwicklungen sowie systemanalytische Untersuchungen zu den Einsatzpotenzialen von Energiespeichern im Zusammenwirken mit den bestehenden Energieversorgungsstrukturen.

In der 2012 ausgeschriebenen ressortübergreifenden Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ (vgl. Kapitel 2.2.2) soll der Ausbau von Stromnetzinfrastrukturen und deren Ausrichtung auf das Einspeisen hoher Anteile erneuerbarer Energien in die Übertragungs- und Verteilnetze vorangebracht werden. Die Initiative entwickelt Verfahren, Betriebsmittel sowie Schutz-, Überwachungs- und Kommunikationstechniken zum intelligenten und automatisierten Betrieb von Verteilnetzen. Auf dem Gebiet der Übertragungsnetze stehen neue Übertragungstechnologien, wie die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ) und deren Einbindung in das bestehende Drehstromnetz, sowie Fragen der Planung, Akzeptanz und baulichen Ausgestaltung von Stromtrassen im Mittelpunkt.

1.3 Europäische Vernetzung

SET-Plan und Berliner Modell

Mit dem SET-Plan (Strategic Energy Technology Plan) hat die Europäische Union eine europäische Energie-Strategie verabschiedet, die möglichst rasch zu einem kohlenstoffemissionsarmen aber dennoch wettbewerbsfähigen und erschwinglichen Energiesystem in Europa führen soll. Zur Umsetzung dieses Ziels ist die Industrie aufgefordert, eine führende Rolle einzunehmen. In so genannten Industrieinitiativen erarbeiten Industriepartner mit Unterstützung der Mitgliedstaaten und assoziierten Staaten der EU sowie der Europäischen Kommission so genannte *Implementation Plans*, die die Beteiligung der Industrie an der Energieforschung und an Demonstrationsprojekten stärken, Innovationen ankurbeln und kohlenstoffemissionsarme Energietechnologien entwickeln sollen. Zu folgenden Themen haben europäische Industrieinitiativen bisher offiziell ihre Arbeit aufgenommen: Wind, Photovoltaik und Solarthermische Kraftwerke, Bioenergie, Brennstoffzellen und Wasserstoff (als so genanntes Joint Undertaking, vgl. Kapitel 4.2), Kohlendioxid-Abscheidung und -Speicherung (CCS[1]), Elektrizitätsnetze, Smart Cities, Kernenergie sowie Fusion.

Als weiteres Gremium unterstützt die European Energy Research Alliance (EERA) das Umsetzen des SET-Plans. Führende europäische Forschungsinstitute haben sich zum Ziel gesetzt, die Forschungsanstrengungen zu notwendigen Energietechnologien für das zukünftige Energiesystem durch gemeinsame Vorhaben zu verstärken. Die Kombination von nationaler und EU-Forschungsförderung und das Nutzen von Synergie- und Ergänzungseffekten bündeln effektiv Aktivitäten und Ressourcen für die Ziele des Set-Plans in der EERA.

Die Energieforschungsförderung in Deutschland widmet sich in Zukunft verstärkt Aufgabenstellungen von europäischer Dimension, denn der Erfolg des SET-Plans hängt wesentlich von der Einbindung in nationale Förderstrategien und -programme ab. Da zudem die finanzielle Förderung notwendiger Forschungs- und Innovationsarbeiten gemäß der SET-Plan-Roadmap bzw. der Implementation Plans nicht allein aus den Förderprogrammen der Europäischen Kommission bestritten werden kann, kommt internationalen Kooperationen mit unterschiedlichen Finanzierungsförderansätzen künftig eine wachsende Bedeutung zu:

Für die Umsetzung des SET-Plans schlug Deutschland das „Berliner Modell“ vor. Kernelement dieses Fördermodells ist eine möglichst unbürokratische und effiziente multinationale Förderung von Forschungsprojekten in enger Zusammenarbeit der jeweiligen nationalen Förderprogramme bzw. -organisationen. Erste bi-nationale Verbundprojekte nach diesem Modell wurden erfolgreich im Rahmen einer gemeinsam mit Finnland durchgeführten Förderbekanntmachung zum Thema Energieeffizienz im Jahr 2013 angestoßen. Weitere Kooperationen bestehen in den Forschungsschwerpunkten Energieeffiziente Stadt sowie Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie mit Österreich und der Schweiz. Eine Ausweitung der Förderung nach dem Berliner Modell ist beabsichtigt.

1 Englisch: Carbon Capture and Storage.

Horizon 2020

Im europäischen Kontext der Energieforschung löste das Programm „Horizon 2020“ im Jahr 2014 das bisherige „7. Rahmenprogramm für Forschung und Innovation“ (FP7) der Europäischen Union ab. Als eine von sieben „Gesellschaftlichen Herausforderungen“ ist das Themenfeld „Sichere, saubere und effiziente Energieversorgung“ formuliert, welches auch Fördermittel für die nichtnukleare Energieforschung bereitstellt. Als weiterer Bestandteil von Horizon 2020 werden darüber hinaus unter dem Programm der Europäischen Atomgemeinschaft (Euratom) Forschungstätigkeiten in den Bereichen Kernspaltung und Strahlenschutz sowie Fusionsforschung gefördert. Das Kapitel 4.2 führt zu den nichtnuklearen Themen weitere Einzelheiten aus und wirft einen Blick auf das zurückliegende FP7.

1.4 Nationale Vernetzung

Die Energiewende als gesamtgesellschaftliche Aufgabe erfordert das Einbinden aller Beteiligten aus Politik, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Im künftigen Energiesystem müssen zahlreiche Aspekte in Einklang gebracht werden: technische Machbarkeit, wirtschaftliche Umsetzung, ökologische Auswirkungen, gesellschaftliche Akzeptanz und energiepolitische Bedingungen. Diese Komplexität kann zum einen nur mit starker Forschung bewältigt werden. Darüber hinaus bedarf es des ständigen Transfers von Wissen, Erfahrungen und Erwartungen aller Beteiligten.

Das BMWi hat als federführendes Ressort für diesen Informationsaustausch die Koordinierungsplattform Energieforschung eingerichtet (vgl. Abb. 2), an der die am 6. Energieforschungsprogramm beteiligten Bundesministerien BMWi, BMEL und BMBF mitwirken. Dort werden – unter Berücksichtigung der wachsenden Bedeutung europäischer Aspekte – die Eckpunkte der Forschungsförderung des Bundes im Energiebereich abgestimmt und die ressortübergreifende Zusammenarbeit organisiert.

Im Forschungsforum Energiewende wird unter Beteiligung aller Akteure – Bund, Länder, Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft – eine strategische Forschungsagenda im Bereich der Grundlagenforschung entwickelt. Die Forschungsagenda fließt in die Weiterentwicklung des Energieforschungsprogramms ein.

Von großer Bedeutung ist auch die Abstimmung mit den Bundesländern, die in erheblichem Umfang die Energieforschung finanziell unterstützen. Die Förderprogramme sind auf die jeweiligen Rahmenbedingungen der Länder zugeschnitten, wobei der gesamte Mittelansatz im Jahr 2012 bei 253 Millionen Euro lag. Damit entfällt etwa ein Drittel der gesamten öffentlich geförderten Energieforschung in Deutschland auf die Bundesländer, die einen wichtigen Beitrag zur Weiterentwicklung der Energietechnologien in Deutschland leisten (Kapitel 4). Zur Abstimmung mit den Ländern organisiert das BMWi in jährlichem Turnus das *Bund-Länder-Gespräch Energieforschung*. Dort werden aktuelle Entwicklungen und Schwerpunkte vorgestellt und diskutiert.

1.5 Zentrales Informationssystem Energieforschung

Um die Transparenz in der staatlichen Förderpolitik zu verbessern, wird das im 6. Energieforschungsprogramm angekündigte zentrale *Informationssystem „Energieforschung und Energietechnologien“ EnArgus* etabliert. Im Informationssystem EnArgus stehen den Ressorts und Projektträgern inhaltliche Recherchemöglichkeiten zur laufenden und abgeschlossenen Projektförderung zur Verfügung, die die Funktionen der Vorhabendatenbank des Bundes ergänzen und so zu einer weiteren Verbesserung der Abstimmung beitragen können.

Im Laufe des Jahres 2014 ist eine erste öffentliche Testphase der EnArgus-Webseite geplant. Hier bietet das Informationssystem für die interessierte Öffentlichkeit weitgehende Recherchemöglichkeiten zur Energieforschungsförderung des Bundes unter Wahrung des Datenschutzes. Die Darstellung der Förderprojekte erfolgt dabei auch rückwirkend für Vorhaben der Energieforschung seit Beginn der elektronischen Aktenführung, sodass hier Forschungsvorhaben bis 1976 nachschlagbar sind.

Die Erschließung der Energieforschungsdatenbank mit über 12.000 Förderprojekten erfolgt in EnArgus mittels semantischer Suchfunktionen. Durch die automatische Berücksichtigung technischer Zusammenhänge wird eine Recherche ohne umfangreiches Detailwissen möglich. In der Testphase werden noch nicht alle Bereiche der Energietechnologien recherchierbar sein. Zusätzlich unterstützt das System die Transparenz durch vorgefertigte, im Detail einsehbare Auswertungen und ermöglicht so für zukünftige Ausgaben des Bundesberichts Energieforschung die

Nachvollziehbarkeit bis auf die Vorhabenebene. Dies gewährleistet eine transparente öffentliche Nachweisführung für die gesamte Mittelverwendung im Energieforschungsprogramm der Bundesregierung.

Seit März 2013 ist im Rahmen des Internetauftritts des BMBF die Landkarte der Energieforschung nutzbar. Die Landkarte der Energieforschung schafft erstmals Transparenz über die Leistungen der Energieforschung und das Knowhow der Forschungsorganisationen, Universitäten und Fachhochschulen in Deutschland.

2. Projektförderung

2.1 Energieumwandlung

2.1.1 Photovoltaik

Photovoltaik (PV) ist die direkte Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom. Dabei kommen Solarzellen aus Halbleitermaterialen zum Einsatz, die in Modulen zu Leistungseinheiten von mehreren hundert Watt zusammengeschaltet werden. Diese stellen Gleichstrom bereit, der nachfolgend in den gebräuchlichen Wechselstrom gewandelt wird.

Die Photovoltaik kann einen signifikanten Beitrag dazu leisten, die Elektrizitätsversorgung auf erneuerbare Energien umzustellen. Bereits heute trägt sie rund fünf Prozent des deutschen Stromverbrauchs. Solardächer mit dezentraler Stromeinspeisung in das Netz sind bei vielen Hausbesitzern beliebt. Mittlerweile sind in Deutschland rund 1,5 Millionen Photovoltaikanlagen am Netz.

Für Photovoltaikindustrie, Anlagenbau und Zulieferer war 2013 erneut ein schwieriges Geschäftsjahr. Weltweit stehen einem Markt von jährlich rund 40 Gigawatt aktuelle Produktionskapazitäten von 60 bis 70 Gigawatt gegenüber. Dies führt zu einem Überangebot mit niedrigen Modulpreisen in einer Größenordnung von momentan etwa 0,60 Euro pro Watt. Aufgrund dessen können nur die wirtschaftlichsten Fertigungen ohne Verluste produzieren. Eine Besserung der Situation wird frühestens Ende 2014, vielleicht auch erst 2015, erwartet, wenn Fertigungskapazitäten und Märkte ein etwa konformes Niveau erreicht haben.

Angesichts dieses Umfelds müssen die Kosten für qualitativ hochwertige Solarmodule weiter sinken. Aktuelle Entwicklungsziele liegen unter 0,50 Euro pro Watt. Mit Blick auf die übrigen Systemkomponenten wie Wechselrichter, Montagesysteme und Installation wird außerdem deutlich, dass nur mit hocheffizienten Modulen und Systemen eine weitere Reduktion der Stromgestehungskosten erreichbar ist.

Im Jahr 2013 betrug der Mitteleinsatz im 6. Energieforschungsprogramm zur Projektförderung im Bereich Photovoltaik 63,59 Millionen Euro (vgl. Abb. 3). Damit wurden in Summe 342 laufende Vorhaben unterstützt. Für neue Projekte wurden 2013 zusammen 49 Millionen Euro aus dem Bundeshaushalt bewilligt. Daneben wurden aus anderen Fachprogrammen des Bundes, z. B. der Photonik, zusätzlich Mittel für die Photovoltaik verausgabt.

In den letzten Jahren wurden sowohl auf System- als auch auf Komponentenebene deutliche Kostenreduktionen erreicht. Um diese Entwicklung weiter voranzubringen und das Ausbaupotenzial der Photovoltaik wirtschaftlich und effizient zu realisieren, liegt die Zielsetzung weiterhin auf verbesserten Wirkungsgraden und dem Realisieren bestehender Kostensenkungspotenziale. In der aktuellen Situation steht dabei als Förderziel im Vordergrund, die deutsche Photovoltaikindustrie, den Anlagenbau sowie die Zulieferfirmen bei der Entwicklung innovativer, konkurrenzfähiger Lösungen zu unterstützen. Daher favorisiert der Bund Verbundvorhaben mit Industriebeteiligung. Gleichzeitig wird aber auch eine Vorlaufforschung ermöglicht. Diese soll die ausgezeichneten deutschen Forschungseinrichtungen in die Lage versetzen, auch in vier bis fünf Jahren der Industrie Ideen anzubieten, welche die Phase des „proof-of-concepts“ bereits erfolgreich durchlaufen haben.

Erfolge dieser Strategie sind insbesondere in den positiven Zwischenergebnissen der laufenden Vorhaben zur Innovationsallianz Photovoltaik sichtbar, wie das erste Statuskolloquium dieser Allianz Ende April 2013 zeigte. Der gemeinsame Förderaufruf von BMU und BMBF zu „Forschung und Entwicklung für Photovoltaik“ flankiert die Allianz. Dieser startete im Mai 2013. Ab 2014 werden aus den eingereichten Projektvorschlägen zwölf industriegeführte Vorhaben mit insgesamt bis zu 50 Millionen Euro bewilligt.

Die gleiche Zielsetzung hatten die mit knapp 40 Millionen Euro vom BMBF unterstützten Projekte des im Rahmen des Clusterwettbewerbs gebildeten „Spitzencluster Solarvalley Mitteldeutschland“. Diese wurden bis Ende 2013 beendet und brachten insbesondere Innovationen im Bereich der Silizium-Wafer-Technologien hervor.

Die Silizium-Wafer-Technologien sind mit rund 90 Prozent der globalen Installationen nach wie vor der Standard. Diese erlangten inzwischen einen hohen Reifegrad. Auch die Fertigungstechnologien verbesserten sich in den letzten Jahren sukzessive. Die PERC-Technologie (Passivated Emitter and Rear Contact) mit Zellwirkungsgraden von 18 Prozent und mehr befindet sich in der Phase der Markteinführung. Ein Beispiel hierfür ist das Projekt „Hocheffiziente Siebdrucksolarzellen mit dielektrischer Rückseitenpassivierung und selektivem Emitter (HighScreen)“, in dem Industrie und Forschung Konzepte für hocheffiziente, industriell produzierbare PERC-Solarzellen weiterentwickeln. Damit ist auch der Weg zur Entwicklung von noch effizienteren, qualitativ hochwertigeren Modulen vorgezeichnet.

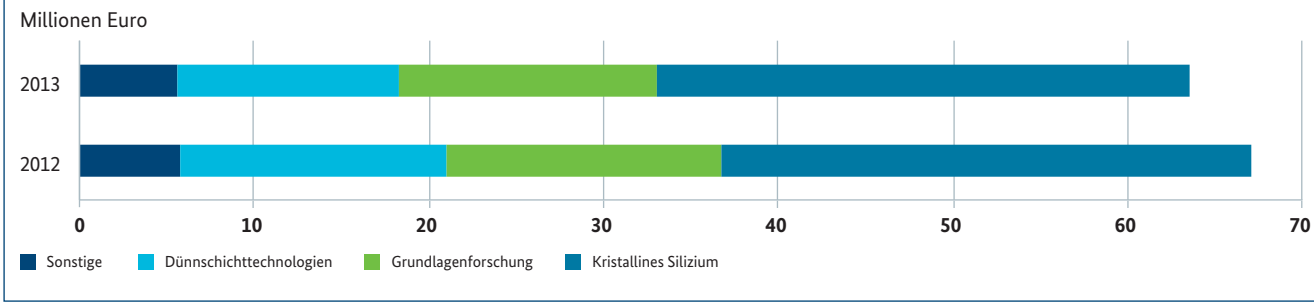
Solarzellen auf Basis der CIS-Dünnschichttechnologie (CIS steht für eine Verbindung aus den Elementen Kupfer, Indium und Selen) haben ihre hohe Leistungsfähigkeit bewiesen, mit einem in Deutschland aufgestellten Wirkungsgrad-Weltrekord von 20,8 Prozent. Möglich wird die stetige Wirkungsgradverbesserung durch gezielte Prozess- und Materialmodifikationen. Im Projekt „Reliability von CIS-Dünnschichtsolarzellen – RECIS“ werden relevante Schnelltests entwickelt und durchgeführt. Die Methodik und Verfahren kommen aus der Halbleitertechnik und werden auf die speziellen Anforderungen der CIS-Dünnschichttechnik angewendet. Diese Schnelltests beinhalten Temperatur-, Beleuchtungs- und elektrische Belastungen sowie deren Kombination. Dies soll einerseits das Verhalten der CIS-Solarzelle im späteren Einsatz ableiten, andererseits die Zusammenhänge der Materialeigenschaften mit den Herstellbedingungen klären. Primäres Projektziel ist die Absicherung einer Lebensdauer der Solarzellen von mehr als 30 Jahren im Feld. Dies leistet einen wichtigen Beitrag zur Reduktion von Stromgestehungskosten aus Photovoltaik.

Mit den Förderaktivitäten zur organischen Photovoltaik verfolgt das BMBF das Ziel, den Brückenschlag zwischen Wissenschaft und Wirtschaft auf diesem jungen Teilgebiet der organischen Elektronik zu erreichen. Hauptziele sind die Steigerung der Lebensdauer durch eine günstige, flexible Verkapselung der Zellen, die die Degradation durch Sauerstoff und Wasser verhindern soll, die Steigerung des Wirkungsgrades durch neue Zellkonzepte und Absorbermaterialien sowie das Etablieren von reproduzierbaren Rolle-zu-Rolle-Druckprozessen für die Modulherstellung.

Die BMBF-Förderbekanntmachung „Organische Elektronik, insbesondere organische Leuchtdioden und organische Photovoltaik“ schlug 2011 eine anwendungsorientierte Zielrichtung ein, welche Synergien in Industrie und Wissenschaft nutzen soll, um eine spätere Verwertung der Technologien zu garantieren. Im Rahmen dieser Förderung wurde im Frühjahr 2013 auch ein neuer Weltrekord mit einer Labor-Zelleffizienz von 12,0 Prozent erzielt.

Auch für die nächste Zeit liegen die Schwerpunkte der Forschungsförderung bei der Kostenreduktion auf Systemebene. Dies bedeutet, dass sowohl die Technik des kristallinen Siliziums mit Blick auf die Weiterentwicklung hocheffizienter Module als auch Qualitätssicherung und Zuverlässigkeit von Photovoltaik-Systemen im Fokus stehen. Weitere Themen im Rahmen dieser Förderphilosophie sind Solarzellen auf Basis der CIS-Dünnschichttechnologie und konzentrierende Photovoltaik. Darüber hinaus liegt der Fokus auf der Systemtechnik mit Ausrichtung auf die Interaktion der Photovoltaik mit dem Stromnetz zur Netzstabilisierung oder auch die Einbindung von Batteriespeichern zur Steigerung des Eigenverbrauchs, einschließlich solarelektrischer Kühlung sowie einer weiteren Kostenreduktion für Wechselrichter.

Abbildung 3: Fördermittel für Photovoltaik
(Daten siehe Tabelle 2)



2.1.2 Windenergie

Die Energieforschung im Bereich der Windenergie reicht auf technischer Seite von dem Verbessern einzelner kritischer Komponenten von Windenergieanlagen über die Entwicklung gänzlich neuer Anlagenkonzepte bis hin zum Aufbau von Großkomponentenprüfständen für Gondeln, Rotorblätter und Tragstrukturen. Strategische Ziele bestehen weiterhin darin, zu einer möglichst leistungsfähigen Institutslandschaft als kompetenter Ansprechpartner für die Industrie beizutragen, an Kostensenkungen mitzuwirken, offene Fragen über den Ausbau der Offshore-Windenergie in großen Wassertiefen fern der Küste kosteneffizient und naturverträglich zu beantworten und nicht zuletzt die gute Wettbewerbsposition der deutschen Windindustrie in einem rasant wachsenden Feld von Mitbewerbern zu erhalten oder weiter auszubauen. Da von der Onshore-Windenergie in Deutschland auch zukünftig ein erheblicher Beitrag zur kosteneffizienten Stromversorgung erwartet wird, spielen die Erschließung bisher wenig genutzter Standorte (Wald, Mittelgebirge) sowie die Weiterentwicklung von Schwachwindanlagen eine bedeutende Rolle.

Insgesamt wurden im Jahr 2013 im Windbereich 56 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 37,3 Millionen Euro neu bewilligt (vgl. Abb. 4). Im Vergleich zum Vorjahr stellt dies einen deutlichen Rückgang des Neubewilligungsvolumens dar (2012: 93,2 Millionen Euro). Bereits laufende Forschungsvorhaben wurden 2013 hingegen mit 52,6 Millionen Euro gefördert (2012: 38,5 Millionen Euro). Bei beiden Angaben muss berücksichtigt werden, dass die Jahre 2011 und 2012 aufgrund eines Aufwuchses im Bundeshaushalt und erheblicher verfügbarer Mittel im Energie- und Klimafonds (EKF) gesondert zu betrachten sind. So lagen die Neubewilligungsvolumina von 2006 bis 2010 – ohne die EKF-Sonderjahre 2011 und 2012 – im Durchschnitt bei 34,43 Millionen Euro, womit sich das Neubewilligungsvolumen 2013 sogar über dem bereits hohen Niveau der Vorjahre befindet.

Die Offshore-Windenergie spielt, bezogen auf die bereitgestellte Strommenge, derzeit noch keine marktrelevante Rolle. Daher lag hier in den vergangenen Jahren ein Schwerpunkt in der Forschungsförderung. Die Offshore-Windenergie ist für die Bundesregierung deshalb so wichtig, da die gesteckten Ziele zum Ausbau der erneuerbaren Energien ohne Offshore-Windenergie wahrscheinlich nicht erreichbar sind. Aufgrund der sehr viel stetigeren Windbedingungen auf See ist eine kontinuierlichere Energiebereitstellung zu erwarten. Außerdem stehen auf See geeignete Flächen in großem Umfang zur Verfügung.

Ein Ziel der Forschungsförderung ist es, einen Beitrag zur Kostensenkung zu liefern. Während Vorhaben zu kostengünstigen und schallarmen Gründungen allein der Offshore-Windenergie zuzurechnen sind, bieten so gut wie alle anderen Projekte durch die Übertragbarkeit der Ergebnisse auch für die Onshore-Windenergie einen Nutzen. So können die Verbesserungen der Zuverlässigkeit und die Erfahrungen mit Multi-Megawatt-Maschinen auch wichtige Impulse für den Onshore-Ausbau liefern. Dies zeigte die zuletzt deutlich beschleunigte Erschließung von Schwachwindstandorten mit großen Rotorblattlängen, großen Nabenhöhen und gegenüber den letzten Jahren auch größeren Nennleistungen in Richtung von drei Megawatt pro Turbine.

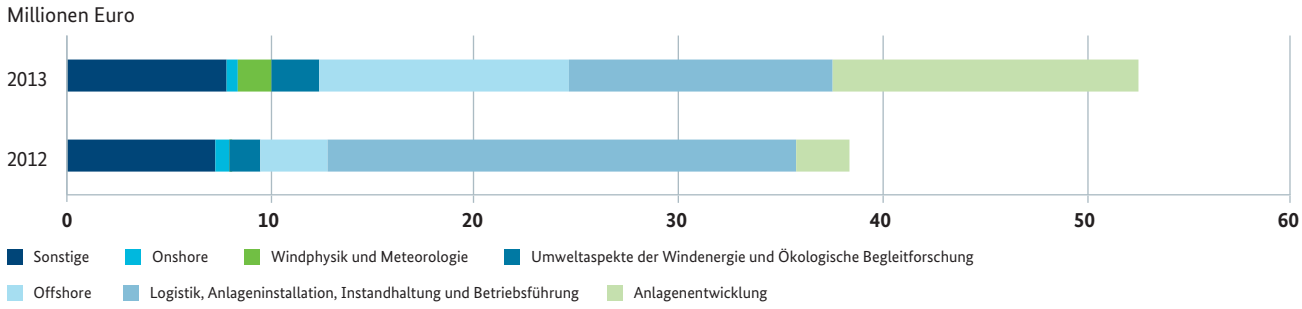
Für die wachsenden Blattlängen sind neben geeigneten Prüfständen auch Fertigungskonzepte gefragt, um die Kosten für die Blattherstellung drastisch zu senken und gleichzeitig die Fertigungsqualität zu erhöhen.

Um die Entwicklung bestehender Turbinenkonzepte und die Umsetzung neuer Entwicklungsansätze zu beschleunigen, werden derzeit Gondelprüfstände errichtet: in Aachen aus Mitteln des Landes Nordrhein-Westfalen und der Europäischen Union sowie in Bremerhaven mit Bundesmitteln. Es wird erwartet, dass mithilfe dieser leistungsfähigen Infrastruktur unter anderem wichtige Erkenntnisse zu bisher noch unverstandenen Schädigungsmechanismen gewonnen werden können.

Mehrere Forschungsvorhaben präsentierten ihre Ergebnisse z. B. auf der Konferenz „EWEA Offshore 2013“ in Frankfurt. Einen guten Überblick über die umfangreichen Messungen sowie die Resultate von Vorhaben auf den Forschungsplattformen in Nord- und Ostsee (FINO 1 bis 3) bot die Veranstaltung „FINO-Konferenz 2013“ in Kiel.

Für die nahe Zukunft wird erwartet, dass die laufenden Forschungsvorhaben zu verbesserten Designs und automatisierter Fertigung Beiträge für eine qualitäts- und kostenoptimierte Fertigung auch sehr großer Rotorblätter liefern. Da der Bau und der Betrieb von Offshore-Windparks in der deutschen Außenwirtschaftszone (AWZ) zuletzt deutlich Fahrt aufgenommen hat, ist von einer raschen Lernkurve für die Logistik bei Bau und Instandhaltung auszugehen. In Verbindung mit der Optimierung einzelner Komponenten, dem Trend zu längeren Rotorblättern und der standardisierten Erfassung von Schäden erhöht sich die Verlässlichkeit der Einspeisung von Windstrom, sinken die Kosten und es werden Ansätze für neue Forschungsfragen geliefert.

Abbildung 4: Fördermittel für Windenergie
(Daten siehe Tabelle 2)



2.1.3 Bioenergie

Zur Ausrichtung auf ihre tragende Rolle in der zukünftigen regenerativen Energieversorgung, der Netzstabilisierung und der Bereitstellung von Kraftstoffen für Mobilität und Rohprodukten für die chemische Industrie, intensivierte sich die Forschungsförderung auf dem Gebiet der biobasierten Energieerzeugung ab 2008 mit der BMBF-Initiative „Bioenergie 2021 – Forschung für die Nutzung von Biomasse“. Diese hat ein Gesamtvolumen von ca. 52 Millionen Euro. Der Betrag entfiel zu etwa gleichen Teilen auf Projekte, die sich mit der thermochemischen und biochemischen Biomassekonversion befassen sowie solche, deren Fokus auf der Optimierung von Energiepflanzen lag. Ein Großteil der Vorhaben lief im Haushaltsjahr 2013 aus.

Aufgrund des anhaltend hohen Entwicklungspotenzials der Bioenergie wird die Grundlagenforschung in diesem Bereich seit 2012 mit der BMBF-Initiative „BioProFi – Bioenergie – Prozessorientiert Forschung und Innovation“ mit einem Gesamtvolumen von ca. 35 Millionen Euro konsequent weitergeführt. Die Initiative setzt ihre thematischen Schwerpunkte bei der optimierten Nutzung von Reststoffen und der verfahrenstechnischen Weiterentwicklung von Biogasanlagen, um die lastabhängige Einspeisung ins Stromnetz als Ausgleich zur fluktuierenden Stromerzeugung aus Sonne und Wind zu verbessern. Durch die begrenzte Verfügbarkeit von Biomasse werden zudem Verfahren zur industriellen Biomasseerzeugung mithilfe von Algen entwickelt. Aufgrund der hohen Aktualität dieses Forschungsfeldes wurde dieser Punkt mit Bezug auf das 6. Energieforschungsprogramm in zwei Projekten mit einem Volumen von ca. 2,4 Millionen Euro auch nach Abschluss der Bewilligungsphase von BioProFi weiter ausgebaut.

Im Jahr 2013 investierte das BMBF für die Förderung der Grundlagenforschung im Bereich der Bioenergie insgesamt rund zehn Millionen Euro und hielt damit das vergleichbare hohe Niveau der Vorjahre.

Der Beitrag des BMEL zur Projektförderung erneuerbarer Energien erfolgt im Rahmen des Förderprogramms „Nachwachsende Rohstoffe“. Dieses umfasst neben den im folgenden dargestellten Forschungs-, Entwicklungs- und Demonstrationsvorhaben zur energetischen Nutzung nachwachsender Rohstoffe weitere, nicht dem Energieforschungsprogramm zugerechnete, Maßnahmen, etwa zur stofflichen Nutzung und zur Öffentlichkeitsarbeit bzw. Verbraucherberatung.

Seit dem Jahr 2000 berücksichtigt das Förderprogramm „Nachwachsende Rohstoffe“ verstärkt die energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe und von Rest- und Koppelprodukten der land- und forstwirtschaftlichen Erzeugung. Die heute gültige Fassung des Förderprogramms wurde zuletzt 2008 überarbeitet und notifiziert. Die Förderung des BMEL im Bereich Bioenergie ist übergeordnet in zwei Bereiche gegliedert:

- Erzeugung nachwachsender Rohstoffe mit dem Schwerpunkt Anbau und Züchtung
- energetische Nutzung nachwachsender Rohstoffe

2013 lag die Fördersumme bei 26,7 Millionen Euro und erhöhte sich damit gegenüber den Vorjahren noch einmal deutlich (vgl. Abb. 5). Die Förderung konzentrierte sich auf folgende Förderschwerpunkte:

- Biokraftstoffe aus Lignocellulose
- biotechnologische Produktion flüssiger Kohlenwasserstoffe zur Nutzung als Biokraftstoff
- mikrobiologische Prozesse in Biogasanlagen
- aktuelle Züchtungsstrategien im Bereich der nachwachsenden Rohstoffe
- Energiepflanzenanbau
- feste Bioenergieträger
- Züchtung zur Anpassung von Energiepflanzen an den Klimawandel
- intelligente Lösungen zur kombinierten Nutzung von Bioenergie und anderen erneuerbaren Energien
- Effizienzsteigerung für dezentrale Bioenergie-Nutzungskonzepte
- Entwicklung von Konversionsrouten zur Bereitstellung von Energieträgern aus nachwachsenden Rohstoffen mittels Algen
- Biokraftstoffe
- Untersuchungen zur Humus- und Nährstoffwirkung organischer Reststoffe aus Biomassekonversionsanlagen

2.1.4 Tiefe Geothermie

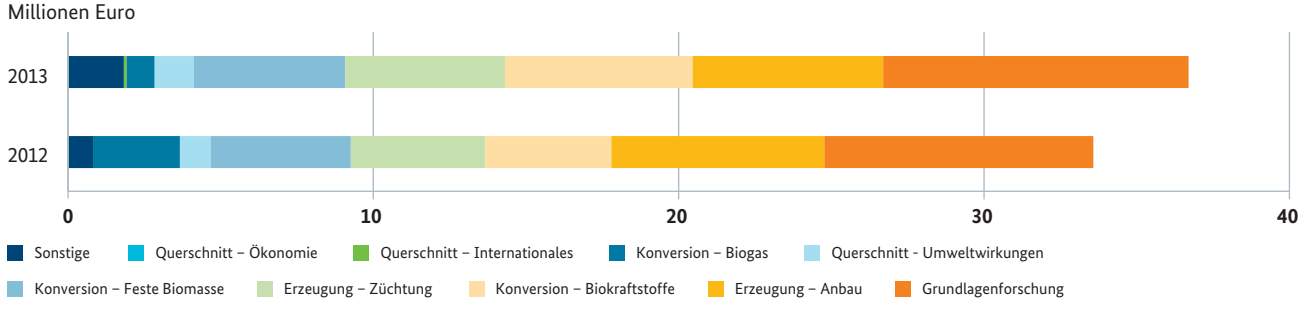
Bei der Geothermie handelt es sich um eine Energiequelle, die im Gegensatz zu der fluktuierenden Wind- und Sonnenenergie kontinuierlich zur Verfügung steht. Neben der direkten Wärmenutzung bietet sich die Geothermie auch für die Stromproduktion an und kann deshalb in einem regenerativen Energiemix der Zukunft eine wichtige Rolle einnehmen.

Auch wenn im Bereich der Nutzung tiefer Geothermie für die Stromerzeugung in den vergangenen Jahren bereits deutliche wissenschaftlich-technische Fortschritte entstanden, befindet sich die Geothermie noch nicht in einem Stadium, in dem diese Technologie zuverlässig in wirtschaftlichen Maßstäben genutzt werden kann.

Angesichts des erheblichen Potenzials der Geothermie im Hinblick auf ein durch erneuerbare Energien gestütztes System, bewilligte das BMU 2013 insgesamt 25 Projekte mit einem Fördervolumen von rund 19,2 Millionen Euro neu. Gleichzeitig flossen rund 17,1 Millionen Euro in bereits laufende Forschungsvorhaben (vgl. Abb. 6).

Die mit Fördermitteln unterstützten Vorhaben umfassten alle Stufen der geothermischen Wertschöpfung, von der Planungs- und Explorationsphase über die Bohr-, Errichtungs- und Bauphase bis hin zur Test- und Betriebsphase. Die geförderten Forschungsprojekte haben dabei stets das Ziel, die Kosten der Geothermie weiter zu senken, um sie in den Bereich der Wirtschaftlichkeit zu führen.

Abbildung 5: Fördermittel für Bioenergie
(Daten siehe Tabelle 2)



Stand zu Beginn überwiegend die technische Weiterentwicklung im Fokus der Förderung, so gehören Konzepte für eine verbesserte Öffentlichkeitsarbeit inzwischen zum selbstverständlichen Bestandteil erfolgreicher Forschungsvorhaben.

In Deutschland sind insbesondere das Molassebecken im Süden, der Oberrheingraben im Südwesten sowie das norddeutsche Becken für die geothermische Nutzung vorrangig geeignet. Nach Angaben des Bundesverbands Geothermie e.V. waren 2013 deutschlandweit 25 geothermisch versorgte Heizkraftwerke mit einer installierten Leistung von 222,95 MW thermisch in Betrieb, die über Fernwärmenetze Haushalte, Unternehmen und öffentliche Gebäude mit Wärmeenergie versorgen.

Die vier Standorte Insheim und Landau (beide Rheinland-Pfalz, 2007), Unterhaching (Bayern, 2008/09) und Bruchsal (Baden-Württemberg, 2009) konnten bisher bis zur Stromgewinnung entwickelt werden und verfügen zusammen über eine installierte elektrische Leistung von 12,31 MW. Zusätzlich befanden sich 2013 fünf weitere im Bau: Dürrnhaar, Kirchstockach, Kirchweidach, Sauerlach und Traunreut (alle in Bayern).

Handelt es sich bei den genannten Projekten meist um hydrothermale Geothermie, also um die Nutzung vorhandener Thermalwässer, so wird in der weiteren Projektförderung auch die Erforschung heißer trockener Tiefengesteine in der petrothermalen Geothermie einen festen Platz einnehmen.

2.1.5 Kraftwerkstechnologien

Nachdem hinsichtlich Energieeinsparung und -effizienz im Bereich Kraftwerkstechnik und CCS-Technologien in der Vergangenheit Themen wie Wirkungsgrad, Zeitverfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund standen, gewinnt im Zuge der Energiewende immer stärker die Frage nach der Flexibilität von Prozessen und Komponenten an Bedeutung. Hintergrund hierfür ist die steigende Anforderung der Stromversorgung an die fossilbefeuerten Kraftwerke, die Residuallast zwischen Erzeugung aus erneuerbaren Energien und dem Verbrauch zeitgenau auszugleichen.

Im Jahr 2013 betrug der Mitteleinsatz zur Projektförderung der Kraftwerkstechnik und der CCS-Technologien insgesamt 23,75 Millionen Euro (vgl. Abb. 7) für 214 laufende Projektvorhaben. Es wurden 64 Neubewilligungen mit 24,7 Millionen Euro Fördermittelansatz realisiert.

2013 konnten eine Reihe von großen Verbundforschungsvorhaben erfolgreich abgeschlossen werden. Beispielhaft seien hier die Verbünde ADECOS und MEM-OXYCOAL genannt. ADECOS befasste sich mit der Entwicklung der Oxy Fuel Technologie auf Basis der kryostatischen Luftzerlegung, MEM-OXYCOAL hatte als Entwicklungsschwerpunkt CO_2-resistente Membranen zur Gewinnung von O_2 für Oxy Fuel-Prozesse.

Der Verbund COORAL, der sich dem Transport von CO_2 widmete, wurde ebenfalls abgeschlossen und soll mit deutlich erweiterter Themenstellung unter dem Namen CLUSTER weitergeführt werden.

Abbildung 6: Fördermittel für Tiefe Geothermie
(Daten siehe Tabelle 2)

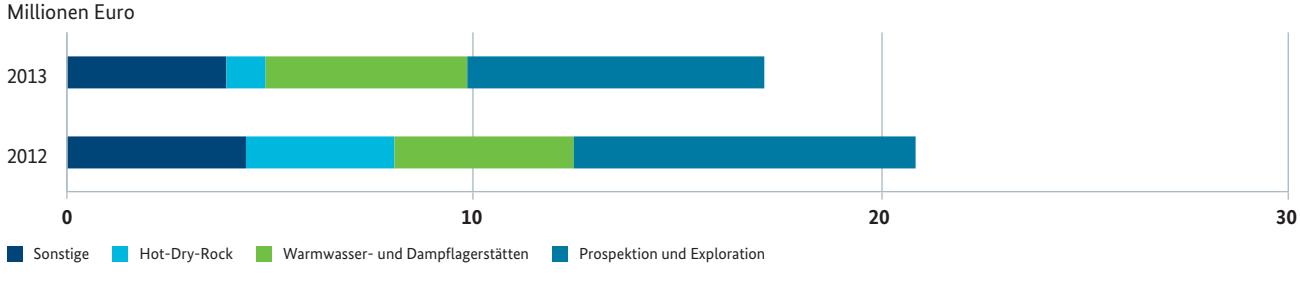
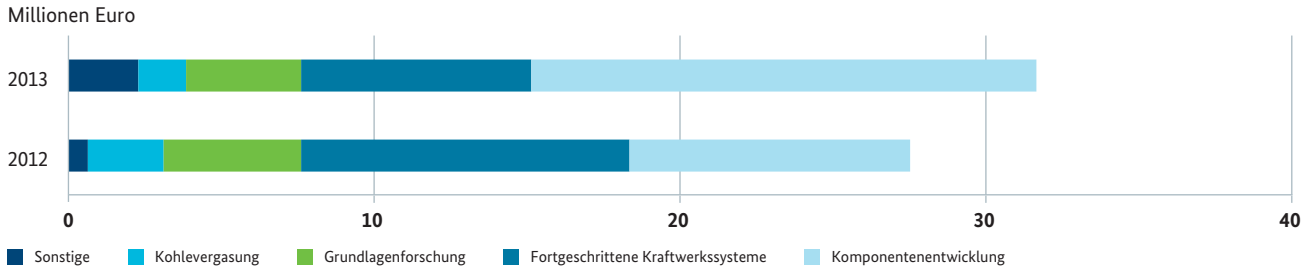


Abbildung 7: Fördermittel für Kraftwerkstechnologien
(Daten siehe Tabelle 2)



Mit dem Start des Programms COOREFLEX Turbo im Jahr 2013 hat die Arbeitsgemeinschaft Turboarbeitsmaschinen (AG Turbo) eine neue Phase gestartet, die bis ins Jahr 2017 andauern wird. Auch hier wurde der Schwerpunkt Flexibilität (Brennstoff und Betrieb) verstärkt.

Der Start der Vorhaben im Kontext des Clean Energy Centers (CEC) brachte auch ein ganzes Vorhabenpaket auf den Weg, das sich schwerpunktmäßig mit flexiblen und trotzdem emissionsarmen Brennertechnologien beschäftigt, die insbesondere deutlich erweiterte Teillastbereiche ermöglichen sollen.

Perspektivisch bündelt auch das so genannte Rhein-Ruhr-Power-Cluster Arbeiten, die im Zusammenhang mit hocheffizienten und flexiblen konventionellen Kraftwerken notwendig sind. Den Auftakt bildete das Verbundprojekt „Partner-Dampfkraftwerk“. Der Begriff des Partner-Dampfkraftwerkes will ausdrücken, dass langfristig erneuerbare Energiequellen und konventionelle Kraftwerkstechnik partnerschaftlich zu einer sicheren Versorgung beitragen müssen.

Auf der internationalen Ebene wurde 2013 die Beteiligung Deutschlands im Themenfeld Kraftwerkstechnologien und CCS weitergeführt. Dies geschah durch die Beteiligung und Mitwirkung in der IEA Working Party on Fossil Fuels, im IEA-Implementing Agreement Clean Coal Centre (CCC), in den Gremien und Task Forces der Zero Emission Platform (ZEP) der Europäischen Kommission sowie bei Aktivitäten im Rahmen des SET Planes und bilateraler Zusammenarbeit.

Das BMBF unterstützt im Rahmen des Sonderprogramms GEOTECHNOLOGIEN Forschungsarbeiten zur Speicherung von Kohlendioxid im geologischen Untergrund. Diese sollen grundlegende Fragestellungen für eine sichere Lagerung des Klimagases klären. Die Arbeiten der aktuellen Förderphase konzentrieren sich dabei auf das Thema Langzeitsicherheit und die Entwicklung von Monitoringmethoden für die Betriebs- und Nachbetriebsphase eines CO_2-Speichers. 2013 wurde das Verbundprojekt CO_2MAN abgeschlossen. Dieses erprobte unter anderem die Speicherung von Kohlendioxid in einem tiefen Grundwasserleiter in Ketzin (Brandenburg). Das Anschlussprojekt COMPLETE unterstützt ab 2014 den Verschluss des Speichers und die Nachbetriebsphase mit Mitteln des BMBF. Für die Forschung zur geologischen CO_2-Speicherung stellte das BMBF im Jahr 2013 3,8 Millionen Euro im Rahmen des Energieforschungsprogrammes und weitere 3,5 Millionen Euro aus anderen Programmen zur Verfügung.

2.1.6 Brennstoffzellen und Wasserstoff

Brennstoffzellen stehen für eine Effizienztechnologie, die schon in kleinen Einheiten Elektrizität mit hohen Wirkungsgraden generiert. In Kraftfahrzeugen tragen Brennstoffzellen zur Elektromobilität mit einer Reichweite bei, die vergleichbar zu herkömmlichen Fahrzeugen ist. In der Hausenergieversorgung ermöglichen sie die gekoppelte Erzeugung von Strom und Wärme. In USV-Anlagen (USV: *Unterbrechungsfreie Stromversorgung*) oder netzfernen Anlagen zur Stromerzeugung erlauben Brennstoffzellen netzunabhängig eine effiziente und schnell ansprechende Stromerzeugung.

Brennstoffzellen benötigen Wasserstoff als Energieträger. Daher sind sie in allen Anwendungen lokal emissionsfrei, was insbesondere Vorteile bei der Anwendung in der Mobilität oder bei netzfernen Stromerzeugungsanlagen bietet. Das Herstellen von Wasserstoff mittels Elektrolyse ist außerdem eine wichtige Option zur Nutzung elektrischer Überschussenergie und stellt damit ein Bindeglied dar zwischen der Effizienztechnologie Brennstoffzelle und dem Bedarf der Energiewirtschaft an Speichertechnologien.

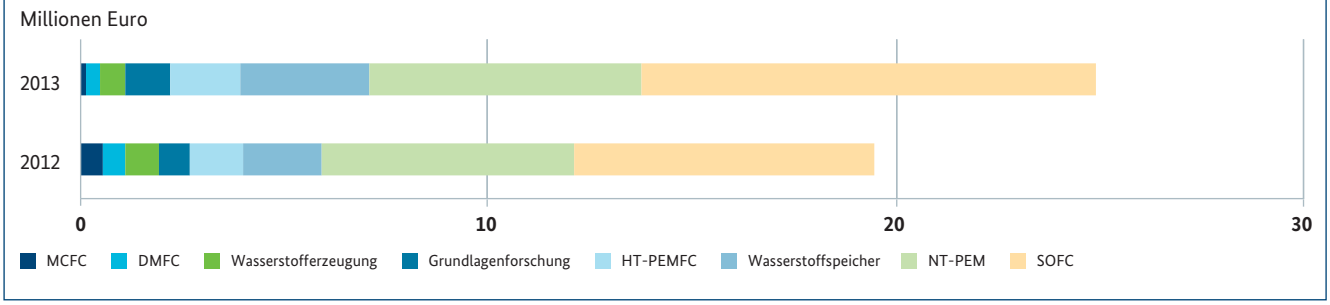
Die am Energieforschungsprogramm beteiligten Ressorts unterstützen anwendungsorientierte Projekte zur Entwicklung von Brennstoffzellentechnologien mit Mitteln der Energieforschung. Damit leistet sie einen wesentlichen Teil zum *Nationalen Innovationsprogramm Wasserstoff- und Brennstoffzellentechnologie (NIP).*

Im Jahr 2013 erhielten insgesamt 112 Projekte Förderungen im Umfang von 23,8 Millionen Euro (vgl. Abb. 8). Im Vordergrund stehen die Technologie der PEM-Brennstoffzelle und der SOFC sowie Wasserstofftanks für mobile Anwendungen. In geringerem Umfang wurden Projekte zur DMFC-Entwicklung und zur Entwicklung von Hochtemperaturelektrolyseuren (SOEC) unterstützt.[2] In diesen Technologiefeldern wurden 26 Projekte neu bewilligt.

Folgende Projekte haben eine strategisch hervorzuhebende Bedeutung:

- Im Verbund HYMOTION 5 erarbeiten fünf Partner ein Konzept für einen automobiltauglichen PEM-Stack, der komplett in Deutschland hergestellt werden kann.
- Im Verbund OPTIGAA2 werden ebenfalls Zuliefererbetriebe der Automobilindustrie gefördert, die verbesserte Komponenten für PEM-Stacks für PKW herstellen. In beiden Verbünden zielen die Konzepte auf verbesserte und langlebige Komponenten bei gleichzeitig kostengünstigen Fertigungsmethoden ab.
- Die für die Kraft-Wärme-Kopplung in der Hausenergieversorgung interessante SOFC-Technologie wird in drei Projekten weiter entwickelt. Hier ist ein Durchbruch bei den Kenngrößen Lebensdauer, Zyklenfestigkeit und Kosten zu erwarten.
- Ergänzend werden in einem Verbund von zwei deutschen und zwei finnischen Partnern Degradationsmechanismen von SOFC grundlegend untersucht.
- Die Markteinführung von Brennstoffzellenfahrzeugen erfordert neben kostengünstigen Stacks auch Wasserstofftanks mit deutlich reduzierten Kosten. Hierauf zielt der Verbund HYMOD ab, welcher Auslegungsmethoden für die Konstruktion und Absicherung von Wasserstofftanks ermittelt.

Abbildung 8: Fördermittel für Brennstoffzellen und Wasserstoff
(Daten siehe Tabelle 2)



2 Hier steht PEM für *proton exchange membrane*, SOFC für *solid oxide fuel cell*, DMFC für *direct methanol fuel cell* und SOEC für *solid oxide electrolyser cell*.

- Das 2012 erfolgreich abgeschlossene Verbundvorhaben „Deutsch-Kanadische Brennstoffzellenkooperation“ wird seit 2013 als weiter ausgebaute „German-Canadian Co-operation on Kinetics and mass transport Optimization in PEM fuel cells (GECKO)“ fortgeführt. Es strebt die Optimierung von Komponenten in Niedertemperatur-PEM-Brennstoffzellen für mobile Anwendungen an. Übergeordnetes Ziel ist die Minimierung verkehrsbedingter CO_2-Emissionen. Das deutsche Konsortium und die kanadischen Partner sind weltweit führende Einrichtungen auf dem Gebiet der Brennstoffzellentechnologie und verfolgen im Projekt komplementäre Ansätze. Im Jahr 2013 wurde das Vorhaben von deutscher Seite mit einer Million Euro gefördert und das hohe Niveau der Vorjahre gehalten.

Die Perspektiven für Brennstoffzellentechnologien sind gut, basierend auf den veröffentlichten Jahreszahlen für den geplanten Markteintritt namhafter Hersteller von Heizkesseln, USV-Anlagen und Automobilen. Die in diesem Abschnitt dargestellten Projekte zielen zum Teil schon auf die nachfolgenden Generationen der entsprechenden Technologien ab, von denen eine weitere Senkung der Kosten und Erhöhung der Lebensdauer erwartet wird. Ziel der hier vorgestellten Projekte ist deshalb, die verbesserten Technologien in Feldtests zu erproben und eine spätere Kommerzialisierung vorzubereiten.

2.1.7 Solarthermische Kraftwerke

Solarthermische Kraftwerke nutzen die Sonnenstrahlung zur Stromerzeugung. Spiegel konzentrieren das Sonnenlicht auf einen Strahlungsempfänger (CSP – *concentrating solar power*) und erhitzen dort ein Wärmeträgermedium. Dessen Energieinhalt wandelt ein konventioneller Kraftwerksprozess in Strom um. Solarthermische Kraftwerke eignen sich für die Stromerzeugung in Regionen der Erde mit hoher direkter Einstrahlung. Ihr großer Vorteil liegt darin, dass sie durch integrierte Speicher Solarstrom bedarfsgerecht zur Verfügung stellen können. Damit erhöhen sie auch in kleineren Netzen die Fähigkeit zur Integration fluktuierender regenerativer Energien deutlich. Durch die Möglichkeit, den Solarthermischen Kraftwerksteil mit einem fossil befeuerten zu kombinieren, also so genannte Hybridkraftwerke zu errichten, lässt sich zudem die Solarisierung der Energieversorgung schrittweise gestalten.

Trotz deutlicher technologischer Fortschritte der letzten Jahre entwickelt sich der CSP-Zubau, verglichen mit anderen erneuerbaren Energien zur Stromerzeugung, seit zwei Jahren sehr verhalten. Dies hat zu einem deutlichen Abbau von Produktionskapazitäten bzw. Geschäftsaufgaben auch bei deutschen Komponentenherstellern und Zulieferern geführt. Die Konkurrenz durch ausländische Unternehmen, die oftmals deutliche Standortvorteile für Versuchsanlagen haben, wächst. Zudem verhindert der vergleichsweise geringe Umsatz Kostensenkungen aufgrund von Skaleneffekten.

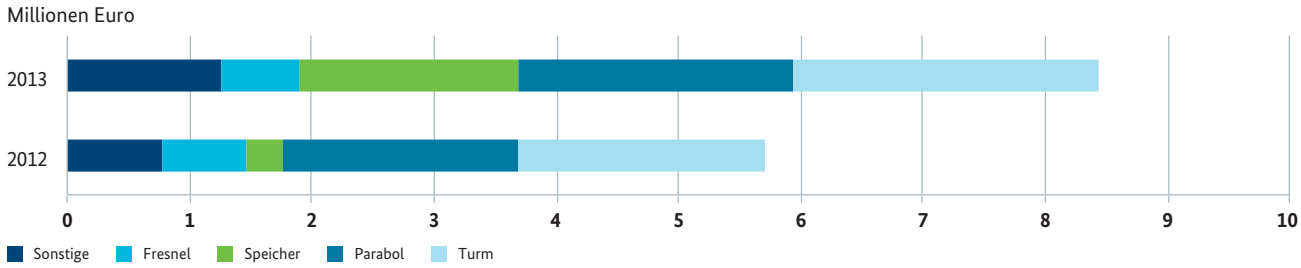
Dennoch haben deutsche Unternehmen im internationalen CSP-Markt wichtige Positionen inne. Dies zeigt beispielsweise das Kraftwerksprojekt „Schams 1“ in Abu Dhabi (Vereinigte Arabische Emirate) ein 100-MW-Parabolrinnenkraftwerk, das im März 2013 in Betrieb ging: Spiegel, Receiver und Turbine sind „Made in Germany“.

Im Jahr 2013 betrug der Fördermitteleinsatz zur Projektförderung im Bereich Solarthermische Kraftwerke 8,4 Millionen Euro (vgl. Abb. 9). Damit wurden insgesamt 74 laufende Vorhaben unterstützt. Für neue Projekte wurden 8,7 Millionen Euro aus dem Bundeshaushalt bewilligt.

In Deutschland produzierte Komponenten Solarthermischer Kraftwerke nehmen hinsichtlich Leistung und Qualität immer noch eine herausgehobene Stellung ein. Vor diesem Hintergrund sind Maßnahmen zur Standardisierung und Qualifizierung aller Kraftwerkskomponenten ein wichtiger Bestandteil der Forschungsförderung. Sie tragen dazu bei, die hohe Qualität deutscher Technik zu unterstreichen und damit die Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen zu stützen. Beispielsweise entwickelt das Test- und Qualifizierungszentrum für konzentrierende Solartechnik QUARZ des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) standardisierte Messmethoden zur Qualitätskontrolle und fertigt detaillierte Analysen der Wirkungsgrade von Kollektoren an.

Flüssigsalz wird heute schon in Solarthermischen Parabolrinnen-Kraftwerken erfolgreich als Speichermedium eingesetzt. Salz kann seine Vorteile gerade dann voll ausspielen, wenn es nicht nur als Wärmespeicher sondern gleichzeitig als Wärmeträgermedium eingesetzt wird. DMS-Kraftwerke (Direct Molten Salt) sichern nicht nur eine planbare Kraftwerksleistung, sondern senken durch mehr Jahresbetriebsstunden auch die Stromerzeugungskosten. Das Projekt „Demonstration von Flüssigsalz als Wärmeträger in einem linearen Fresnel-Kollektor (DMS-Fresnel)“ soll den experimentellen Nachweis erbringen, dass sich Flüssigsalz als

Abbildung 9: Fördermittel für Solarthermische Kraftwerke
(Daten siehe Tabelle 2)



Wärmeträger in Fresnel-Kollektoren eignet. Durch den Einsatz von Flüssigsalz können hohe Prozesstemperaturen von ca. 550 °C erreicht werden.

Neben der Qualifizierung und Qualitätssicherung von Anlagenkomponenten sowie der Weiterentwicklung der DMS-Technik liegt ein weiterer Schwerpunkt der Forschungsförderung auf der Entwicklung von Turmkraftwerken. Letztere sowohl mit der DMS-Technik, aber auch im Hinblick auf volumetrische Receivers und druckbeaufschlagte-Technologien. Alle genannten Varianten lassen einen Einsatz bei Temperaturen deutlich oberhalb von 400 °C zu. Bei der Technik des volumetrischen Receivers haben sich deutsche Unternehmen zudem einen Entwicklungsvorsprung erarbeitet.

2.2 Energieverteilung und Energienutzung

2.2.1 Speicher

Energiespeicher haben eine tragende Rolle im Energiesystem der Zukunft. Die Speicherung elektrischer Energie kann dazu beitragen, überschüssig erzeugten Strom aus erneuerbaren Energien in das System zu integrieren und zu Zeiten niedriger Stromeinspeisung aus Erneuerbaren wieder zur Verfügung zu stellen. Neben dem Ausgleich dieser Fluktuationen können damit lokale Netzüberlastungen vermieden werden. Inwiefern ausreichend dimensionierte Speicher (z. B. Wasserstoff in unterirdischen Kavernen) eine effektive saisonale Speicherung von Energie zulassen, wird derzeit noch untersucht.

Batteriespeicher ermöglichen darüber hinaus eine Elektrifizierung des Verkehrssektors und reduzieren die Abhängigkeit von Mineralöl- und Erdgasimporten.

Speicher für thermische Energie können dazu beitragen, den Primärenergieverbrauch und damit verbunden die CO_2-Emissionen aus der Wärmeerzeugung in Gebäuden und Städten zu senken. Beispielsweise kann thermische Speicherabwärme aus Industriebetrieben, die ansonsten ungenutzt bleibt, örtlich und zeitlich versetzt und entlang des exergetischen Wirkungsgrades für die Wärmeversorgung genutzt werden.

Durch die zur Speicherung in vielen Fällen erforderliche Umwandlung von Strom in Wasserstoff, synthetisches Erdgas oder Wärme ist außerdem eine Verlagerung von Transportaufgaben vom Übertragungsnetz für elektrische Energie auf das Ferngasleitungsnetz oder vom Verteilnetz auf Nahwärmenetze möglich, und es stellen sich Fragen der noch engeren Kopplung von Strom-, Kraftstoff- und anderen Energieinfrastrukturen.

Dem hohen Bedarf an Speichern steht damit noch ein umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf gegenüber. Zur Senkung der Kosten für Speicher ist die Erforschung neuer Technologien, neuer Werkstoffe und Konzepte erforderlich, beispielsweise zur Gestaltung von Siedlungen mit großen thermischen Speichern oder Batteriespeichern. Zudem sind viele Speichertechnologien in ihren Ausbaupotenzialen begrenzt, sodass die Energiewirtschaft verschiedene Optionen zur großflächigen Implementierung benötigt. Prominentestes Beispiel hierfür sind Pumpspeicherwerke, die sich nur in Regionen mit geeignetem Höhenprofil realisieren lassen. Auch unterirdische Wasserstoff- oder Druckluftspeicher stellen Anforderungen an den Untergrund, die nicht in ganz Deutschland erfüllt sind. Batteriespeicher stellen keine Anforderungen an die Geologie, sind bislang aber nicht für eine saisonale Speicherung geeignet.

Forschungsinitiative Energiespeicher

Um Impulse zur verstärkten Entwicklung von Speichertechnologien zu setzen, rief die Bundesregierung im Jahr 2011 die Forschungsinitiative Energiespeicher ins Leben und weitete die bisherigen Fördermöglichkeiten erheblich aus. Die Mittel für die Förderinitiative stammen überwiegend aus dem Energie- und Klimafonds, die die Mittel aus dem Bundeshaushalt substantiell ergänzen.

Zurzeit sind im Rahmen der Förderinitiative 254 Projekte im Mittelumfang von 191 Millionen Euro bewilligt. Im Jahr 2013 wurden 39,9 Millionen Euro hierfür ausgezahlt. Hinzu kommen Auszahlungen in Höhe von 19,4 Millionen Euro für Projekte zum Thema Energiespeicher, welche nicht in der Forschungsinitiative integriert sind (siehe Abb. 10). Die Forschungsinitiative umfasst insbesondere die beiden Leuchttürme „Wind-Wasserstoff-Kopplung“ und „Batterien in Verteilnetzen“ sowie den Schwerpunktbereich „Wärme speichern“.

Der *Leuchtturm Wind-Wasserstoff-Kopplung* fasst verschiedene Projekte zur Entwicklung von Elektrolyseuren, zu grundlegenden Untersuchungen an geologischen Formationen, zu Nutzungspfaden für den erzeugten Wasserstoff, zu Methanisierungstechnologien und zu begleitenden energiewirtschaftlichen und sicherheitstechnischen Untersuchungen zusammen. Im Demonstrationsprojekt WOMBAT wird beispielsweise die Umwandlung von Strom in Wasserstoff oder Methan (*power to gas*) im industriellen Maßstab untersucht. Hierzu wurde eine vorhandene Biogasanlage zu einer Demonstrationsanlage erweitert. Die Methanherstellung erfolgt mit einer Leistung von 6,3 MW unter realen Betriebsbedingungen. Ob damit auch Regelenergie zur Stabilisierung des Stromnetzes zur Verfügung steht, wird ebenfalls erforscht. Ergänzend hierzu wird im Projekt „Energiepark Mainz“ die hoch innovative Technologie der PEM-Elektrolyse für den Maßstab zwei MW entwickelt, exemplarisch aufgebaut und ab 2016 im Betrieb getestet.

Eine Alternative zur Speicherung von Wasserstoff aus Elektrolysestrom bilden elektrochemische Speicher. Die Projekte sind überwiegend im *Leuchtturm Batterien in Verteilnetzen* gebündelt und reichen von Grundlagenuntersuchungen zu Anoden- und Kathodenmaterialien über die Entwicklung neuer Batteriekonzepte oder Konzepte für Redox-Flow-Speicher bis hin zum Aufbau und Betrieb größerer Einheiten im realen Netzbetrieb. Beispiele hierfür sind die Projekte „Smart Region Pellworm“ und „M5BAT“ in Aachen. In Pellworm bildet eine Vielzahl kleiner Batteriespeicher ein hybrides Speichersystem, bestehend aus einer Lithium-Ionen-Batterie (Leistung 560 kW, Kapazität 560 kWh) und einer Redox-Flow-Batterie (Leistung 200 kW, Kapazität 1.600 kWh) sowie einer Vielzahl steuerbarer verteilter Stromverbraucher und -erzeuger (z. B. Nachtspeicher, Wärmepumpen). Das M5BAT-Projekt stellt eine Batterieleistung von fünf MW mit unterschiedlichen technologischen Ansätzen an einem Ort zusammen und setzt diese ab 2015 zur Bereitstellung von Regelenergie ein.

Neben einer verbesserten Speicherung von Elektrizität liegen auf dem Feld der Wärmenutzung und -speicherung enorme Potenziale verborgen. Im Rahmen der Forschungsarbeiten zum Schwerpunkt „Wärme speichern“ wird insbesondere die Speicherung von Latentwärme im Phasenwechsel und Reaktionswärme in chemischen Reaktionen ergründet. Dabei werden sowohl Fragen aus dem Bereich der Grundlagenforschung als auch anwendungsorientierte Aspekte adressiert.

Die Website zur Förderinitiative[3] umfasst eine anschauliche Darstellung der unterstützten Projekte aus der Förderinitiative und trägt zur Dokumentation des Fortschritts in der Speichertechnologieentwicklung bei.

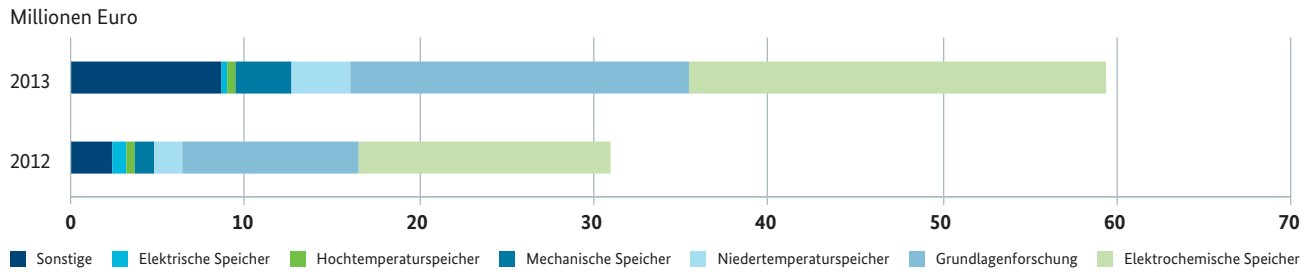
Batterieforschung

Die Entwicklung von Batterien für Elektrofahrzeuge unterstützt das Förderkonzept „Energiewirtschaftliche Schlüsselelemente der Elektromobilität“ mit Mitteln des Energie- und Klimafonds. Im Jahr 2013 profitierten in diesem Förderschwerpunkt 36 Projekte von einem Mitteleinsatz von zwölf Millionen Euro. Neu bewilligt wurde der Verbund Drive Battery, dessen Ziel die Entwicklung kostengünstiger und langlebiger Leistungselektronik für Elektrofahrzeuge ist.

Bereits seit 2008 fördert das Bundesministerium für Bildung und Forschung mit der „Innovationsallianz Lithium-Ionen-Batterie LIB2015“ im Rahmen der Hightech-Strategie der Bundesregierung die anwendungsorientierte Grundlagenforschung zur Stromspeicherung. Das BMBF unterstützt das beteiligte Konsortium mit über 50 Millionen Euro an Fördermitteln. Davon entfielen etwa 2,65 Millionen Euro

3 Siehe http://forschung-energiespeicher.info

Abbildung 10: Fördermittel für Speicher
(Daten siehe Tabelle 3)



auf das Jahr 2013. Das BMWi trägt im Rahmen von zwei Verbundvorhaben ebenfalls Fördermittel bei. Insgesamt fördert die Bundesregierung die Innovationsallianz so mit 60 Millionen Euro.

Internationale Aktivitäten

Im Rahmen des internationalen Forschungsvorhabens „Integration of Renewable Energies by distributed Energy Storage Systems“ der Internationalen Energieagentur IEA im Implementing Agreement „Energy Conservation through Energy Storage“ ECES (Annex 28) kooperieren unter deutscher Leitung Wissenschaftler aus aller Welt, um grundlegende Fragen der Energiespeicherung im zukünftigen Energiesystem zu klären. Im Moment stehen dabei vor allem zentrale Energiespeichertechnologien, wie Pumpspeicherwerke oder Power-to-gas im Diskussionsfokus. Das Potenzial dezentraler Energiespeicher (DES) ist noch weitgehend unerforscht. Definiert werden sie durch ihren Standort innerhalb eines Energiesystems, dieser ist generell auf der Verbraucherseite. Im Falle eines elektrischen Netzes wäre dies im Niederspannungs-Verteilnetz, bei einem Fernwärmenetz im Bereich der Wärmeübergabestationen oder jenseits davon. Bei einer wachsenden dezentralen erneuerbaren Energieerzeugung können nur DES diese lokalen Schwankungen ausgleichen.

2.2.2 Netze

Mit dem weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien steigt der Anteil der fluktuierenden Erzeugung. Diese geänderten Randbedingungen stellen neue Anforderungen an das Zusammenwirken von konventioneller und erneuerbarer Stromproduktion sowie den Netzausbau und -umbau.
Die Energieforschung im Bereich der Stromnetze verfolgt daher als Ziele den Ausbau der Stromnetzinfrastruktur voranzutreiben und deren Ausrichtung auf die Einspeisung hoher Anteile erneuerbarer Energien durch neue Verfahren, Konzepte, Technologien und Materialien. Die Projektförderung umfasst den Umbau der Verteilnetze zu intelligenten und automatisierten Netzen mit neuen Betriebsmitteln, einer verbesserten Schutz- und Überwachungs- sowie Kommunikationstechnik. Außerdem werden neue Übertragungstechnologien, wie z. B. die Hochspannungs-Gleichstrom-Übertragung (HGÜ), und deren Einbindung in das bestehende Drehstromnetz untersucht. Zusätzlich stehen Aspekte zur Planung, Akzeptanz und baulichen Ausgestaltung von Stromtrassen im Fokus.

Der Mitteleinsatz der Bundesregierung zur Projektförderung der Netze betrug im Jahr 2013 insgesamt rund 31 Millionen Euro (vgl. Abb. 11). Auch wurden 2013 neue Projekte mit einem Fördervolumen von rund 42 Millionen Euro bewilligt. Zahlen aus der ressortübergreifenden Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“ (siehe unten) sind ab 2014 wirksam.

In den letzten Jahren konnten zahlreiche Fortschritte erzielt werden. Diese sind thematisch zu differenzieren. Laut einem Bericht des Joint Research Centre der EU-Kommission von 2013 zu Projekten mit dem Fokus intelligente Netze („Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments: 2012 update“) gehört Deutschland zu den führenden Akteuren bei Projekten zu intelligenten Stromnetzen in Europa. Ein erfolgreiches Beispiel für die Forschungsförderung in diesem Bereich ist die Initiative „E-Energy“. Bei dem 2013 abgeschlossenen Förderprogramm, welches das Bundesumweltministerium gemeinsam mit dem Bundeswirtschaftsministerium durchführte, nahmen insgesamt 8.500 Endverbraucher in sechs Modellregionen teil. Schwerpunkte waren dezentrale Lösungen für den Ausgleich von Stromerzeugung und -verbrauch. Aufgrund der Feldversu-

che liegen nun unter anderem valide Informationen zum Potenzial von Lastverschiebungen und einem dezentralen Netzbetrieb bei hohen Anteilen erneuerbarer Energien vor. Außerdem wurden Aspekte zu Schnittstellen und Standards ausgearbeitet.

Zur baulichen Ausgestaltung und Planung von Freileitungstrassen verfolgen die Verbundvorhaben „Kompakthöchstspannungsmasten und -Traversen (KoHöMaT)“ und „Raumoptimierte Freileitungen“ das Ziel, die erforderliche Fläche von Freileitungen durch neue Formen der eingesetzten Masten zu reduzieren. In KoHöMaT werden dazu die Höchstspannungsmasten aus ultra-hochfestem Beton mit einer kompakten geometrischen Anordnung der Leiterseile untersucht. Der Verbund „Raumoptimierte Freileitungen“ erforscht neue Kettenkonstruktionen und Seilsysteme, die den Durchhang der Leiterseile verringern sowie neue Mastformen dafür erproben. Weiterhin erforscht das Vorhaben „Bewertung und Planung von Stromnetzen“ ein objektives Bewertungswerkzeug für Stromtrassen, basierend auf mathematischen Verfahren. Mithilfe solcher Optimierungsverfahren, welche die unterschiedlichen und komplexen Kriterien bei der Planung von Leitungstrassen für den Netzausbau gleichzeitig beachten, sollen mögliche Routen objektiv bewertet werden können. Das gemeinsame Ziel beider Vorhaben liegt in einer verbesserten Akzeptanz für Freileitungen.

Im Bereich der „Intelligenten Netze“ wurde im Rahmen eines Verbundvorhabens eine aktive intelligente Netzstation entwickelt, um die Aufnahmefähigkeit von Niederspannungsnetzen für erneuerbare Energien zu erhöhen. Dies hat zur Folge, dass insbesondere in ländlichen Regionen mit großem Photovoltaik-Anteil, geringer Last und langen Netzausläufern die Lastflussumkehr sowie die Rückspeisung ins übergelagerte Netz und lokale Spannungsüberhöhungen vermieden werden. Aufgrund der nachgewiesenen Eigenschaften entstand seitens der Verteilnetzbetreiber eine rege Nachfrage nach dieser Technologie.

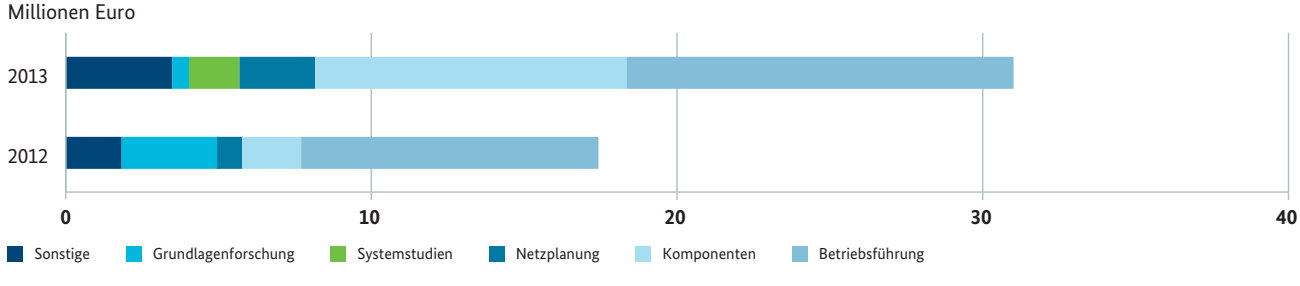
Bei der Frage der Systemsicherheit zeigte ein realer Feldtest, wie erneuerbare Energien alternativ zu konventionellen Kraftwerken Primärregelleistung erbringen und damit die Frequenzstabilität sicherstellen können. Hierfür wurden regenerative Erzeugungsanlagen zu einem Kombikraftwerk zusammengefasst. Das Vorläuferprojekt hatte demonstriert, dass die erneuerbaren Energien jederzeit den Strombedarf abdecken können.

Im Rahmen eines Wettbewerbs wurden im September 2012 der Forschungscampus „Elektrische Netze der Zukunft“ (FEN) als eines von zehn Campusmodellen aus über 90 Bewerbungen ausgewählt. Dieses stattet das BMBF für einen Förderzeitraum von bis zu 15 Jahren komplementär zu den nachgewiesenen Eigenbeiträgen jeweils mit etwa ein bis zwei Millionen Euro/Jahr aus.

Thema des Forschungscampus „Elektrische Netze der Zukunft“ ist die Erforschung von Gleichspannungsnetzen zur Stromübertragung und -verteilung.

Das Investitionsvorhaben „Multi-Megawatt Labor“ des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme (ISE) hat den Aufbau einer Laborausstattung für Forschungsvorhaben zur Entwicklung neuer leistungselektronischer Komponenten (z. B. Wechselrichter) mit einer Leistungsaufnahme von bis zu zehn MW zum Ziel. Hierfür werden am Fraunhofer ISE drei Forschungslabore installiert: ein Hochspannungs-, ein Mittelspannungs- und ein Niederspannungslabor. Ergänzende Installationen zur breitbandigen Wandlung, Kontrolle und Messung hoher Ströme, Spannungen und Leistungen sowie zur Simulation entsprechender Erneuerbare-Energie-Kraftwerke ermöglichen künftig die Bearbeitung einer Reihe wichtiger Forschungsfragen zum Zusammenspiel zwischen Netzen und zukünftigen Photovoltaik-Kraftwerken, zu Technologien für neue Generationen von Zentralwechselrichtern und zur Weiterentwicklung von Normen und Einspeiserichtlinien.

Abbildung 11: Fördermittel für Netze
(Daten siehe Tabelle 3)



Forschungsinitiative Zukunftsfähige Stromnetze

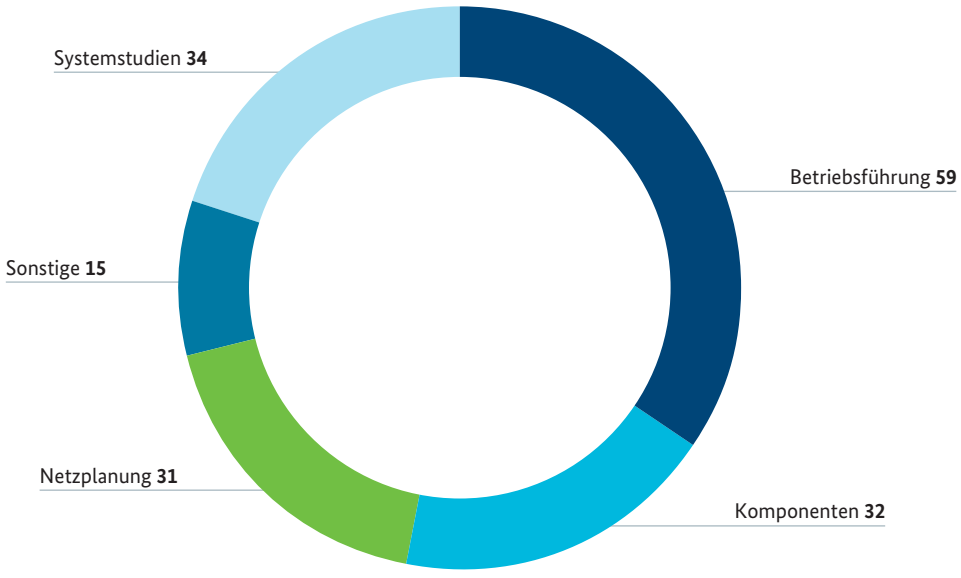
Die Forschung für den Umbau der Stromnetzinfrastruktur bei hoher Einspeisung von erneuerbaren Energien in die Übertragungs- und Verteilnetze steht im Zentrum der ressortübergreifenden Forschungsinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“, welche die Bundesregierung im Jahr 2013 startete. Sie ist Bestandteil des 6. Energieforschungsprogramms und hat ein Volumen von bis zu 150 Millionen Euro. Die Initiative verstärkt damit laufende Förderaktivitäten in dem Bereich.

Ziel der Förderinitiative ist eine verbesserte Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft entlang der gesamten Wertschöpfungskette sowie internationale Forschungskooperationen zu erleichtern. Zusammen sollen Umweltverträglichkeit, Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz der Stromnetze und die Sicherheit der Stromversorgung in Deutschland optimiert werden. Das bisherige Stromnetz ist aufgrund seiner Struktur für die zukünftigen Anforderungen und Randbedingungen einer weitgehend auf regenerativen Energieträgern basierenden Stromversorgung nur bedingt geeignet. Es gilt somit die notwendigen technologischen Voraussetzungen und Innovationen zu schaffen für eine langfristig gesicherte, bezahlbare und umweltverträgliche Stromversorgung, auf diesem für die Umsetzung der Energiewende wichtigen Gebiet. Ähnliche Anforderungen und Notwendigkeiten bestätigen auch zahlreiche Studien und Ausbaupläne (z. B. dena-Verteilnetzstudie oder Netzentwicklungsplan).

Die Förderinitiative traf auf ein reges Interesse bei der Industrie und bei Forschungseinrichtungen. Insgesamt wurden 171 Projektskizzen eingereicht (Abb. 12). So beteiligen sich etwa 400 Unternehmen an den geplanten Forschungsverbünden, davon 160 kleine und mittlere Unternehmen (KMUs). Darüber hinaus sind knapp 300 Hochschulinstitute und Forschungseinrichtungen in die Projekte eingebunden.

Eine Vielzahl von Projektvorschlägen der Förderinitiative befasst sich mit den Themen intelligenter Verteilnetze, Übertragungsnetze sowie Netzregelungsverfahren und Systemdienstleistungen. Hier sind bereits 55 Vorschläge mit einem Fördervolumen von rund 105 Millionen Euro zur Einreichung eines Antrages aufgefordert worden. Mit einer Bewilligung der ersten Vorhaben wird im Laufe des Jahres 2014 gerechnet.

Abbildung 12: Eingereichte Projektvorschläge in der Förderinitiative „Zukunftsfähige Stromnetze“



2.2.3 Energieeffizienz in Gebäuden und Städten

Drei Viertel der weltweiten Treibhausgasemissionen entfallen heute auf urbane Räume. Somit sind Städte und Kommunen Dreh- und Angelpunkt für viele der notwendigen Energieeffizienzverbesserungen und schaffen die Rahmenbedingungen für ihre Realisierung, z. B. in Form von Bebauungsplänen und Vorgaben für die Versorgungsstrukturen. Darüber hinaus sind sie Anteilseigner der kommunalen und regionalen Gesellschaften und haben somit Einfluss auf die Energieeffizienz städtischer Infrastruktur. Von entscheidender Bedeutung ist, dass innovative Konzepte von allen gesellschaftlichen Akteuren mitgetragen werden. Der Lebensraum Stadt muss nicht nur klimaschonend sondern auch attraktiv und perspektivisch sein.

EnEff:Stadt und EnEff:Wärme

Mit den Förderschwerpunkten EnEff:Stadt und EnEff:Wärme intensiviert das BMWi die langjährigen Forschungsaktivitäten für mehr Energieeffizienz im kommunalen Bereich. Mit ambitionierten Demonstrationsprojekten in typischen Stadtquartieren werden praktische Erfahrungen bei der Anwendung neuer Technologien und Planungshilfsmittel sowie beim Umsetzungsmanagement und der Betriebsoptimierung gesammelt. Der Trend geht dabei zu immer komplexeren Projekten unter Einbeziehung von Wärme-, Strom- und Datennetzen. Durch Praxisworkshops und Projektleitertreffen entsteht eine Wissensplattform mit gebündelter Expertise und Informationsangeboten zur Vernetzung.[4]

Im Jahr 2013 liefen 98 Vorhaben mit einem Gesamtvolumen von 76,2 Millionen Euro (vgl. Abb. 13). Es wurden 18 Projekte mit einer Gesamtzuwendung von 14,7 Millionen Euro neu bewilligt. Besondere Highlights des Jahres waren:

- Feldtest Absorptionskältetechnik für KWKK-Systeme
- Clusterkoordination „HighTech-LowEx“ Energieeffizienz Berlin Adlershof 2020
- internationale Kooperation D-A-CH „Energieeffiziente Städte“ in Karlsruhe, Salzburg und Winterthur

Wettbewerb Energieeffiziente Stadt

Der Wettbewerb „Energieeffiziente Stadt“ des BMBF hat das Ziel, Energieeffizienz in Städten und Kommunen zu steigern. Ausgerichtet ist die Ausschreibung an den Klimaschutzzielen der Bundesregierung und den jeweiligen kommunalen Strukturen und Funktionen. Die Zielsetzung des Wettbewerbs lautet:

- Entwicklung und Umsetzung zukunftsweisender Ideen
- Berücksichtigen des „Systems Stadt“ als Ganzes
- Innovationen mit Dienstleistungen erhalten eine Schlüsselrolle

Der Wettbewerb will Handlungswissen für die kommunale Praxis bereitstellen und Innovationen in Wirtschaft und Gesellschaft vorantreiben.

Die Gewinner waren Delitzsch, Essen, Magdeburg, Stuttgart und Wolfhagen. Diese Kommunen werden bis 2016 gefördert, um ihre Ideen praktisch umzusetzen. Die Pilotprojekte sollen Vorbild und Impulsgeber für andere Städte sein. Im Jahre 2013 betrug die Fördersumme rund 4,2 Millionen Euro.

Nationale Plattform Zukunftsstadt

In der Nationalen Plattform Zukunftsstadt erarbeiten Experten aus Kommunen, Wissenschaft und Wirtschaft eine übergreifende strategische Forschungsagenda mit dem Ziel einer CO_2-neutralen und klimaangepassten Stadt. Laufende Programme sollen besser aufeinander abgestimmt und Forschungsprojekte auf verschiedenen Ebenen miteinander vernetzt werden. Im Jahr 2013 belief sich die Förderung der Geschäftsstellen auf rund 0,27 Millionen Euro.

Die Themen sind:

- Reduktion des Energie- und Ressourcenverbrauchs
- Anpassen der Infrastrukturen an die Klimaveränderungen
- Bürgerbeteiligung
- Forschung für eine langfristige Zusammenführung der Stadtsysteme

4 Siehe http://www.eneff-stadt.info

Entwicklung einer europäischen Energie-Olympiade

Der Solar Decathlon ist als internationaler Hochschulwettbewerb ein experimenteller Showcase für die prominente Diskussion über Null- und Plusenergiehäuser. Der Austragungsort des Wettbewerbs im Sommer 2014 ist das französische Versailles. In Folge der „Declaration of Madrid“ 2010 wurde vorgeschlagen, ein europäisches Format der Veranstaltung zu entwickeln, um auf die besonderen Randbedingungen der urbanen Dichte und der Notwendigkeit der Auseinandersetzung mit dem Gebäudebestand eingehen zu können. In diesem Zusammenhang wird die Evolution des Wettbewerbs Solar Decathlon hin zu einer Energie-Olympiade diskutiert. Diese soll im städtischen Kontext mehrere Wettkampfkategorien auf verschiedenen Ebenen von der Komponente bis hin zum klimaneutralen Quartier und Verkehr auf einer Großveranstaltung umfassen.

Energieeffizienz in Gebäuden

Kennzeichnend für die Forschung im Bereich der Energieeffizienz in Gebäuden im Jahre 2013 war die Zunahme von fachübergreifenden Projekten. Dies drückte sich in einer engeren Verknüpfung zu den Bereichen EnEff:Stadt und EnEff:Wärme und den Forschungsinitiativen Energiespeicher und Stromnetze aus. Dabei verringerte sich der Anteil der Demonstrationsvorhaben zugunsten einer stärkeren Fokussierung auf den Bereich Forschung und Entwicklung. Die Reihe der Veranstaltungen zu spezifischen Themen wird fortgeführt.[5]

Auf internationaler Ebene verstetigte sich die aktive Beteiligung an den IEA-Programmen Energy in Buildings and Communities (EBC) und Solar Heating & Cooling (SHC).

Im Jahr 2013 wurden 218 Vorhaben zu Energieeffizienz in Gebäuden betreut bei einer Gesamtzuwendung von fast 138 Millionen Euro. Darunter sind 50 Neubewilligungen mit einem Zuwendungsvolumen von 26,1 Millionen Euro.

Die Neubewilligungen reichen von Materialentwicklungen bei Gläsern und Beschichtungen transparenter Folien, über zahlreiche Einzelprojekte zur energetischen Betriebsoptimierung (*EnBop*) bis hin zur Beteiligung am internationalen Hochschulwettbewerb Solar Decathlon Europe 2014 im französischen Versailles. Dabei vertreten sind Teams aus Frankfurt am Main und Berlin sowie ein deutsch-amerikanisches Team unter Beteiligung der Fachhochschule Erfurt.

Speziell zu Schulprojekten führte das BMWi den Workshop „Energieeffiziente Schule“ im Rahmen des Kongresses „Zukunftsraum Schule“ durch.

Niedertemperatur-Solarthermie

In den klassischen Anwendungsfeldern der Niedertemperatur-Solarthermie ist heute ein hoher Reifegrad der Technologie erreicht. Durch Forschung und Entwicklung sowie Lernkurveneffekte halbierten sich die Kosten solarer Wärme von 1995 bis 2010. Um die Konkurrenzfähigkeit der Solarthermie weiter zu steigern, sind insbesondere Innovationen auf der Systemebene nötig. Hierzu zählen unter anderem eine weitere Standardisierung, einfachere Installation durch vorgefertigte Systeme und eine optimierte Funktions- und Ertragssicherheit.

Im Jahr 2013 betrug der Mitteleinsatz zur Projektförderung im Bereich Niedertemperatur-Solarthermie 8,4 Millionen Euro. Damit wurden 95 laufende Vorhaben unterstützt. Für neue Projekte wurden 2013 zusammen 9,9 Millionen Euro aus dem Bundeshaushalt bewilligt.

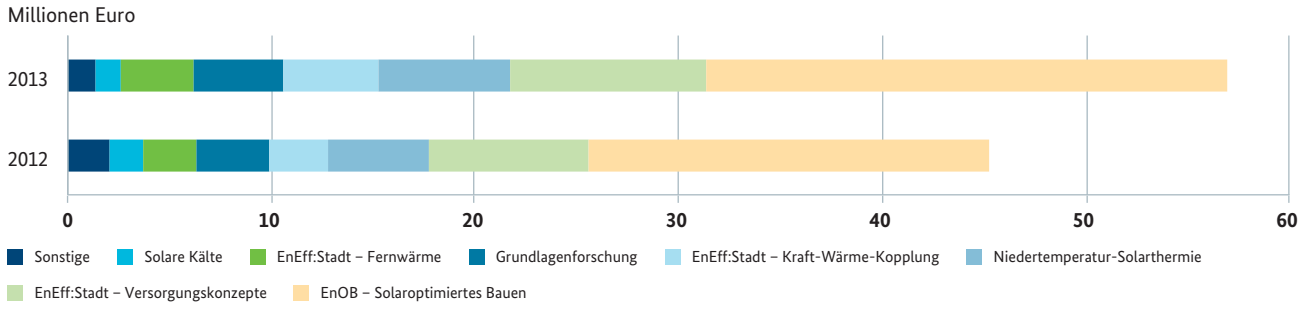
In den letzten Jahren wurden verstärkt Forschungsansätze zur Systemintegration gefördert. Ein Beispiel ist das Projekt „EAHplus-Monitoring: Entwicklung einer neuen Generation energieautarker Häuser – messtechnische Überwachung“. Dieses möchte Informationen über die thermischen und elektrischen Energieflüsse gewinnen.

Mit Solarthermie in der städtischen Energieversorgung beschäftigt sich das Verbundvorhaben „Solarthermie in der städtischen Energieversorgung – EnWiSol“. Ziel des Vorhabens ist eine energiewirtschaftliche Bewertung von Solarthermischen Systemen in der innerstädtischen Energieversorgung und die Entwicklung von Betriebsführungsstrategien von Wärmeversorgungsanlagen auf Basis der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in Verbindung mit dezentraler solarthermischer Erzeugung.

Die Förderaktivitäten werden kontinuierlich gespiegelt am Stand der Technik. Dazu werden regelmäßig Workshops und Konferenzen initiiert, wie z. B. im Januar 2013 die 3. Solarthermie-Technologiekonferenz.

5 Siehe http://www.enob.info

Abbildung 13: Fördermittel für Energieeffizienz in Gebäuden und Städten
(Daten siehe Tabelle 3)



Der Fokus der Forschungsförderung liegt aktuell auf der Kostensenkung der Systeme. Des Weiteren sind Konzepte im Blick für solare Plusenergiehäuser bzw. Solaraktivhäuser bzw. Häuser mit 100 Prozent erneuerbarer Energieversorgung im Neubau und in der Bestandsmodernisierung. Auch die Entwicklung hin zu solaren Quartierslösungen ist ein zentrales Thema der Förderung. Weitere Forschungsaktivitäten betreffen die Zukunftsmärkte „Solares Kühlen“ und „Solare Prozesswärme“.

2.2.4 Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen

Bei der Energieforschung zu Energieeffizienz in der Industrie sowie Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (EnEff IGHD) reicht die Projektförderung von der energetischen Optimierung einzelner Prozessschritte über die Entwicklung und Einführung neuer Technologien und Anlagenkomponenten bis zu komplexen Versorgungs- und Abwärme-Nutzungskonzepten. Hier sind stets energieintensive Branchen, Verfahren und Industrieprodukte im Mittelpunkt, bei denen sich durch die Projektfördermaßnahmen häufig große Energieeinsparungen erzielen lassen. Parallel dazu werden für einen breiteren, branchenübergreifenden Einsatz besondere Querschnittstechnologien, wie z. B. Wärme- und Kältetechniken, Zerkleinerungs- und Trennverfahren sowie Mess-, Steuer- und Regelungstechniken weiterentwickelt. Da in vielen Bereichen die physikalischen Grenzen der Energieeinsparung inzwischen in Sichtweite sind, wird darüber hinaus insbesondere die Entwicklung neuartiger Verfahrenstechniken gefördert.

Im Jahr 2013 betrug der Fördermitteleinsatz für Projekte zu Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung (EnEff IGHD) insgesamt 36,23 Millionen Euro für 254 laufende Vorhaben (vgl. Abb. 14). Im Jahr 2013 wurden 49 Neubewilligungen mit einem Gesamtfördervolumen von 34,8 Millionen Euro realisiert.

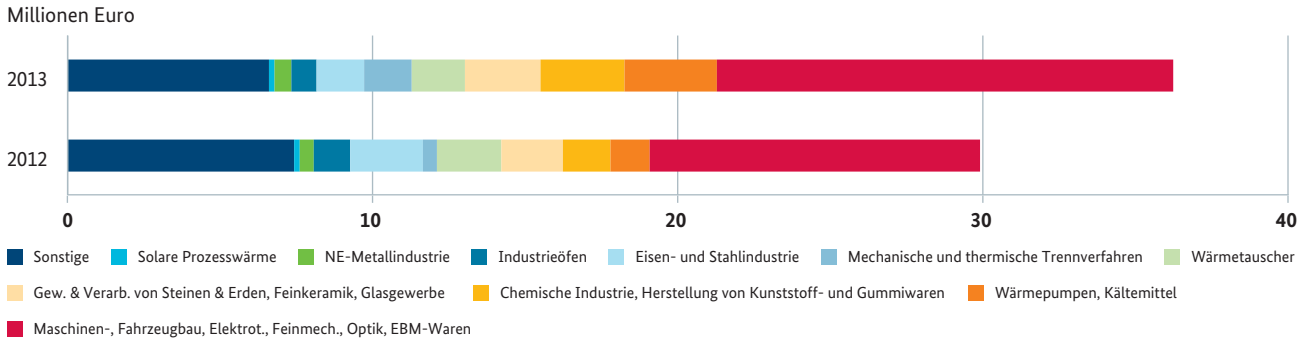
Wesentliche Forschungsergebnisse aus den 2013 abgeschlossenen Entwicklungsvorhaben zu reibungsarmen Wälzlagern, energieeffizienter Kälte- und Wärmepumpen- sowie Reinigungstechnik wurden in einschlägigen nationalen und internationalen Veranstaltungen und Workshops öffentlich vorgestellt.

Darüber hinaus starteten im Themenschwerpunkt EnEff IGHD innovative und große Verbundprojekte. Diese erheben das Modell einer energieeffizienten Fabrik für interdisziplinäre Technologie- und Anwendungsforschung inklusive der Gebäudehülle und Produktionsprozesse (Eta-Fabrik), den Energieeffizienz-Gewinn in Antriebssystemen durch neuartige Schichtwerkstoffe und Schmierstoffe (PEGASUS) oder auch die Entwicklung hocheffizienter Industriepumpensysteme zum Vorhabensziel.

Perspektivisch griff der Förderbereich 2013 zudem diverse neue Themen auf. Hierzu zählen die energieeffiziente, umweltschonende Filtration großer Luftmengen in industriellen Prozessen und Energieeinsparung bei der Papierproduktion, sowie Mikroverfahrenstechnik in der Chemie, modulares Equipment für energieeffiziente Produktion und Synthese, die systemische Kopplung von Energieströmen mittels intelligenter Mess-, Steuer- und Regeltechnik im Maschinenbestand oder auch die energie- und ressourceneffiziente Umformung großmoduliger Zahnräder.

Auf internationaler Ebene beteiligte sich Deutschland im Themenfeld EnEff IGHD an den IEA-Implementing Agreements „Heat Pumps“ (HPP) und „Industrial Energy-Related Technology and Systems“ (IETS).

Abbildung 14: Fördermittel für Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistungen
(Daten siehe Tabelle 3)



2.3 Übergreifende Energieforschung

2.3.1 Querschnittsthemen und Systemanalyse

Eine Energieforschungspolitik, die den Anforderungen eines global vernetzten Energiesystems mit anspruchsvollen Zielsetzungen in Hinblick auf Bezahlbarkeit und Umweltverträglichkeit genügt, erfordert ein umfangreiches und detailliertes Orientierungswissen. Zur Umsetzung der Energiewende und der beschleunigten Transformation des Energieversorgungssystems ist die alleinige Bereitstellung technischer Lösungen nicht ausreichend. Es müssen gleichsam geeignete politische, rechtliche, ökonomische, ökologische und soziale Rahmenbedingungen geschaffen werden, damit die zunehmende Integration erneuerbarer Energien sichergestellt werden kann, ohne dass die Versorgungssicherheit und der gesellschaftliche Zusammenhalt dahinter zurückstehen.

Im Rahmen des Förderschwerpunktes „En:SYS – Systemanalyse in der Energieforschung“ des BMWi werden systemanalytische Arbeiten im Bereich der Methodenentwicklung und der Technikbewertung gefördert. Neu bewilligt wurden hier im Jahr 2013 unter anderem Forschungsvorhaben in den Themenbereichen Einsatzpotenzial von Elektrofahrzeugen, europäische Integration von Regelenergiemärkten, Wirtschaftlichkeitsanalysen für verschiedene Stromspeichertechniken sowie Interdependenzen zwischen Strom-, Wärme- und Gasversorgungssystemen. Insgesamt wurden im Jahr 2013 16 neue Forschungsvorhaben mit einer Gesamtfördersumme von rund 7,1 Millionen Euro bewilligt. Der Mitteleinsatz zur Projektförderung im Förderschwerpunkt Systemanalyse betrug damit 2013 insgesamt rund 5,6 Millionen Euro (vgl. Abb. 15). Damit wurden insgesamt 36 laufende Projektvorhaben gefördert.

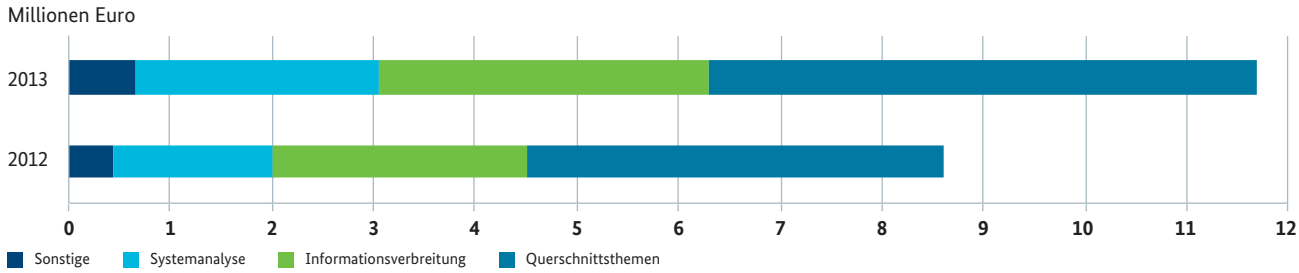
Im BMBF-Vorhaben Energiesysteme der Zukunft verfolgen die deutschen Wissenschaftsakademien gemeinsam das Ziel, die in Deutschland vorhandene wissenschaftliche Expertise interdisziplinär zu bündeln und auf die zentralen Fragestellungen der Energiewende auszurichten. Neben Fragen der technologischen Machbarkeit werden auch ökonomische und rechtliche sowie solche der effizienten Ressourcennutzung und der gesellschaftlichen Akzeptanz adressiert. Aus einem systemweiten Blickwinkel werden verschiedene Varianten für das Energiesystem der Zukunft erarbeitet. Auf diese Weise wird ein Orientierungsrahmen gegeben, der Spielraum für unterschiedliche technologische und ökonomische Optionen zulässt. Das Vorhaben will Lösungswege zur Bewältigung der Energiewende aufzeigen und damit zur effizienten Umsetzung hin zu einer sicheren, bezahlbaren und nachhaltigen Energieversorgung beitragen. Es liefert eine wissenschaftlich fundierte Basis für gesamtgesellschaftliche Diskussionen. Die Ergebnisse des Vorhabens der Wissenschaftsakademien dienen als wissenschaftliche Entscheidungsgrundlage (wissenschaftsbasierte Politikberatung) und fließen in die Dialogplattform Forschungsforum Energiewende ein.

Weiterhin wurden im Bereich der internationalen Zusammenarbeit einzelne Beteiligungen Deutschlands an verschiedenen übergeordneten Gremien der Internationalen Energieagentur IEA unterstützt.

Die Energiewende hin zu einer Versorgung, die bis 2050 überwiegend auf erneuerbaren Energien basieren soll, ist mit umfangreichen und komplexen Fragen verbunden, die diesen Umbauprozess flankieren.

Das BMU unterstützte dazu auch 2013 Forschungsvorhaben zu übergreifenden Fragen der Energieforschung. Kon-

Abbildung 15: Fördermittel für Querschnittsthemen und Systemanalyse
(Daten siehe Tabelle 4)



kret erhielten Vorhaben Förderung, die sich mit Fragen sektorenübergreifenden Betrachtungen der Energiewende als lernendem System, Möglichkeiten der Flexibilisierung des Gesamtsystems sowie Untersuchungen von Herausforderungen beim Ausbau der erneuerbaren Energien im Wärmemarkt befassen.

2013 wurden hierfür 16 Forschungsvorhaben im Umfang von rund vier Millionen Euro neu bewilligt. Die Untersuchungen sozialer, ökologischer und ökonomischer Rahmenbedingungen im Kontext der Förderung übergreifender Fragestellungen überstiegen 2013 mit einem Mittelabfluss von rund 4,6 Millionen Euro den Wert des Vorjahres (vgl. Abb. 15).

2.3.2 Begleitforschung und Evaluation der Projektförderung

Im Sinne einer effektiven und effizienten übergreifenden Energieforschung, ist aus Sicht der Bundesregierung neben der Förderung einzelner Maßnahmen auch eine Begleitforschung einzelner Förderinitiativen nützlich, um die Verzahnung und Wechselwirkung der geförderten Einzelmaßnahmen zu unterstützen und übersichtsartig bewerten zu können. Ausgangspunkt ist in allen Fällen eine umfassende Datensammlung aus einer großen Zahl an Forschungsvorhaben.

Begleitforschung Energieoptimiertes Bauen

Die systematische Gebäudeanalytik ist die Basis für die angewandte Gebäudeforschung. Erst mit der wissenschaftlichen Bearbeitung von projektübergreifenden Themen gewinnen die Daten, Fakten und Erfahrungen aus den einzelnen Projekten einen echten Stellenwert für die Forschung und das Bauwesen. Die Ergebnisse kommen zukünftigen Bauaufgaben im Neubau und Bestand sowohl über den Weg der angewandten Forschung in ausgewählten Themengebieten als auch über die Aus- und Weiterbildung zugute.

Die aktuellen Forschungsthemen der Begleitforschung im Energieoptimierten Bauen (EnOB) sind:

- Nullenergie- bzw. Nullemissionsgebäude als Vorbilder für die nationale Umsetzung und Fortschreibung der europäischen Direktive „Energy Performance of Buildings“
- optimierte Schnittstellen zwischen Gebäuden und Energienetzen
- Anpassung des Gebäudebestands an die Wetterbedingungen unter den Vorzeichen eines Klimawandels
- lebenszyklusorientierte Gebäudeplanung
- Erreichung einer hohen Architekturqualität bei hoher Energieeffizienz, Nutzerzufriedenheit und thermischem Komfort
- Betriebsoptimierung von Gebäuden
- Weiterentwicklung von Simulationsverfahren für Forschung und Lehre

Die Förderung geschieht in fachlicher und organisatorischer Abstimmung mit anderen nationalen Förderprogrammen, z. B. den Forschungsaktivitäten des BMVI, den Pilotprojekten der Deutschen Energie-Agentur (dena) und den Demonstrationsprojekten der Deutschen Bundestiftung Umwelt. 2013 wurden im Rahmen der durch das BMWi geförderten EnOB-Begleitforschung Projektfördermittel im Umfang von 0,81 Millionen Euro verausgabt.

Begleitforschung Energieeffiziente Stadt

Die Planung und Umsetzung energieeffizienter Quartierskonzepte sind heute keineswegs Stand der Technik, geschweige denn allgemein üblich. Hier setzt die Forschungsinitiative Energieeffiziente Stadt (EnEff:Stadt) an. In ambitionierten Demonstrationsprojekten in typischen Stadtquartieren werden praktische Erfahrungen bei der Anwendung neuer Technologien und Planungshilfsmittel sowie beim Umsetzungsmanagement und der Betriebsoptimierung gesammelt. Die Ergebnisse und Schlussfolgerungen werden im Rahmen einer Begleitforschung wissenschaftlich ausgewertet und sind so auf andere Projekte und Standorte übertragbar.

Ein interdisziplinäres Begleitforschungsteam evaluiert und dokumentiert die Ergebnisse. Diese sind der Fachöffentlichkeit zugänglich.[6] Entsprechend dem interdisziplinären Charakter der Aufgaben, die bei der energetischen Optimierung eines Quartiers zu lösen sind, treten weitere Experten für Energieversorgungsstrukturen, Energiespeicher, Planungsinstrumente, energieeffiziente Gebäude, Bilanzierung und Messung, Planungsprozesse, Akteursbeteiligung und sozioökonomische Faktoren sowie für den Erkenntnistransfer in die kommunale Praxis hinzu. 2013 wurden im Rahmen der durch das BMWi geförderten EnEff:Stadt-Begleitforschung Projektfördermittel im Umfang von 0,94 Millionen Euro verausgabt.

Begleitforschung Wettbewerb Energieeffiziente Stadt

Den fünf Projekten der Gewinnerstädte des BMBF-Wettbewerbs „Energieeffiziente Stadt“ ist ebenfalls eine Begleitforschung angegliedert, die sich mit den Forschungsschwerpunkten ganzheitlicher systemanalytischer Bewertungen, integraler Planung sowie Modellbildung und -anwendung von Verwaltungsstrukturen beschäftigt. Zudem wurde hier eine Dienstleistungsbegleitforschung integriert, die unter anderem kommunale Fallanalysen durchführt und Instrumente zur Akzeptanz von Dienstleistungen entwickelt. Weitere Aktivitäten der Begleitforschung sind unter anderem Querschnittsanalysen sowie die Unterstützung der Übertragbarkeit der geförderten Konzepte auf andere Städte. Für die „Energiebegleitforschung“ wendete das BMBF 2012 ca. 0,38 Millionen Euro und 2013 ca. 0,26 Millionen Euro auf. Für die Dienstleistungsbegleitforschung stellt das BMBF eine Gesamtbewilligungssumme von 0,89 Millionen Euro zur Verfügung, davon 0,17 Millionen Euro im Jahr 2013.

Evaluation Energieeffizienz in Industrie und GHD

Im Auftrag des BMWi führte das Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung (IZT) 2013 eine Evaluation der Projektförderung in der Energieforschung – hier Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung (IGHD) – im Rahmen des 5. Energieforschungsprogramms durch. Dabei wurden für einen Zehnjahreszeitraum 119 Vorhabenthemen mit 226 Einzelbewilligungen, ca. 110 Millionen Euro Fördersumme und ca. 204 Millionen Euro Gesamtkosten evaluiert.

Die Themenschwerpunkte waren mit einem Gesamtanteil von ca. 70 Prozent innovative Entwicklungen für Thermoprozesse, Mess-, Steuer- und Regelungstechnik, neue Technologien zur rationellen Stromnutzung und zur Bereitstellung von Kälte.

Die energieintensiven Sektoren – Maschinenbau, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik, EBM-Waren, Wärmepumpen, Kältemittel, Industrieöfen, Eisen- und Stahlindustrie – wurden mit der Förderung erreicht. Dabei war eine Tendenz weg von Vorhaben mit Bezug auf Einzelkomponenten und hin zu Vorhaben der Energieeffizienz komplexer Prozesse und gekoppelter Energieströme zu beobachten. Die geförderten Innovationen verfügten typischerweise über die Merkmale bedarfsgerechte Energiebereitstellung und -nutzung, integratives Management von Stoff- und Energieströmen, Verkürzung von Prozess-Anpassungszeiten durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien.

Die durchschnittliche Förderquote im Förderbereich lag bei 54 Prozent und war über den Betrachtungszeitraum leicht sinkend. Bei den geförderten Unternehmen entfiel ein Anteil von 60 Prozent auf kleine und mittlere Unternehmen.

6 Siehe http://www.eneff-stadt.info

Evaluation Forschung für Nachhaltigkeit (FONA)

Das BMBF fördert Forschung für nachhaltige Entwicklungen seit zehn Jahren und hat diese in einem eigenen Rahmenprogramm „Forschung für Nachhaltigkeit“ (FONA) verankert. Ein drittes Rahmenprogramm wird an FONA 1 (2005 – 2009) und FONA 2 (2010 – 2014) anknüpfen. Im Rahmen der strategischen Evaluation des Programms FONA wurden 2013 zwei Förderbekanntmachungen aus der Energieforschung des BMBF evaluiert: die Initiativen „BioEnergie 2021“ und „Organische Photovoltaik“. Die Maßnahmen umfassten jeweils eine Online-Befragung der Zuwendungsempfänger sowie je einen Audit-Tag, an dem ausgewählte Vorhaben (jeweils elf aus „BioEnergie 2021“ und jeweils fünf aus „Organische Photovoltaik“) einem Kreis externer Gutachter vorgestellt wurden. Die Ergebnisse des Prozesses finden Eingang in die noch laufende Fortschreibung des FONA-Programms.

2.4 Gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems

Durch die Energiewende ergeben sich weitreichende Konsequenzen für das Energiesystem sowie für Wirtschaft und Gesellschaft insgesamt. Die Energiepolitik zielt künftig darauf ab, Energie an den momentanen Bedarf angepasst zur Verfügung zu stellen und durch eine deutliche Steigerung des Anteils der erneuerbaren Energien an der Energieversorgung möglichst umweltfreundlich zu erzeugen. Daher ist unter anderem notwendig, die Versorgungsnetze auszubauen, neue Techniken der Energiebereitstellung und -speicherung zu etablieren sowie Bedarf und Erzeugung regional und zeitlich so abzustimmen, dass die Versorgung gesichert bleibt. Bei der Umsetzung dieses Paradigmenwechsels sind gesellschaftliche Aspekte von großer Bedeutung. Die Gestaltung der Energiewende gelingt nur, wenn sie die Bedürfnisse und Erwartungen der Bevölkerung, von Industrie, Handel und Kommunen – auch hinsichtlich der Fragen von Beteiligung und Gerechtigkeit – angemessen reflektiert sowie marktwirtschaftliche Erfordernisse berücksichtigt.

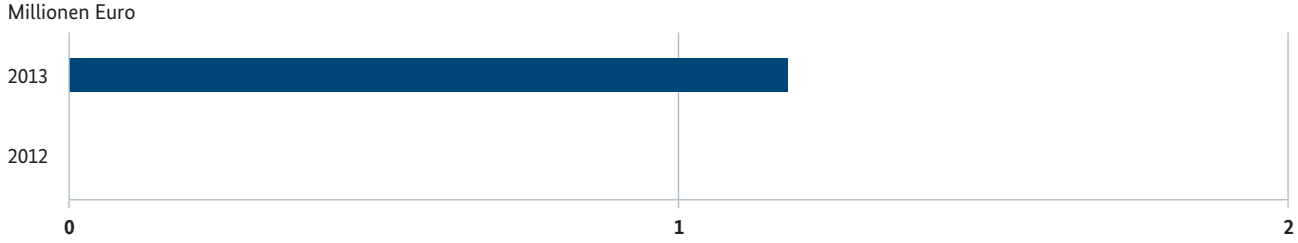
Mit der Förderinitiative „Umwelt- und gesellschaftsverträgliche Transformation des Energiesystems“ wird dieses aktuelle gesellschaftliche Problemfeld aufgegriffen.

In 33 Forschungsprojekten im Umfang von rund 30 Millionen Euro fördert das BMBF Vorhaben, die konkrete Lösungsvorschläge erarbeiten sollen. Die im Jahr 2013 ausgezahlte Fördersumme betrug über drei Millionen Euro (davon 1,18 Millionen Euro im Rahmen des Energieforschungsprogramm, siehe Abb. 16). Drei Forschungsschwerpunkte stehen im Mittelpunkt:

- Darstellung und Bewertung von Entwicklungsoptionen des Energiesystems einschließlich ökonomischer Szenarien
- Analyse von gesellschaftlichen Voraussetzungen für die Akzeptanz der Transformation und die aktive Beteiligung von Bürgerinnen und Bürgern
- Governance von Transformationsprozessen einschließlich ökonomischer Instrumente

Alle Projekte erarbeiten Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Bürger. Im Sinne einer transdisziplinären Forschung arbeiten die Wissenschaftler dabei von Beginn an mit Praxisakteuren zusammen (z. B. Kommunalverwaltungen, Stadtwerke oder Unternehmen).

Abbildung 16: Fördermittel für Sozial-ökologische Forschung
(Daten siehe Tabelle 4)



2.5 Fusionsforschung

Verantwortungsvolle Forschungsförderung schließt auch langfristige Entwicklungen in gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Bereichen ein. So folgt die Bundesregierung im Rahmen des Energieforschungsprogramms der Empfehlung der Leopoldina, zur Sicherung der Energieversorgung in Deutschland auch die Fusionsforschung fortzusetzen.

Vor diesem Hintergrund unterstützt die Bundesregierung den in Bau befindlichen internationalen Forschungsreaktor ITER am Standort Cadarache in Südfrankreich. ITER soll erstmals mit einem brennenden Fusionsplasma im 500-MW-Bereich zehnmal mehr Energie liefern als zur Aufheizung des Plasmas benötigt wird, und so die Machbarkeit der kontrollierten terrestrischen Energiegewinnung aus Fusionsprozessen demonstrieren.

Die Förderung der Kernfusion erfolgt primär im Rahmen der programmorientierten Förderung der Helmholtz-Gemeinschaft. An diesem Programm sind das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und das Forschungszentrum Jülich (FZJ) beteiligt.

Deutschland verfügt im Bereich Kernfusion auch im internationalen Vergleich über ein herausragendes wissenschaftliches Knowhow. Somit scheint es ratsam, die Kernfusionsforschung kontinuierlich fortzusetzen, um gewährleisten zu können, dass das Potenzial dieser Energiequelle für die Zukunft abgewogen wird. Mit Großgeräten wie dem Hochtemperatur-Helium-Kreislauf (HELOKA), der Testeinrichtung für supraleitende Komponenten (TOSCA) (beide am KIT), dem Tokamak „ASDEX Upgrade“ und voraussichtlich ab 2014 dem Stellarator „Wendelstein 7 X“ (beide am IPP) steht eine weltweit einmalige Infrastruktur zur Verfügung.

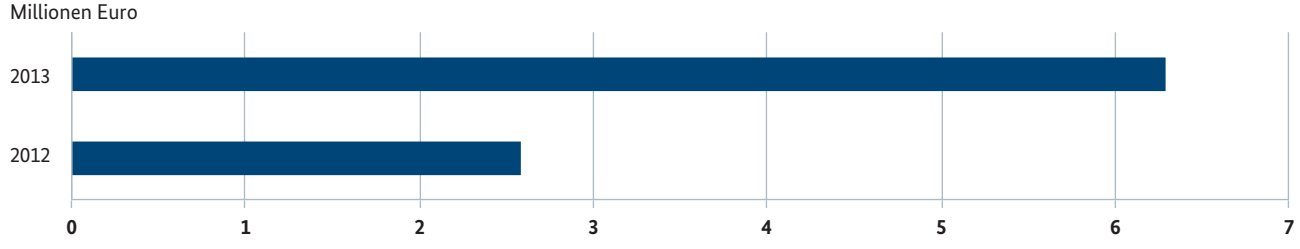
Mit dem Ziel, deutsche Industrieunternehmen von diesem Knowhow profitieren zu lassen und ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit im Hinblick auf technologisch höchst anspruchsvolle Aufträge im Rahmen von ITER und dem darüber hinausgehenden *Broader Approach* zu stärken, hat das BMBF ein zeitlich befristetes Projektförderprogramm (vgl. Abb. 17) mit dem Fokus auf Verbundprojekten zwischen Forschungsinstituten und Industrie aufgelegt. Dieses läuft 2017 aus. Im Jahre 2013 wurden dafür rund 6,3 Millionen Euro aufgewendet.

2.6 Nukleare Sicherheitsforschung

Für den Betrieb, die Stilllegung und die Entsorgung von Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren, ebenso wie für die Endlagerung radioaktiver Abfälle, gelten höchste Sicherheitsanforderungen. Das Atomgesetz fordert daher in §7d, dass der „fortschreitende Stand von Wissenschaft und Technik“ maßgeblich zu sein hat. Damit dies erfüllt werden kann, weist der Gesetzgeber der Forschung und Entwicklung in diesen Gebieten eine herausragende Rolle zu.

Die projektgeförderte nukleare Sicherheits- und Endlagerforschung des BMWi trägt in diesem Sinne durch gezielte Investitionen in Forschung und Entwicklung dazu bei, anwendungsbezogen Grundlagen bereitzustellen, um langfristig und kontinuierlich eine breite Wissensgrundlage zu schaffen, den Stand von Wissenschaft und Technik ständig weiterzuentwickeln und einen substanziellen Beitrag zu Aufbau, Weiterentwicklung und Erhalt der wissenschaftlich-technischen Kompetenz zu leisten. Dies gilt auch und gerade vor dem Hintergrund des deutschen Ausstiegs aus der Stromerzeugung aus Kernenergie bis zum Jahr 2022, da über die Restlaufzeit der Kernkraftwerke hinaus in Deutschland weiterhin kerntechnische Anwendungen in Industrie, Forschung und in der Medizin benötigt werden. Somit sind ein

Abbildung 17: Fördermittel für projektbezogene Fusionsforschung
(Daten siehe Tabelle 4)



Höchstmaß an fachlicher Kompetenz sowie die Verfügbarkeit fortschrittlicher Bewertungsmethoden weiterhin unabdingbare Voraussetzung für eine wissenschaftlich fundierte Sicherheitsbewertung von Kernkraftwerken und Endlagersystemen im Inland und Ausland.

Als Beitrag zu Kompetenzerhalt und Kompetenzerweiterung flankiert das BMBF die Forschungsförderung des BMWi mit den Bereichen nukleare Sicherheits- und Entsorgungsforschung und darüber hinaus Strahlenforschung mit dem Ziel der Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Basierend auf den Zielen des BMBF-Förderkonzeptes „Grundlagenforschung Energie 2020+“ aus dem Jahr 2008 treiben diese Aktivitäten die Vernetzung von Wissenschaft und Industrie voran und bringen energiebezogene Grundlagenforschung mit anwendungsorientierten Arbeiten zusammen.

2.6.1 Reaktorsicherheitsforschung

Die Reaktorsicherheitsforschung ist Teil der staatlichen Vorsorge zum Schutz der Bevölkerung und der Umwelt vor den Gefahren möglicher Freisetzung radioaktiver Stoffe aus Anlagen zur Stromgewinnung aus Kernenergie. Es ist ihre Aufgabe, auch unter Ausstiegsbedingungen das Sicherheitskonzept deutscher Kernkraftwerke abzusichern und durch internationale Kooperationen Beiträge zur stetigen Weiterentwicklung von Sicherheitsstandards weltweit zu leisten.

Die projektgeförderte Reaktorsicherheitsforschung orientiert sich maßgeblich an Themengebieten, die durch eine vom BMWi berufene Evaluierungskommission als prioritär eingestuft wurden. Im Jahr 2013 wurden die vorrangigen Forschungsthemen vor dem Hintergrund der Entscheidung in Deutschland, bis 2022 aus der Stromerzeugung durch Kernenergie auszusteigen, vom Kompetenzverbund Kerntechnik neu bewertet und im Bericht „Nukleare Sicherheitsforschung – Neuorientierung an aktuellen energiepolitischen Rahmenbedingungen“ publiziert.

Das BMBF flankiert die Forschungsförderung des BMWi mit Projekten zur Ausbildung von Nachwuchswissenschaftlern, in denen entsprechend den Förderschwerpunkten des BMWi wissenschaftliche Grundlagen auf dem Gebiet Reaktorsicherheitsforschung vertieft werden.

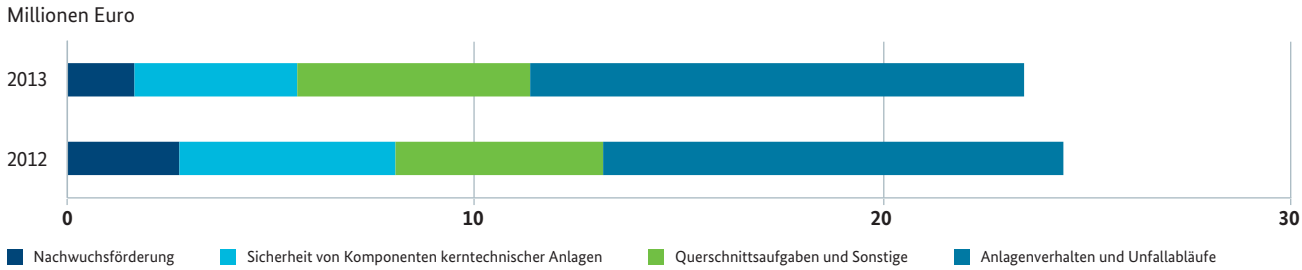
Die Forschungsförderung des BMWi trug wesentlich zur Erweiterung des Wissensstandes und verbesserten Beurteilung des Sicherheitsniveaus kerntechnischer Anlagen bei. Beispielhaft seien hier im Themenkomplex Anlagenverhalten und Unfallabläufe Untersuchungen zur Bildung von Zinkkorrosionsprodukten bei einem Kühlmittelverluststörfall mit anschließendem Sumpfbetrieb genannt. Deren bisherige Ergebnisse wurden der Reaktorsicherheitskommission vorgestellt und die Übertragbarkeit auf reale Anlagenverhältnisse geprüft. Im Themenkomplex Sicherheit von Komponenten kerntechnischer Anlagen wurde ein neuer Versuchsstand (Fallturm) zur Untersuchung des Verhaltens von Stahlbetonbauteilen unter stoßartiger Beanspruchung durch Aufprallbehälter fertiggestellt. Dies ist relevant für Untersuchungen von Belastungen, die z. B. bei einem Flugzeugabsturz auftreten können.

Hinsichtlich der 2013 neu initiierten Vorhaben, ist besonders die fünfte Phase des Experimentalprogramms „Thermal-Hydraulics, Hydrogen, Aerosols and Iodine“ (THAI) hervorzuheben, in dessen Verlauf Ein- und Mehrraumversuche zum Spaltprodukt- und Wasserstoffverhalten im Sicherheitsbehälter von Kernkraftwerken durchgeführt werden sollen, um Daten für die Validierung nationaler und internationaler Störfallcodes zu erhalten. In zahlreichen internationalen Kooperationen zeigt sich ein gleichbleibend hohes Interesse. Ein Beleg für die hohe Qualität der Versuchsergebnisse.

International beteiligt sich Deutschland im Rahmen der projektgeförderten Reaktorsicherheitsforschung des BMWi an multilateralen Forschungsprojekten unter der Schirmherrschaft der OECD/NEA. Hierzu zählt die Teilnahme am „BSAF“-Projekt, in dessen Verlauf Forschungsorganisationen aus Nationen mit einschlägigem Knowhow auf dem Gebiet der Reaktorsicherheit mithilfe von Störfallcodes den Ereignisablauf der Reaktorhavarie in Fukushima simulieren. Ziel ist es, möglichst belastbare Aussagen über den Zustand der havarierten Anlagen treffen zu können, die auch den anstehenden Aufräum- und Rückbauarbeiten zugute kommen sollen. Deutschland beteiligt sich an dem Projekt mit Störfallcodes, welche die projektgeförderte Reaktorsicherheitsforschung des BMWi entwickelt.

Im Rahmen der Grundlagenforschung des BMBF wurden Nachwuchsfördermaßnahmen zu Themen der Reaktorsicherheitsforschung durchgeführt. Hierzu zählten 2013 beispielsweise Untersuchungen zu passiven Containmentkühlsystemen und Unsicherheitsanalysen zum Spaltproduktquellterm. Diese wurden in die integrale Bewertung und Empfehlung von Notfallmaßnahmen eingebracht, die vor dem Hintergrund der Ereignisse in Fukushima erörtert

Abbildung 18: Fördermittel für Reaktorsicherheitsforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



wurden (WASA-BOSS). Insgesamt förderte das BMBF 2013 33 Doktoranden sowie zehn weitere Nachwuchswissenschaftler (Diplomanden, Masterstudenten).

Im Jahr 2013 wurden im Bereich Reaktorsicherheitsforschung Forschungsvorhaben mit einem Gesamtfördervolumen von 23,4 Millionen Euro unterstützt (siehe Abb. 18). Davon stellte das BMWi 21,8 Millionen Euro aus Haushaltsmitteln bereit und das BMBF 1,6 Millionen Euro.

2.6.2 Endlager- und Entsorgungsforschung

Die Projektförderung im Bereich Entsorgungs-/Endlagerforschung erfolgt federführend durch das BMWi. Die Förderaktivitäten orientieren sich programmatisch an den regelmäßig fortgeschriebenen BMWi-Förderkonzepten zu den FuE-Arbeiten zur Endlagerung radioaktiver Abfälle. Unterstützt werden anwendungsorientierte, standortunabhängige FuE-Projekte zu allen in Deutschland relevanten Wirtsgesteinen (Steinsalz, Ton- und Kristallingestein). Maßgeblich gefördert werden FuE-Aktivitäten zur Erweiterung der Kenntnisse zu Endlagerkonzepten, zur Endlagertechnik und zum Sicherheitsnachweis. Die Endlagerforschung bezieht sich auf die Themenbereiche *Endlagersystem*, *Systemverhalten und Systembeschreibung*, *Querschnittsthemen mit Bezug zur Endlagerung* und *Kernmaterialüberwachung*. Einige Projekte werden in internationalen Kooperationen bearbeitet (7. EU-Forschungsrahmenprogramm, ausländische Untertagelabors).

Mit der Änderung der gesetzlichen Rahmenbedingungen durch das Standortauswahlgesetz und dem damit verbundenen Neustart der Endlagersuche ergibt sich weiterer FuE-Bedarf, unter anderem zur vertieften Untersuchung und Charakterisierung aller potenzieller Wirtsgesteine, zu Methoden der Standorterkundung sowie zu Auswirkungen verlängerter Zwischenlagerzeiten auf Abfälle und Behälter. Diese Aspekte werden insbesondere im nächsten BMWi-Förderkonzept (voraussichtlich für den Zeitraum 2015 – 2018) berücksichtigt.

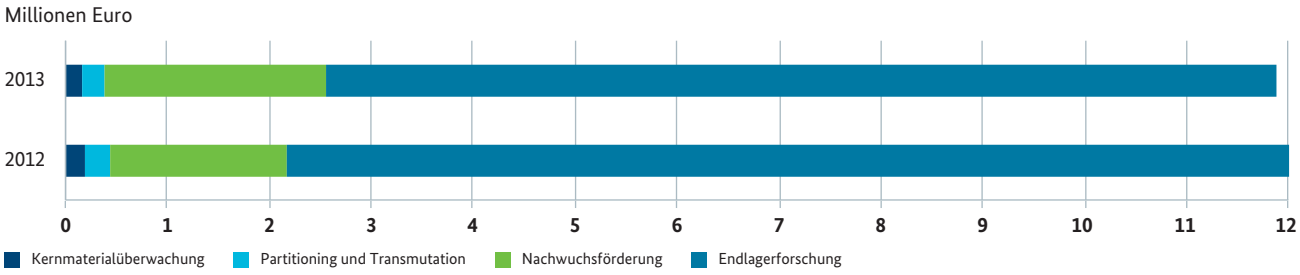
Im Themenbereich *Endlagersystem* werden Vorhaben zur Bewertung von Endlagerkonzepten anhand von wissenschaftlich-technischen und sicherheitsanalytischen Aspekten durchgeführt. Im Jahr 2013 wurden hier fünf Neuvorhaben bewilligt.

Der Themenbereich *Systemverhalten und Systembeschreibung* umfasst Untersuchungen zu Modellierungen des geomechanischen, geochemischen und thermo-hydromechanischen Verhaltens der Wirtsgesteine sowie der darin ablaufenden Prozesse. Ferner befassen sich Projekte mit der Beschreibung und Simulation der möglichen Entwicklung eines Endlagersystems im Rahmen der Langzeitsicherheitsanalyse. Im Jahr 2013 wurden hier sieben Neuvorhaben bewilligt.

Die dem Themenbereich *Querschnittsaufgaben mit Bezug zur Endlagerung* zugehörige und von BMWi und BMBF kofinanzierte Studie zu Chancen und Risiken von Partitionierung und Transmutation (P&T) hochradioaktiver Abfälle, die technisch-wissenschaftlichen Aspekte und gesellschaftliche Implikationen einer möglichen Anwendung von P&T zum Gegenstand hatte, wurde abgeschlossen.

Die BMWi-Projektförderung berücksichtigt auch den Themenbereich *Kernmaterialüberwachung*. Die besondere Problematik erfordert FuE-Arbeiten zu konzeptionellen, technisch-methodischen und politisch-institutionellen Fragen. Aufgrund der globalen Bedeutung des Themas werden die Arbeiten in Forschungsnetzwerke eingebettet, die auch in multinationale Kooperation (Euratom, IAEA) eingebunden sind. Ein Neuvorhaben wurde im Jahr 2013 begonnen.

Abbildung 19: Fördermittel für Endlager- und Entsorgungsforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



Die FuE-Themenbereiche der BMWi-Projektförderung zur Entsorgungs-/Endlagerforschung werden durch BMBF-geförderte FuE-Arbeiten der Nuklearen Sicherheitsforschung flankiert. Dem Themenbereich *Endlagersystem* ist ein Forschungsverbund zugeordnet, in dem die wissenschaftlichen Grundlagen, für Aussagen zur Stabilität von keramischen Matrizes mit darin eingebauten langlebigen Radionukliden (Conditioning) geschaffen werden sollen. Zum Themenbereich *Systemverhalten und Systembeschreibung* zählen Projekte, in denen die geochemischen Prozesse im Nahfeld eines Endlagers untersucht werden. Ein Forschungsschwerpunkt dabei ist die quantenchemische Modellierung radiochemischer und radiogeochemischer Prozesse. Im Verbundvorhaben „ImmoRad“ wird die Wechselwirkung zwischen Actiniden und Spaltprodukten mit endlagerrelevanten Mineralen auf atomarer Skala studiert, um das Prozessverständnis (z. B. Retentionsmechanismen) zu vertiefen und damit eine Extrapolation auf lange Zeiträume zu ermöglichen. Aktuell befasst sich ein weiteres Verbundvorhaben („f-Kom“) mit Untersuchungen zum grundlegenden Verständnis der selektiven Komplexierung von f-Elementen. Diese Untersuchungen leisten einen Beitrag zur Charakterisierung, Sortierung und Trennung radioaktiver Materialien. Die Forschungstätigkeiten flankieren damit den Themenbereich *„Querschnittsthemen mit Bezug zur Endlagerung“* des BMWi. Durch das BMBF wurden 2013 insgesamt 23 Einzelvorhaben mit ca. 2,2 Millionen Euro gefördert (siehe Abb. 19).

2.6.3 Strahlenforschung

Ein Schwerpunkt der Förderung des BMBF in der Nuklearen Sicherheitsforschung ist der Bereich Strahlenforschung. Die Forschungsaktivitäten erfolgen hier in Abstimmung mit dem „Kompetenzverbund Strahlenforschung – KVSF“, welcher 2007 als Zusammenschluss von Universitäten und Forschungseinrichtungen gegründet wurde, die in diesem Bereich tätig sind. Der Verbund will die wissenschaftliche Kompetenz in der Strahlenforschung fördern und erhalten. Die Förderung erfolgt in Abstimmung mit dem BMUB.

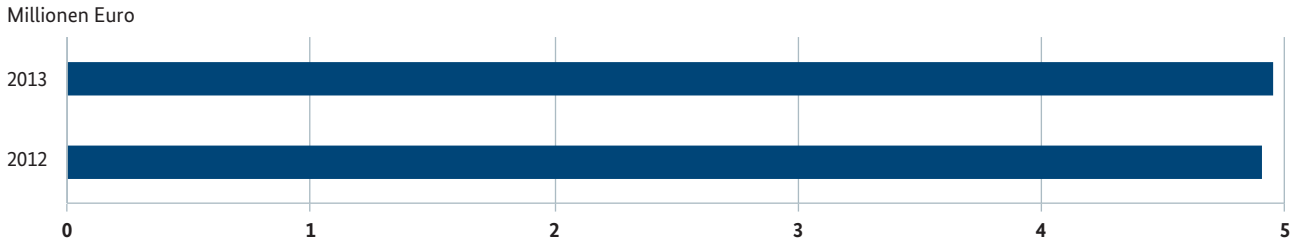
Im Bereich der Strahlenforschung wurden zwischen 2008 und 2013 zu strahlenbiologischen, strahlenmedizinischen und radioökologischen Fragestellungen 96 Vorhaben bewilligt und insgesamt ca. 49,5 Millionen Euro verausgabt (vgl. Abb. 20). Schwerpunktthemen der Förderung sind Strahlenqualität, Strahlenempfindlichkeit, die Dosis-Wirkungs-Beziehung, Biologische Targets und die Charakterisierung der Strahlenexposition.

Im Bereich Strahlenqualität wird primär die Rolle von UVA-Strahlen bezüglich Telomerschädigung sowie die Rolle antioxidativer Abwehr und zellulärer Seneszenz bei UV-induzierter Karzinogenese untersucht. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Untersuchung des Schädigungspotenzials von Radionukliden.

Auf dem Gebiet der Strahlenempfindlichkeit identifizieren Forscher beispielsweise mittels epidemiologischen Untersuchungen Genvarianten, die durch ihren Einfluss auf den Erhalt der genomischen Stabilität eine erhöhte individuelle Sensitivität für die Ausbildung strahleninduzierter Akut- und Spätschäden besitzen und zudem verantwortlich sind für eine veränderte Strahlenempfindlichkeit von Tumorzellen.

Die Untersuchungen im Bereich Dosis-Wirkungs-Beziehung widmen sich der Bestimmung der Strahlendosis auf Basis strahleninduzierter Genexpressionsänderungen, da die Erstellung von Genexpressionsdaten weniger zeit- und kostenintensiv als herkömmliche Methoden ist und dieser Forschungsansatz nicht auf spezifische Gewebe- oder Zellarten beschränkt ist.

Abbildung 20: Fördermittel für Strahlenforschung
(Daten siehe Tabelle 5)



Schwerpunkt der Forschungsarbeiten zu Biologischen Targets ist die Aufklärung primärer Strahleneffekte sowie die Aufklärung der Reparatur von DNA-Schäden auf molekularer Ebene, um ein besseres Verständnis für die grundlegenden Folgen von Strahlung für die Zelle zu erlangen. Dabei ist das Ziel, Vorhersagen bezüglich der Wirkung dicht ionisierender Strahlen machen zu können sowie Eingriffsmöglichkeiten zur Strahlenwirkung aufzuzeigen.

Im Bereich Charakterisierung der Strahlenexposition werden Untersuchungen zu den Themen Ausbreitung von Radionukliden in Luft, Wasser und Boden, Transport von Radionukliden in Pflanzen, Validierung biokinetischer Stoffwechselmodelle und Strahlenbelastung durch natürliche Radionuklide gefördert. Übergeordnetes Ziel ist, das Wissen und die Kompetenz auf dem Gebiet der Radioökologie zu erhöhen und die Abschätzung der Strahlenexposition des Menschen über die verschiedenen Expositionspfade zu verbessern.

3. Institutionelle Energieforschung

Die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren ist mit 37.148 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und einem Jahresbudget von rund 3,8 Milliarden Euro Deutschlands größte Wissenschaftsorganisation. Sie widmet sich im Forschungsbereich Energie wichtigen Fragestellungen, die für die mittel- bis langfristige Umgestaltung der Energiesysteme und die Umsetzung der Energiewende relevant sind. Dabei arbeiten die beteiligten Forschungszentren[7] in der nunmehr zweiten Periode der Programmorientierten Förderung (PoF-II) in den folgenden fünf Forschungsprogrammen zusammen (vgl. Abb. 21):

- rationelle Energieumwandlung und -nutzung
- erneuerbare Energien
- nukleare Sicherheitsforschung
- Kernfusion
- Technologie, Innovation und Gesellschaft

Ein wichtiger strategischer Meilenstein im letzten Jahr stellten die Vorbereitungen für die dritte Periode der *Programmorientierten Förderung* (PoF-III) dar, die im Januar 2015 beginnen wird. Dafür wurden auf Basis der Forschungspolitischen Vorgaben ein Dachpapier des Forschungsbereichs erstellt, die neuen Programmanträge ausgearbeitet und zwischen den Forschungszentren abgestimmt. Eine internationale Gutachterkommission evaluiert 2014 diese Programmanträge. Das Ergebnis bildet die Grundlage für die Finanzierungsempfehlungen der kommenden Förderperiode 2015 – 2019. Der Forschungsbereich Energie wird dabei in Hinblick auf die aktuellen Anforderungen der Energiewende neu strukturiert und thematisch erweitert. So werden beispielsweise das Programm „Speicher und vernetzte Infrastrukturen“ und das Programmthema „Windenergie“ neu eingerichtet.

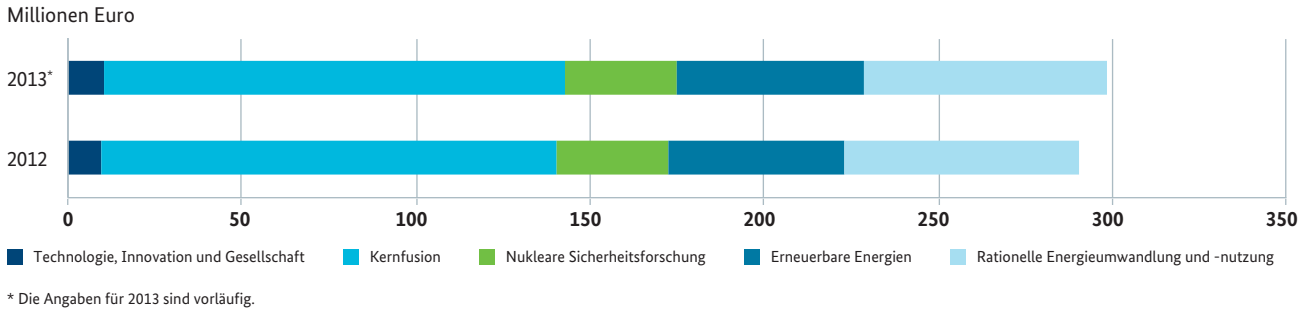
Inhaltlich wird die dritte Periode der Programmorientierten Förderung bereits jetzt durch die Bearbeitung so genannter *Portfoliothemen* vorbereitet. Der Forschungsbereich Energie bearbeitet die Portfoliothemen *Helmholtz-Initiative für mobile/stationäre Energiespeichersysteme*, *Gasseparationsmembranen für CO_2-freie fossile Kraftwerke*, *Elektrochemische Speicher im System – Zuverlässigkeit und Integration*, *Umweltfreundliche Bereitstellung heimischer Energieträger aus Georessourcen* und *Materialforschung für die zukünftige Energieversorgung*. Ebenfalls zu erwähnen ist das Portfoliothema *Nachhaltige Bioenergie*, dessen Schwerpunkt allerdings im Forschungsbereich Schlüsseltechnologien angesiedelt ist.

Eine besondere Relevanz besitzt das Querschnittsthema „Materialforschung für die zukünftige Energieversorgung“, das in besonderer Weise in den forschungspolitischen Vorgaben herausgestellt wurde. Dem trägt auch ein Beschluss des HGF-Senats aus dem Jahr 2012 Rechnung, die strategische Ausbauinvestition „Helmholtz Energy Materials Characterization Platform (HEMCP)“ als prioritäre Maßnahme einzustufen und zur Förderung zu empfehlen. Die Umsetzung der Investitionsmaßnahmen in Höhe von rund 40 Millionen Euro begann 2013. An den Forschungszentren in Jülich, Berlin, Dresden, Karlsruhe, Hamburg, Geesthacht und am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) werden moderne Geräte und Infrastrukturen bereitgestellt, um zeit- und ortsaufgelöste dreidimensionale Informationen über strukturelle, elektronische und chemische Eigenschaften von Materialien für energiewirtschaftlich relevante Anwendungen unter Herstellungs- und Betriebsbedingungen (in-situ Methoden) zu erhalten. Die Investitionsmaßnahme gliedert sich in die vorhandene Forschungsinfrastruktur ein – insbesondere die Großgeräte, wie das Elektronensynchrotron BESSY am Helmholtz-Zentrum Berlin.

Mit dem Beschluss der Gründung von zwei neuen **Helmholtz-Instituten** im Energiebereich im letzten Jahr wurde die Zusammenarbeit innerhalb der HGF aber auch mit Universitäten in strategisch wichtigen Bereichen gestärkt. Im August 2013 wurde das Helmholtz-Institut Erlangen-Nürnberg (HI-ERN) für erneuerbare Energien gegründet. Das neue Institut intensiviert die bestehende Zusammenarbeit der HGF-Forschungszentren in Jülich und Berlin mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. Im Mittelpunkt der Arbeiten stehen die Materialforschung für solare Technologien und die Erzeugung von Wasserstoff aus erneuerbaren Energien. Im Oktober 2013 beschloss der Senat der Helmholtz-Gemeinschaft die Einrichtung eines Helmholtz-Instituts in Münster (HI-MS), das seine Arbeit

7 Am Forschungsbereich Energie der HGF sind beteiligt: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Forschungszentrum Jülich (FZJ), Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie (HZB), Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf (HZDR), Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP), Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ).

Abbildung 21: Themen der Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren
(Daten siehe Tabelle 6)



* Die Angaben für 2013 sind vorläufig.

2014 aufgenommen hat. An dem Institut ist neben der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster und der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen (RWTH) das Forschungszentrum Jülich beteiligt. Schwerpunkt werden elektrochemische Energiespeichersysteme sein. Mit seiner Fokussierung auf Elektrolyte und deren ionisches Verhalten ergänzt das neue Institut das bereits 2011 gegründete Helmholtz-Institut in Ulm. An diesem sind neben dem Karlsruher Institut für Technologie (KIT) und dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) die Universität in Ulm und das Zentrum für Sonnenenergie- und Wasserstoff-Forschung Baden-Württemberg (ZSW) beteiligt.

Neben den vier bereits seit 2012 laufenden **Helmholtz-Energie-Allianzen** startete Anfang 2013 mit der Allianz „Technologien für das zukünftige Energienetz“ eine weitere Energie-Allianz. Seitens der HGF sind das Karlsruher Institut für Technologie und das Forschungszentrum Jülich beteiligt, die mit der Technischen Universität Darmstadt, der Technischen Universität Dortmund und der RWTH Aachen zusammenarbeiten. Aus dem Impuls-und Vernetzungsfonds der HGF wird diese Allianz mit 3,2 Millionen Euro in den Jahren 2013 und 2014 gefördert und durch zusätzliche Mittel der Partner ergänzt. Die Allianz bearbeitet netzseitige Fragestellungen, die sich aus der fluktuierenden Netzeinspeisung aus erneuerbaren Energien ergeben. Dabei spielen intelligente Verteilnetze, Hybrid-Transportnetze durch die Einbindung von Technologien zur Hochspannungsgleichstromübertragung aber auch die Integration von Speichern in die Netzinfrastrukturen eine wichtige Rolle.

Erste Voraussetzung für exzellente Forschungsergebnisse sind herausragende Forscherinnen und Forscher im Bereich der Energieforschung. Deshalb hatte die HGF bereits 2012 eine **Rekrutierungsinitiative** beschlossen, die eine Unterstützung von W3- und W2-Positionen im Energiebereich als gemeinsame Berufungen von HGF-Zentren mit Universitäten vorsieht. Bis Ende 2013 erfolgten sieben Berufungen mit Energiebezug bzw. sind im Prozess der Umsetzung.

4. Weitere Förderaktivitäten

4.1 Forschungsförderung der Bundesländer

Die energieforschungsbezogenen Ausgaben der Bundesländer sind wesentlicher Bestandteil der gesamtstaatlichen Aufwendungen für die Energieforschung in Deutschland. Im Auftrag des BMWi führte der Projektträger Jülich (PtJ) bereits für die Jahre 2003 und 2006 eine Untersuchung mit dem Thema „Aufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung“ durch. Um die Entwicklung der nationalen Energieforschungsaktivitäten samt ihrer technologiespezifischen Akzentuierung fortlaufend untersuchen zu können, wird die Länderumfrage seit 2008 im jährlichen Turnus durchgeführt.[8] Die in der vorliegenden Zeitreihe erkennbaren energiepolitischen Trends auf Landesebene fließen auch in das Bund-Länder-Gespräch ein. Dieses findet jährlich im Rahmen der Koordinierungsplattform Energieforschung statt.

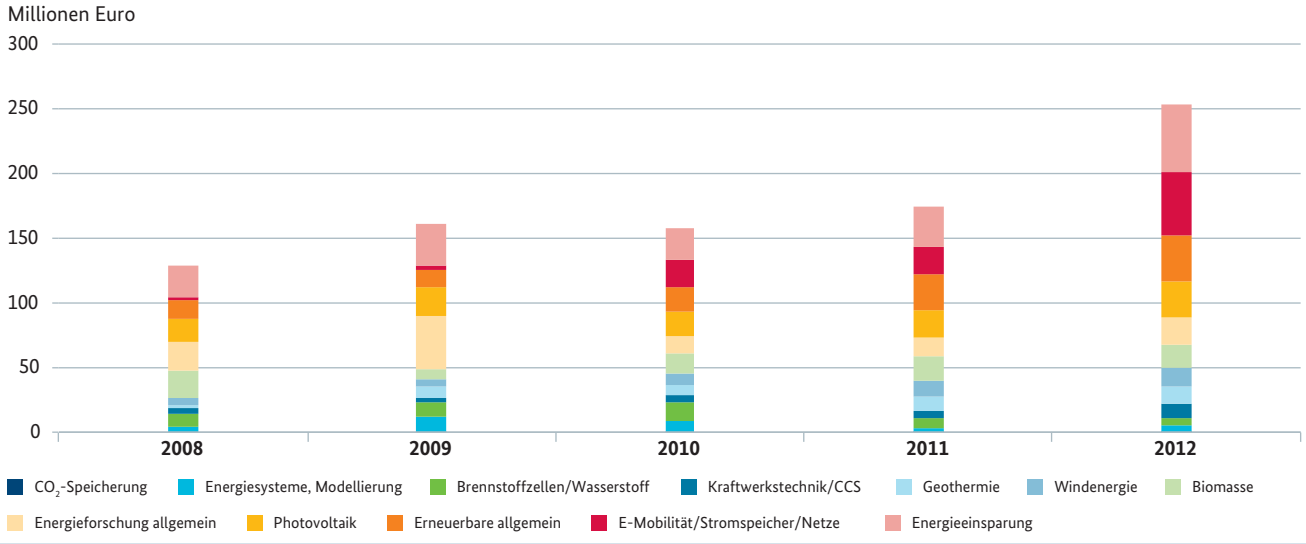
Grundlage für die Erhebung ist eine Abfrage zu den Zahlen für die konkrete Energieforschung und -entwicklung (einschließlich Demonstrationsvorhaben) und den dazugehörigen Förderprogrammen. Finanzielle Aufwendungen für Markteinführungs- oder Energieeinsparprogramme sowie anderweitige Investitionshilfen sind für diese Erhebung nicht relevant.

Da bei der Energieforschung der Bundesländer zwischen Projektförderung und institutioneller Förderung differenziert werden muss, erfolgt im Rahmen der Länderanalyse eine separate Abfrage beider Zuwendungsinstrumente. Die direkte Projektförderung wird über konkrete Förderprogramme und -initiativen abgewickelt und spiegelt mit der thematischen Akzentuierung auch die technologiepolitische Ausrichtung der Energieforschung in den einzelnen Bundesländern wider. Die institutionelle Förderung der landesansässigen Forschungseinrichtungen wiederum kann vom Land alleine oder gemeinschaftlich mit dem Bund unterhalten werden. Projektförderung und Institutionelle Förderung werden innerhalb der vorliegenden Untersuchung zusammengefasst.

Landesforschungsprogramme können auch über den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) teilfinanziert werden, wobei jeweils ein festgelegter Eigenanteil durch die Bundesländer notwendig ist. Bei diesem Finanzierungsinstrument kommen innerhalb der Umfrage nur die entsprechend eingesetzten Landesmittel zum Tragen.

Die Gesamtaufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung verzeichnen zwischen den Jahren 2008 und 2012 einen erheblichen Anstieg (vgl. Abb. 22), was etwa dem Aufwuchsszenario der Bundesregierung im gleichen Zeitraum entspricht.

Abbildung 22: Aufwendungen der Bundesländer für die nichtnukleare Energieforschung 2008 – 2012
(Daten siehe Tabelle 8)



8 In diesem Bericht werden die Aufwendungen der Bundesländer im Energieforschungsbereich in den Jahren 2008 – 2012 betrachtet. Die Zahlen für das Jahr 2013 liegen noch nicht vor und werden Gegenstand des nächsten Bundesberichts Energieforschung sein.

Die Erhebung erfasst die erneuerbaren Energien einzeltechnologisch (aufgeteilt nach Biomasse, Geothermie, Photovoltaik, Windenergie und erneuerbare Energien allgemein). Hier werden sie jedoch zusammengefasst dargestellt. Erwartungsgemäß bilden sie als tragende Säule im Energiewendeprozess einen Forschungsschwerpunkt, und diesbezügliche finanzielle Aufwendungen seitens der Bundesländer verdoppelten sich zwischen 2008 (61,2 Millionen Euro) und 2012 (108,5 Millionen Euro) nahezu. Bei spezifischer Betrachtung der erneuerbaren Energien kristallisierten sich Photovoltaik und Biomasse als technologische Förderschwerpunkte in den Bundesländern heraus.

Die avisierte Steigerung des Anteils erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung erhöht gleichzeitig die Anforderungen zur Anpassung an ein zunehmend volatiles und dezentrales Angebot. Eine auf regenerative Energien ausgerichtete Energieversorgung impliziert mittel- bis langfristig den wachsenden Einsatz von thermischen, stofflichen und elektrochemischen Energiespeichern und setzt gleichzeitig den zuverlässigen Betrieb leistungsfähiger Stromnetze voraus. In Ergänzung zu den Förderschwerpunkten „Speicher“ und „Netze“ des Bundes, spiegelt sich der Forschungsbereich Elektromobilität/Stromspeicher/Netze auch auf Landesebene wider und erfährt bei Betrachtung der Zeitreihe den finanziell größten Zuwachs. Während das Themenfeld im Jahr 2008 mit lediglich 1,6 Millionen Euro noch eher eine Nischentechnologie bildete, so vereint es mittlerweile die wesentlichen Schlüsseltechnologien zur angestrebten Transformation des Energieversorgungssystems und wurde 2012 seitens der Bundesländer bereits mit 49,3 Millionen Euro gefördert.

Darüber hinaus hat sich die Energieeinsparung bzw. -effizienz als ein weiterer wesentlicher Förderschwerpunkt der Bundesländer etabliert. Die Energieeinsparung umfasst die Gewinnung, die Umwandlung, den Transport sowie den Endverbrauch von Energie und steht seit jeher im Forschungsfokus der staatlichen Technologieförderung. Als „Rationelle Energieverwendung“ ist sie seit Einführung des 1. Energieforschungsprogramms „Programm Energieforschung und Energietechnologien“ im Jahre 1977 auf allen Ebenen fester Bestandteil der nationalen Energiepolitik. Die breite Aufstellung der Forschungsförderung von Energieeffizienztechnologien spiegelt sich auch in den Ausgaben der Länder wider: Mit über 50 Millionen Euro Förderung ist Energieeinsparung nach den erneuerbaren Energien das am stärksten unterstützte Forschungsfeld.

Systemanalytische Betrachtungen und energiepolitische Szenarioanalysen bilden den Forschungsfokus des Bereiches Energiesysteme/Modellierung. Dieser spielt energiepolitisch eine vergleichsweise untergeordnete Rolle, erhält aber durch die zunehmende Implementierung sozialwissenschaftlicher Aspekte, systemische Untersuchungen der Energienetze und neue Ansätze zur Modellbildung neuen Auftrieb.

Ein stetig wachsender Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung stellt hinsichtlich Lastflexibilität und Netzstabilisierung neue Anforderungen an den konventionellen Kraftwerkspark und erfordert gleichzeitig die Synchronisation mit anderen lastausgleichenden Technologien (wie z. B. Smart Grids). Systemintegration und Flexibilisierung von Kraftwerksprozessen bei gleichzeitiger Effizienzsteigerung sind aktuell die strategisch wichtigsten Förderbereiche der Kraftwerkstechnik. Diese gewannen in den letzten Jahren an Bedeutung und erhielten 2012 von Seiten der Bundesländer fast zwölf Millionen Euro Fördermittel. Hierunter fallen auch Forschungsaktivitäten zur CO_2-Abscheidung und -Speicherung, die sich vorrangig mit Monitoring-Verfahren und Sicherheitskonzepten befassen und aufgrund des massiven Widerstandes gegen diese Technologie nur einen marginalen Anteil ausmachen.

Der Umfang der Forschungsförderung der Brennstoffzellen/Wasserstoff-Technologie ist auf einem hohen Niveau leicht rückläufig. Durch ihre große Energiedichte und die erzielbaren hohen Wirkungsgrade eröffnet sich für Brennstoffzellen der effiziente Einsatz sowohl im stationären als auch im mobilen Bereich. Im Zusammenspiel mit anderen Energietechnologien erscheint die Nutzung elektrischer, vor allem regenerativ erzeugter Überschussenergie, für die elektrolytische Erzeugung von Wasserstoff, dem Kraftstoff der Brennstoffzellen, als äußerst interessant.

Die Angaben in dieser Erhebung zur „Energieforschung allgemein“ beziehen sich auf Aufwendungen, welche von Seiten der zuständigen Landesministerien nicht weiter differenziert werden können oder eine konkrete energietechnologische Zuordnung nicht zulassen.

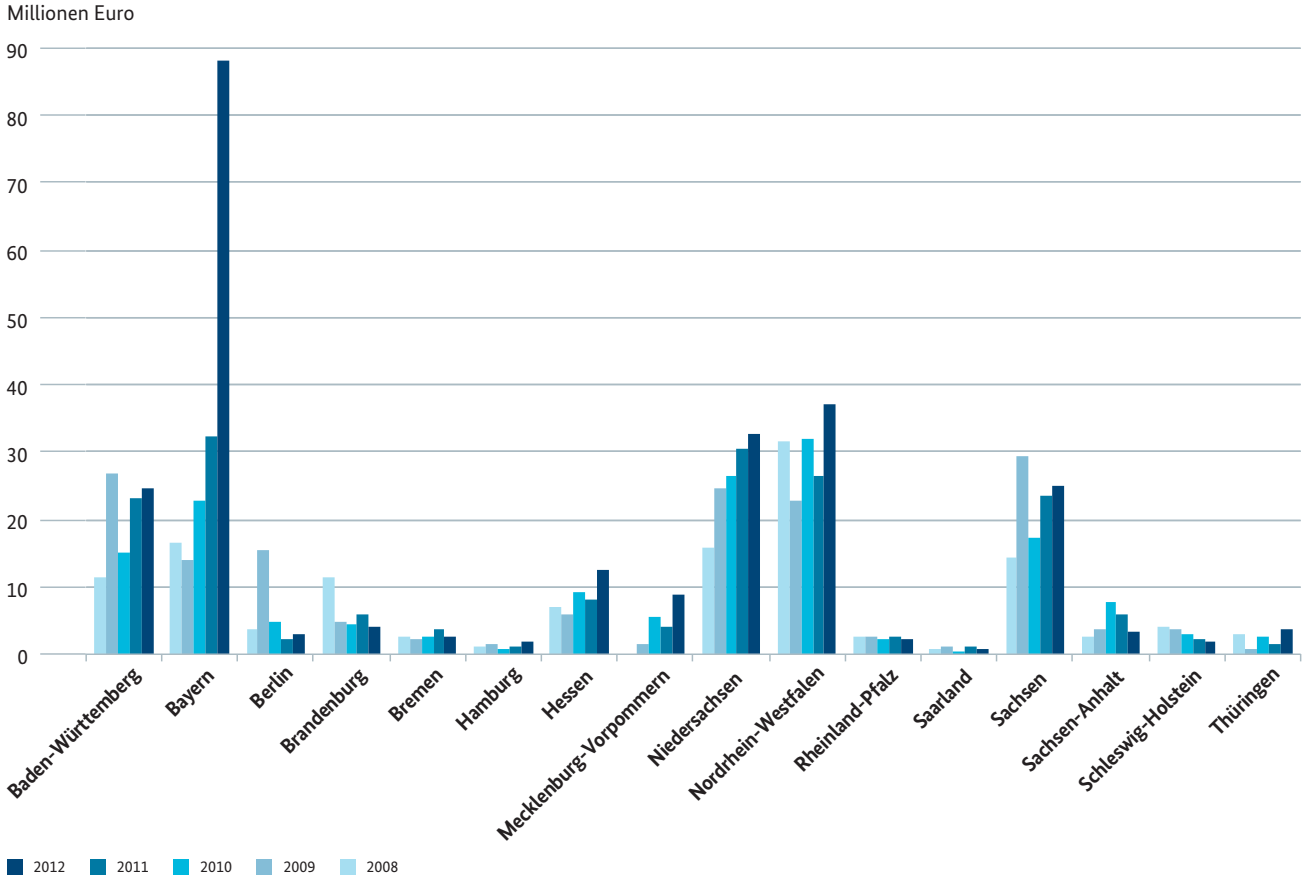
Die Neuausrichtung der Energiepolitik nach den Ereignissen in Fukushima im März 2011 führte auch auf Landesebene zu einer Neuakzentuierung der Forschungsschwerpunkte, insbesondere bei den Bundesländern mit hohem Kernenergieanteil am Stromverbrauch. So wurde beispiels-

weise in Bayern eine Expertenkommission mit der Entwicklung des Rahmenkonzeptes „Bayerische Allianz für Energieforschung und -technologie“ beauftragt. Dieses ist auf eine zehnjährige Laufzeit (2012 – 2021) ausgelegt und verfolgt das wesentliche Ziel, die erneuerbaren Energien bis 2022 auf einen Anteil von 50 Prozent der Stromerzeugung auszubauen. Die hierfür bereitgestellten zusätzlichen Mittel dominieren die Trenddarstellung der Aufwendungen der Länder für die nichtnukleare Energieforschung (siehe Abb. 23).

Neben Bayern (+55,8 Millionen Euro) verzeichnen auch Nordrhein-Westfalen (+10,7 Millionen Euro), Mecklenburg-Vorpommern (+4,8 Millionen Euro) und Hessen (+4,5 Millionen Euro einen deutlichen Anstieg der Mittel, während die Aufwendungen in Sachsen-Anhalt (-2,6 Millionen Euro), Brandenburg (-1,8 Millionen Euro) rückläufig sind. Eine detaillierte Betrachtung der energietechnologischen Förderung durch die einzelnen Bundesländer wird über die Länderberichte bereitgestellt. Für die Jahre 2006, 2008 bis einschließlich 2012 können diese über die Website des Projektträgers Jülich abgerufen werden.[9]

Die vorliegende Zeitreihenanalyse untermauert die Tatsache, dass die Förderung der nichtnuklearen Energieforschung durch die Bundesländer eine tragende Säule der nationalen Energieforschung darstellt. Die im 6. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung postulierten Ziele spiegeln sich grundsätzlich in der energiepolitischen Schwerpunktsetzung der Länder wider. Es zeichnen sich landesspezifische Förderschwerpunkte ab, bedingt durch politische und wirtschaftliche Interessen wie auch geographische Rahmenbedingungen, sodass sich insgesamt ein sehr differenziertes und die Bundespolitik ergänzendes Bild ergibt.

Abbildung 23: Aufwendungen für die nichtnukleare Energieforschung nach Bundesländern
(Daten siehe Tabelle 7)



9 Siehe http://www.ptj.de/geschaeftsfelder/energie/laenderbericht-energie

4.2 Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union

Ziel und Umfang der EU-Forschungsförderung

Die mehrjährigen Rahmenprogramme für Forschung und technologische Entwicklung der Europäischen Kommission werden seit 1984 regelmäßig aufgelegt. Sie gehören zu den wichtigsten Instrumenten zur Verwirklichung der Vision eines Europäischen Forschungsraumes. In diesem Zusammenhang verfolgt die europäische Förderung der Energieforschung das Ziel, das aktuelle Energiesystem in Europa in ein nachhaltigeres, wettbewerbsfähiges System zu überführen, welches gleichzeitig eine sichere Energieversorgung gewährleistet. Der SET-Plan[10] ergänzt dieses Ziel, indem er ausdrücklich den beschleunigten Ausbau und die Verbreitung kostengünstiger und kohlenstoffemissionsarmer Technologien anstrebt.

Das 7. Forschungsrahmenprogramm (FP7) ist 2013 ausgelaufen. Während der gesamten Laufzeit des FP7 standen für Energieforschungsvorhaben im nichtnuklearen Bereich 2,3 Milliarden Euro zur Verfügung.

Horizon 2020

Nachfolgeprogramm des FP7 ist das im Jahr 2014 gestartete „Horizon 2020“. Über eine Laufzeit von sieben Jahren stellt dies Fördermittel in Höhe von rund 80 Milliarden Euro für Kooperationsprojekte zur Verfügung. Das Thema nichtnukleare Energieforschung ist als Themenfeld „Sichere, saubere und effiziente Energieversorgung“ im Aktivitätsfeld „Gesellschaftliche Herausforderungen“ angesiedelt. Es umfasst sowohl Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten als auch flankierende marktvorbereitende Maßnahmen. Hierfür ist ein Budget in Höhe von 5,8 Milliarden Euro vorgesehen. Die ersten Aufrufe für die Jahre 2014 und 2015 zum Themenfeld „Sichere, saubere und effiziente Energieversorgung“ beziehen sich auf folgende Forschungs- und Innovationsschwerpunkte:

- Reduktion des Energieverbrauchs durch nachhaltige und intelligente Nutzung bei Konsumenten und Produzenten
- Weiterentwicklung der Stromversorgung durch erneuerbare Energien inklusive Heizen/Kühlen
- Flexibilisierung des Energiesystems durch verbesserte Speichertechnologien
- alternative Brennstoffe
- Dekarbonisierung bei der Nutzung fossiler Brennstoffe
- ein modernes paneuropäisches Elektrizitätsnetz
- Energie-, Verkehrs- und Kommunikationslösungen für intelligente Städte und Kommunen

Rückblick auf FP7: Erfolgreiche Beteil igung deutscher Antragsteller[11]

Aus Deutschland haben sich im betrachteten Zeitraum (2007 bis 2013) 570 Partner, also 23 Prozent aller Antragsteller, erfolgreich an den Aufrufen zum Thema nichtnukleare Energieforschung beteiligt. Sie werden bis zum Ende der jeweiligen Projektdauer 282 Millionen Euro Forschungsförderung durch die Kommission in Anspruch nehmen. Das entspricht 15 Prozent der insgesamt veranschlagten Fördergelder für alle an den FP7-Aufrufen beteiligten Länder[12] (siehe Abb. 24). Im Vergleich liegt Deutschland mit diesem Ergebnis weit an der Spitze, gefolgt von Spanien (13 Prozent), Italien (zehn Prozent) und Frankreich (neun Prozent).

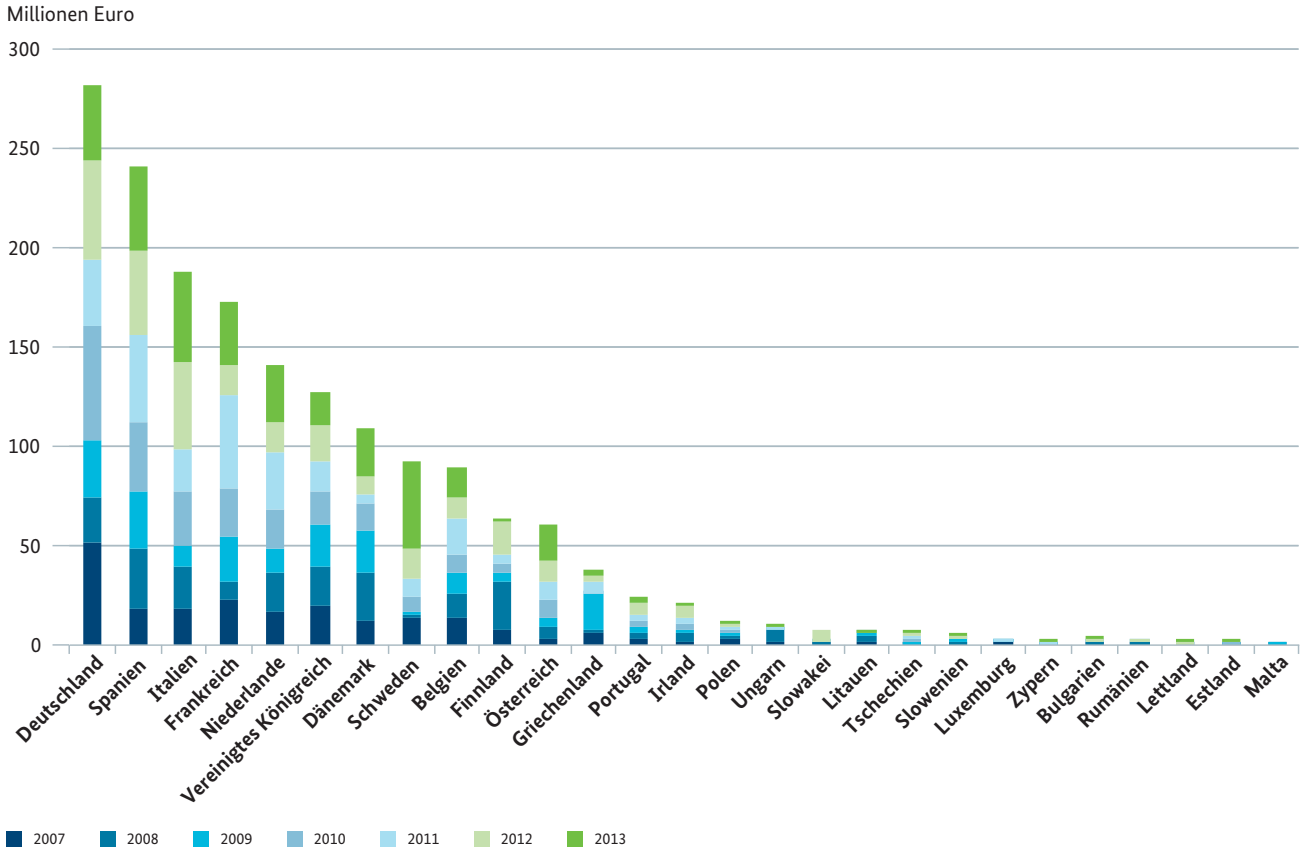
Deutsche Teilnehmer sind an mehr als 76 Prozent aller erfolgreichen Projekte mit mindestens einem Partner beteiligt. Dabei kooperieren sie besonders häufig mit Partnern aus den Ländern UK, Spanien, Italien, Frankreich, Niederlande. Etwa 17 Prozent aller Projekte koordinieren deutsche Projektpartner.

10 Strategic Energy Technology Plan (2008), siehe http://ec.europa.eu/energy/technology/set_plan/set_plan_en.htm

11 Die Angaben stützen sich auf die nach der Evaluation von der Europäischen Kommission empfohlene Förderung für erfolgreiche, d. h. zur „Förderung“ vorgesehene Proposals. ERA-Net-Calls (2007, 2011, 2012, 2013) und Ocean-Calls (2010, 2011, 2013) wurden bei der Analyse aus Vergleichbarkeitsgründen nicht berücksichtigt. Die deutsche Beteiligung an diesen Aufrufen war gering.

12 Neben den EU-27-Ländern waren weitere 44 Länder beteiligt, auf die rund zehn Prozent der gesamten Fördersumme entfällt; darunter sind vor allem die Schweiz, Norwegen, Türkei und Israel zu nennen.

Abbildung 24: Verteilung der Finanzzuschüsse im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung in FP7 auf die EU-Länder nach Jahren, 2007 – 2013
(Daten siehe Tabellen 9 und 10)



Privatunternehmen rangieren unter den erfolgreichen deutschen Antragstellern an der Spitze: fast die Hälfte aller Partner (gewählt nach ihrer Beteiligung) gehören dieser Teilnehmergruppe an. Knapp 40 Prozent sind kleine und mittlere Unternehmen (KMU). Auf die Privatwirtschaft entfällt daher auch mit 50 Prozent der größte Anteil der EU-Fördergelder für deutsche Teilnehmer, wovon 24 Prozent für KMU bereitgestellt werden.

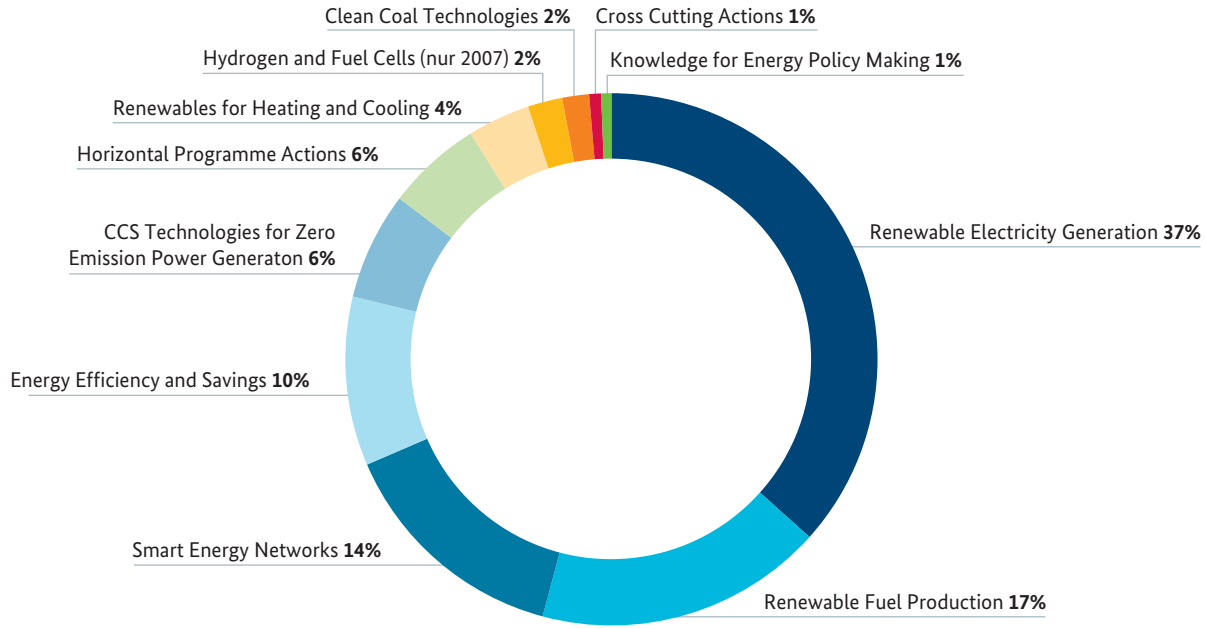
Von Forschungsinstituten und Hochschulen kommen ebenfalls nahezu 50 Prozent der erfolgreichen Teilnehmer, die insgesamt ca. 46 Prozent Fördergelder erhalten. Die öffentliche Verwaltung spielt als Partner in Forschungsprojekten nur eine geringe Rolle.

Thematische Schwerpunkte der EU-Forschungsförderung

Die jährlichen Energie-Arbeitsprogramme des FP7 umfassten verschiedene Aktivitäten. Deren Spektrum blieb im Verlauf der Gültigkeit von FP7 zwar unverändert, sie wurden aber abhängig von den jeweiligen Themenschwerpunkten jährlich in unterschiedlicher Höhe mit Finanzmitteln ausgestattet. Einzelne Aufrufe zur Abgabe von Projektvorschlägen waren zudem auf ausgesuchte Schwerpunkt-Aktivitäten zugeschnitten.

Die Förderanteile erfolgreicher deutscher Projektvorschläge teilen sich in alle elf Aktivitätsfelder der FP7-Aufrufe (siehe Abb. 25). Auf „Erneuerbare Energien“ (Aktivitäten: Renewable Electricity Generation, Renewable Fuel Production, Renewables for Heating and Cooling) entfallen im Vergleich pro Jahr der FP7-Laufzeit die mit Abstand höchsten Förderbeträge. Insgesamt sind es 58 Prozent. Mit erheblichem Abstand folgen an zweiter Stelle „Intelligente Energienetze“ und „Energieeffizienz/Energieeinsparung“ mit einem

Abbildung 25: Verteilung der Projektförderung deutscher Teilnehmer auf Aktivitäten im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung, 2007 – 2013
(Daten siehe Tabelle 11)



Gesamtanteil von 25 Prozent (Aktivitäten: Smart Energy Networks, Energy Efficiency and Savings).

Der Förderanteil des Aktivitätsfeldes „Erneuerbare Energien" an den Projektvorschlägen deutscher KMU ist mit 60 Prozent sogar noch höher. Das trifft ebenso auf „Intelligente Energienetze und Energieeffizienz/Energieeinsparung" mit 31 Prozent zu.

In den erwähnten Aktivitätsfeldern sind die KMU zudem auffällig stark vertreten. Sie repräsentieren 60 Prozent der Antragsteller bei „Erneuerbare Energien" und 40 Prozent der Antragsteller bei „intelligente Energienetze" und „Energieeffizienz/Energieeinsparung".

Die Aktivität „Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien" umfasst die Themengebiete Photovoltaik, Biomasse, Wind, Geothermie, Solarthermische Kraftwerke, Ozeane, Hydroenergie sowie Querschnittsthemen. Deutsche Antragsteller profitieren hier überdurchschnittlich durch die Beteiligung an erfolgreichen Projektvorschlägen in Höhe von 20 Prozent an der Förderung durch die Europäische Kommission und liegen mit deutlichem Abstand an der Spitze der Rangliste.

Beispiele geförderter Projekte

Wie groß das deutsche Interesse am Thema „Energie" im FP7 war, wird bei der Betrachtung einiger bis Ende 2013 durchgeführter Forschungsvorhaben deutlich.

Während der Laufzeit des FP7 wurden 35 Projekte mit deutschen Koordinatoren abgeschlossen. Diese Forschungsvorhaben hatten eine Laufzeit von zwischen einem und fünf Jahren. Insgesamt waren daran über 350 Organisationen mit etwa einem Drittel-Anteil deutscher Partner beteiligt. Für diese 35 Forschungsvorhaben stellte die EU mehr als 100 Millionen Euro Fördermittel zur Verfügung, von denen etwa 45 Prozent an deutsche Organisationen gingen. Die behandelten Themen innerhalb der Projekte waren dabei breit gefächert.

Die Projekte NANOHY, FLYHY und HYCYCLES befassten sich mit der Forschung auf dem Gebiet der Werkstoffeigenschaften und -qualifikation für die Produktion und Speicherung von Wasserstoff. DECODE hatte das Ziel, die Lebensdauer von Brennstoffzellen für Automotive-Anwendungen zu erhöhen.

Im Themenbereich Photovoltaik wurden zahlreiche Forschungsvorhaben gefördert. Beispielsweise arbeiteten die Projekte ROD-SOL und HIGH-EF in der Materialforschung an der Verwendung von Nanomaterialien und einem Verfahren zur Festphasen-Kristallisation. Einige andere befassten sich mit der Entwicklung von Elementen und Systemen für die Produktmarkteinführung in Form von Prototypen und Demonstrationen von Fertigungsprozessen (ULTIMATE, BIONICOL, SOLASYS, HIPOCIGS, 20PLπS, R2M-Si, ASPIS).

Andere Projekte im Bereich erneuerbare Energien, an denen deutsche Institutionen mitwirkten, befassten sich mit den Themen Windenergie (On- und Offshore), Geothermie und Biomasse. So konzentrierte sich beispielsweise das Vorhaben „7-MW-WEC-by-11“ auf die Demonstration von kosteneffizienten großen Windparks mit den zurzeit weltweit leistungsstärksten Windkrafträdern im Bereich von sieben Megawatt. Im Rahmen des Verbundprojektes Wingy-PRO beschäftigten sich Wissenschaftler mit der Entwicklung eines neuartigen Synchrongenerators mit transversaler Flussführung und der anschließenden Integration in eine bestehende Windkraftanlage. Im Bereich Offshore-Wind-, Strömungs- und Wellenenergie verfolgte das Projekt ORECCA das Ziel der Vermeidung von Know-how-Splitterung durch die europaweite Förderung der wissenschaftlichen Zusammenarbeit und durch Wissenstransfer zwischen Akteuren aus Politik, Industrie und Forschung. Aus dem Projekt entstand eine Plattform zum europaweiten Wissenstransfer und eine Roadmap mit Handlungsempfehlungen zur Technologieförderung mit Fokus auf Synergien zwischen den unterschiedlichen Energiewandlungstechnologien sowie deren Entwicklungsmöglichkeiten und möglichen bestehenden Barrieren. Die Forschungsvorhaben ENERCOM, OPTFUEL, PROPANERGY und RECOMBIO befassten sich mit der Produktion von Biomasse und der Poly-Generation von Strom, Wärme und Kraftstoff. Neben den Vorhaben mit Forschung- und Demonstrationscharakter, gab es folgende Schwerpunkte der deutschen Verbundpartner im Rahmen des FP7: Die Schaffung einer Plattform zur Überwachung und Erzeugung von Synergien zwischen den Plattformen/Stakeholder (BIOFUELSTP); die Identifikation von Chancen und Forschungsbedarf in Lateinamerika (BIOTOP) und die Harmonisierung der Biomassebewertung für Europa und die angrenzenden Regionen (BEE).

Weiterhin wurden mehrere Projekte zur Energieeinsparung (NanoBAK), einschließlich der Berücksichtigung des Gebäudesektors (HESMOS und EEBGUIDE) finanziert. Diese Projekte verfolgten unterschiedliche Ansätze, die von der Verwendung von neuen Materialien bis hin zu der Verwendung einer IKT-Plattform für Simulation und Management reichten. Andere Projekte bearbeiteten die Entwicklung von Standards, die IKT-Kommunikationsinfrastruktur (W2E), die Entwicklung von Infrastrukturmodellen für die Verteilung erneuerbaren Energiequellen (MIRABEL), die Entwicklung der Netze-Überwachungskonzepte (ICOEUR) sowie die Erzeugung eines analytischen Rahmen, um die Masseneinführung von Elektro- und Plug-in-Hybrid-Fahrzeugen (G4V) zu bewältigen.

Die Gemeinsame Technologieinitiative Wasserstoff und Brennstoffzellen (FCH JTI) im EU-Forschungsrahmenprogramm

Die EU-Forschung auf dem Gebiet der Brennstoffzellen und Wasserstofftechnologien treibt die Gemeinsame Technologieinitiative Wasserstoff und Brennstoffzellen (FCH JTI – Fuel Cell and Hydrogen Joint Technology Initiative) seit 2008 voran. Für die Forschungs- und Innovationsförderung, die als Public-Private-Partnership (PPP) durch die Agentur FCH Joint Undertaking umgesetzt wird, stand für die Laufzeit des Programms zwischen 2008 und 2013 ein Budget von 940 Millionen Euro zur Verfügung, wobei die Laufzeit der Projekte spätestens 2017 endet. Die öffentliche Förderung erfolgte aus dem FP7 und betrug 470 Millionen Euro, den Rest brachten private Unternehmen als Eigenanteil auf. Schwerpunktbereiche, definiert durch das Multi Annual Work Programme, waren Transport und Wasserstoffinfrastruktur zur Betankung (34 Prozent), Wasserstoffproduktion und Bereitstellung (elf Prozent), stationäre Anwendungen und Kraft-Wärme-Kopplung (35 Prozent), Markteinführungsmaßnahmen (13 Prozent) sowie bereichsübergreifende Aktivitäten (sieben Prozent).

Die Inhalte der jeweiligen Aufrufe definierten die Annual Implementation Plans. Die FCH JU eröffnete die Unterstützung von Kooperationsprojekten im Oktober 2008 mit der ersten Förderbekanntmachung. Es folgten bis 2013 jährlich weitere Ausschreibungen, deren Budgets zwischen 27 und 118 Millionen Euro (2013 zwei Ausschreibungen) lagen.

Zwischen 2008 und 2012 wurden FCH JU Projekte mit Gesamtvolumen von 342,9 Millionen Euro finanziert, davon entfielen auf Deutschland 86,6 Millionen Euro (25,3 Prozent). Die Bundesrepublik koordinierte 26 von insgesamt 131 Projekten im besagten Zeitraum.

Ab 2014 wird diese Initiative mit FCH 2 JU neu aufgelegt. Das vorgesehene Budget für den Zeitraum 2014 – 2020 beträgt 1,33 Milliarden Euro und wird je zur Hälfte von der EU und über einen Beitrag der Projektpartner bereitgestellt. Die Aktivitäten konzentrieren sich auf zwei Säulen: Technologien für Transport und Technologien für Energiesysteme. Speichertechnologien, die auf Wasserstoff basieren, wurden zu dem Leitmotiv der Aktivitäten erklärt.

5. Tabellen

5.1 Fördermittel im Energieforschungsprogramm der Bundesregierung

Für die nationale Förderung stellen die folgenden Tabellen den realen Mittelabfluss im jeweiligen Haushaltsjahr dar. Sofern Fördermittel zurückgezahlt werden, wird dies im Jahr der Mittelauszahlung rückwirkend berücksichtigt, so dass sich im Vergleich zum Bundesbericht 2013 geringfügige Abweichungen in einzelnen Themenbereichen ergeben können.

Tabelle 1: Übersicht der Themen im 6. Energieforschungsprogramm des Bundes

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Energieeffizienz	110,34	133,95	151,55	189,31	206,13	215,14	239,06	296,64
Erneuerbare Energien	120,23	126,47	152,86	202,01	210,61	220,90	258,85	298,10
Nukleare Sicherheit und Endlagerung	54,33	57,58	62,59	70,41	71,93	73,03	74,74	75,62
Fusion	114,41	121,52	125,58	142,65	131,03	137,44	133,10	138,72
Insgesamt	**399,31**	**439,52**	**492,58**	**604,37**	**619,71**	**646,51**	**705,75**	**809,09**

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro	
	2012	2013
Photovoltaik	**67,08**	**63,59**
(inkl. andere Programme)	(85,69)	(81,16)
Kristallines Silizium	30,40	30,51
Dünnschichttechnologien	15,33	12,69
Grundlagenforschung	15,62	14,87
(inkl. andere Programme)	(34,23)	(32,44)
Sonstige	5,73	5,53
Windenergie	**38,42**	**52,57**
Anlagenentwicklung	2,62	15,07
Onshore	0,62	0,51
Offshore	3,34	12,23
Windphysik und Meteorologie	0,12	1,73
Logistik, Anlageninstallation, Instandhaltung und Betriebsführung	23,00	12,88
Umweltaspekte der Windenergie und Ökologische Begleitforschung	1,43	2,33
Sonstige	7,29	7,82

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro 2012	2013
Bioenergie (inkl. andere Programme)	**33,51** (41,23)	**36,70** (42,78)
Erzeugung – Anbau	6,91	6,31
Erzeugung – Züchtung	4,43	5,25
Konversion – Biogas	2,78	0,94
Konversion – Biokraftstoffe	4,11	6,12
Konversion – Feste Biomasse	4,61	4,87
Querschnitt – Umweltwirkungen	1,03	1,33
Querschnitt – Internationales	0,01	0,02
Querschnitt – Ökonomie	0,00	0,00
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	8,81 (16,53)	9,99 (16,06)
Sonstige	0,83	1,87
Tiefe Geothermie	**20,82**	**17,10**
Prospektion und Exploration	8,39	7,28
Warmwasser- und Dampflagerstätten	4,36	4,97
Hot-Dry-Rock	3,69	0,91
Sonstige	4,37	3,94
Kraftwerkstechnik und CCS-Technologien (inkl. andere Programme)	**27,54** (28,58)	**31,62** (35,09)
Fortgeschrittene Kraftwerkssysteme	10,76	7,45
Komponentenentwicklung	9,18	16,52
Kohlevergasung	2,39	1,54
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	4,54 (5,58)	3,79 (7,27)
Sonstige	0,68	2,32
Brennstoffzellen und Wasserstoff	**19,47**	**24,88**
NT-PEM	6,15	6,68
HT-PEMFC	1,30	1,75
MCFC	0,55	0,14
SOFC	7,40	11,10
DMFC	0,56	0,34
Wasserstoffspeicher	1,98	3,16
Wasserstofferzeugung	0,83	0,63
Grundlagenforschung	0,71	1,08

Tabelle 2: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieumwandlung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro 2012	2013
Solarthermische Kraftwerke	**5,71**	**8,43**
Parabol	1,93	2,25
Turm	2,01	2,50
Fresnel	0,68	0,63
Speicher	0,30	1,79
Sonstige	0,78	1,26
Wasserkraft und Meeresenergie	**0,98**	**1,25**
Gesamt (inkl. andere Programme)	**213,52** (240,89)	**236,14** (263,26)

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro 2012	2013
Energiespeicher (inkl. andere Programme)	**31,02** (38,90)	**59,30** (61,46)
Elektrochemische Speicher	14,48	23,87
Hochtemperaturspeicher	0,47	0,47
Mechanische Speicher	1,19	3,26
Elektrische Speicher	0,74	0,28
Niedertemperaturspeicher	1,53	3,37
Grundlagenforschung (inkl. andere Programme)	10,20 (18,08)	19,37 (21,53)
Sonstige	2,41	8,67
Netze	**17,40**	**30,95**
Komponenten	1,93	10,15
Netzplanung	0,78	2,51
Betriebsführung	9,74	12,62
Systemstudien	0,06	1,68
Sonstige	1,84	3,50
Grundlagenforschung	3,06	0,49

Tabelle 3: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Energieverteilung und Energienutzung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro 2012	2013
Energieeffizienz in Gebäuden und Städten	**45,23**	**56,91**
EnOB – Solaroptimiertes Bauen	19,65	25,50
EnEff:Stadt – Versorgungskonzepte	7,85	9,69
EnEff:Stadt – Fernwärme	2,50	3,53
EnEff:Stadt – Kraft-Wärme-Kopplung	2,93	4,61
Niedertemperatur-Solarthermie	4,90	6,47
Solare Kälte	1,73	1,21
Grundlagenforschung	3,63	4,49
Sonstige	2,04	1,40
Energieeffizienz in Industrie, Gewerbe, Handel und bei Dienstleistungen	**29,93**	**36,23**
Maschinen-, Fahrzeugbau, Elektrotechnik, Feinmechanik, Optik, EBM-Waren	10,90	14,97
Eisen- und Stahlindustrie	2,42	1,54
Gewinnung und Verarbeitung von Steinen und Erden, Feinkeramik, Glasgewerbe	2,05	2,41
Wärmepumpen, Kältemittel	1,28	2,99
Industrieöfen	1,19	0,83
Mechanische und thermische Trennverfahren	0,39	1,57
Chemische Industrie, Herstellung von Kunststoff- und Gummiwaren	1,52	2,79
NE-Metallindustrie	0,44	0,56
Wärmetauscher	2,11	1,82
Solare Prozesswärme	0,21	0,15
Sonstige	7,42	6,59
Gesamt	**123,57**	**183,39**
(inkl. andere Programme)	(131,45)	(185,54)

Tabelle 4: Mittelabfluss in der übergreifenden Projektförderung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro 2012	2013
Querschnittsthemen und Systemanalyse	**8,60**	**11,70**
Systemanalyse	1,57	2,38
Informationsverbreitung	2,49	3,27
Querschnittsthemen	4,10	5,38
Sonstige	0,44	0,66
Sozial-ökologische Forschung (inkl. andere Programme)	**0,00** (0,00)	**1,18** (3,08)
Projektbezogene Fusionsforschung	**2,58**	**6,29**
Sonstige Projektförderung des BMBF (inkl. andere Programme)	**7,11** (7,11)	**2,35** (3,23)
Gesamt (inkl. andere Programme)	**18,29** (18,29)	**21,52** (24,30)

Tabelle 5: Mittelabfluss der Projektförderung im Bereich Nukleare Sicherheitsforschung

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro 2012	2013
Endlager- und Entsorgungsforschung	**12,01**	**11,89**
Endlagerforschung	9,84	9,34
Kernmaterialüberwachung	0,18	0,15
Partitioning und Transmutation	0,25	0,23
Nachwuchsförderung	1,74	2,17
Reaktorsicherheitsforschung	**24,38**	**23,43**
Sicherheit von Komponenten kerntechnischer Anlagen	5,28	4,01
Anlagenverhalten und Unfallabläufe	11,25	12,09
Querschnittsaufgaben und Sonstige	5,08	5,72
Nachwuchsförderung	2,77	1,62
Strahlenforschung – Nachwuchsförderung	**4,91**	**4,95**
Gesamt	**41,30**	**40,27**

Tabelle 6: Mittelabfluss in der Institutionellen Förderung der Energieforschung*

Förderthema	Mittelabfluss in Mio. Euro	
	2012	2013
Rationelle Energieumwandlung und -nutzung	67,34	70,34
Erneuerbare Energien	50,75	53,74
Nukleare Sicherheitsforschung	31,64	32,22
Kernfusion	130,52	132,43
Technologie, Innovation und Gesellschaft	9,92	10,05
Insgesamt	**290,17**	**298,78**

* Die Angaben für 2013 sind vorläufig.

5.2 Fördermittel für Energieforschung der Bundesländer

Zahlen für 2013 liegen noch nicht vor.

Tabelle 7: Mittelabfluss der Bundesländer nach Ländern

Bundesland	Mittelabfluss in Mio. Euro				
	2008	2009	2010	2011	2012
Baden-Württemberg	11,54	26,83	15,10	23,12	24,77
Bayern	16,67	14,14	22,64	32,28	88,13
Berlin	3,87	15,53	4,73	2,10	3,03
Brandenburg	11,34	4,65	4,37	5,81	4,03
Bremen	2,71	2,42	2,78	3,61	2,71
Hamburg	1,15	1,56	0,61	1,27	2,01
Hessen	7,02	5,77	9,10	8,12	12,57
Mecklenburg-Vorpommern	0,00	1,64	5,68	3,99	8,76
Niedersachsen	15,74	24,60	26,36	30,53	32,82
Nordrhein-Westfalen	31,52	22,68	31,80	26,55	37,27
Rheinland-Pfalz	2,43	2,76	2,40	2,79	2,10
Saarland	0,95	1,17	0,51	1,12	0,87
Sachsen	14,18	29,26	17,42	23,60	24,88
Sachsen-Anhalt	2,51	3,83	7,81	6,04	3,43
Schleswig-Holstein	4,12	3,54	3,10	2,08	1,83
Thüringen	3,10	0,78	2,68	1,36	3,55
Insgesamt	**128,87**	**161,14**	**157,11**	**174,39**	**252,78**

Tabelle 8: Mittelabfluss der Bundesländer nach Themen

Thema	Mittelabfluss in Mio. Euro				
	2008	2009	2010	2011	2012
Biomasse	21,48	7,79	15,90	18,73	18,71
Brennstoffzellen/ Wasserstoff	9,47	10,86	15,14	8,11	5,40
CO_2-Speicherung	0,00	0,11	0,24	0,07	0,21
Energieeinsparung	24,86	32,19	23,74	31,66	51,35
Energieforschung allgemein	22,21	40,20	12,97	14,96	21,01
Energiesysteme, Modellierung	4,48	12,02	7,87	2,46	5,37
Erneuerbare allg.	14,45	13,38	18,09	28,28	35,83
Geothermie	1,27	8,41	8,86	11,27	12,52
Kraftwerkstechnik/CCS	5,09	3,87	4,84	6,09	11,35
Photovoltaik	18,12	22,17	19,62	20,84	26,95
Windenergie	5,89	6,12	8,26	11,61	14,48
E-Mobilität/Stromspeicher/Netze	1,55	4,02	21,58	20,31	49,61
Insgesamt	**128,87**	**161,14**	**157,11**	**174,39**	**252,78**

5.3 Fördermittel im Forschungsrahmenprogramm der Europäischen Union

In Abweichung zu den nationalen Statistiken wird in den Statistiken zur Forschungsförderung der Europäischen Union die nach der Evaluation von der Europäischen Kommission empfohlene Fördersumme für erfolgreiche, d. h. zur Förderung vorgesehene, Proposals dargestellt.

Tabelle 9: Verteilung der Finanzzuschüsse der Europäischen Union im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung nach Ländern*

Land	in Mio. Euro 2007 – 2013
Deutschland	282
Spanien	241
Italien	189
Frankreich	173
Niederlande	142
Vereinigtes Königreich	128
Dänemark	110

Tabelle 9: Verteilung der Finanzzuschüsse der Europäischen Union im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung nach Ländern*

Land	in Mio. Euro 2007 – 2013
Schweden	92
Belgien	89
Finnland	64
Österreich	60
Griechenland	38
Portugal	25
Irland	21
Polen	13
Ungarn	10
Slowakei	7
Litauen	7
Tschechien	6
Slowenien	5
Luxemburg	3
Zypern	3
Bulgarien	3
Rumänien	2
Lettland	2
Estland	1
Malta	0
Insgesamt	**1.716**

* Die Angaben stützen sich auf die nach der Evaluation von der Europäischen Kommission empfohlene Förderung für erfolgreiche, d.h. zur „Förderung" vorgesehene Proposals. ERA-Net-Calls (2007, 2011, 2012, 2013) und Ocean-Calls (2010, 2011, 2013) wurden bei der Analyse aus Vergleichbarkeitsgründen nicht berücksichtigt. Die deutsche Beteiligung an diesen Aufrufen war gering.

Tabelle 10: Verteilung der Finanzzuschüsse der Europäischen Union im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung nach Jahren*

Länder	in Mio. Euro						
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Insgesamt	**219**	**214**	**197**	**235**	**251**	**277**	**322**

* Die Angaben stützen sich auf die nach der Evaluation von der Europäischen Kommission empfohlene Förderung für erfolgreiche, d.h. zur „Förderung" vorgesehene Proposals. ERA-Net-Calls (2007, 2011, 2012, 2013) und Ocean-Calls (2010, 2011, 2013) wurden bei der Analyse aus Vergleichbarkeitsgründen nicht berücksichtigt. Die deutsche Beteiligung an diesen Aufrufen war gering.

Tabelle 11: Verteilung der Finanzzuschüsse der Europäischen Union für Deutschland nach Aktivitäten im Bereich der nichtnuklearen Energieforschung*

Förderthema	in Mio. Euro 7. FRP
Hydrogen and Fuel Cells (nur 2007)	5,93
Renewable Electricity Generation	103,43
Renewable Fuel Production	49,48
Renewables for Heating and Cooling	10,70
CO_2 Capture and Storage Technologies for Zero Emission Power Generaton	18,45
Clean Coal Technologies	4,61
Cross Cutting Actions	2,03
Smart Energy Networks	40,54
Energy Efficiency and Savings	28,99
Knowledge for Energy Policy Making	1,75
Horizontal Programme Actions	16,39
Insgesamt	**282,31**

* Die Angaben stützen sich auf die nach der Evaluation von der Europäischen Kommission empfohlene Förderung für erfolgreiche, d.h. zur „Förderung" vorgesehene Proposals. ERA-Net-Calls (2007, 2011, 2012, 2013) und Ocean-Calls (2010, 2011, 2013) wurden bei der Analyse aus Vergleichbarkeitsgründen nicht berücksichtigt. Die deutsche Beteiligung an diesen Aufrufen war gering.

www.bmwi.de