

### Technikfolgenabschätzung und Risikoanalyse

Energiepolitik wirkt großräumig oder sogar global, und über lange Zeitperioden. Die Wechselwirkungen zwischen regionalen, nationalen, europäischen und internationalen energiepolitischen Rahmenbedingungen sind dabei ebenso wichtig wie die energierelevanten Entscheidungen und Maßnahmen von Individuen, Organisationen und Regierungen im interkulturellen Raum. Entscheidend für Planungsvorgänge in der Energiepolitik ist daher, dass die möglichen Nebenwirkungen und Risiken sowohl der eingesetzten Technologien wie auch der Steuerungsmaßnahmen (etwa Cap and Trade Systeme) im Voraus abgeschätzt und bewertet werden können.

Deutschland war und ist international ein Vorreiter in der Risiko- und Technikfolgenforschung. Die zentralen Fragen der Erfassung der Nebenwirkungen und Risiken gehen weit über die Aspekte einzelner Energietechniken und einzelner Steuerungsmaßnahmen hinaus. Sie sind wesentlich durch den Systemcharakter der Energiefrage geprägt. Die Methoden- und Modellentwicklung zur Analyse von Energiesystemen haben inzwischen einen hohen und auch international anerkannten Stand erreicht. Defizite bestehen allerdings in der Anwendung der verfügbaren Methoden, Modelle und Instrumente der Technikfolgenforschung auf die Abschätzung der zu erwartenden Konsequen-

zen von komplexen Maßnahmenbündeln im Kontext von divergierenden Zielen und Interessen.

Daher gilt es, die Kapazitäten in Deutschland zu einer methodisch abgesicherten und **transdisziplinären Technikfolgenforschung** so auszubauen, dass die Entscheidungsträger aus der Energiewirtschaft und -politik durch wissenschaftlich fundierte Analysen zu Chancen und Risiken der diskutierten Handlungsoptionen unterstützt werden. Dazu sollten auch die Methoden der **Energiesystemmodellierung** so weiter entwickelt werden, dass sie die für die Integration neuer Energietechniken strukturellen Systemanpassungen ebenso wie Unsicherheiten erfassen, um ihre Chancen, Risiken und Nebenwirkungen quantitativ beziffern und damit einer Bewertung zugänglich machen zu können.

Weiterhin sind für die Bewertung von Maßnahmen und Technologien die Implikationen des Energie-rechtes und die Ergebnisse partizipativer Entscheidungsfindungsverfahren mit einzubeziehen, vor allem im Hinblick auf die Folgen für die Wirtschafts-, Umwelt- und Sozialverträglichkeit sowie für eine gerechte und faire Verteilung von Risiken und Chancen im nationalen wie internationalen Kontext. Risk Governance-Strukturen und internationale, kollektiv verbindliche Risk Governance-Standards sind ebenfalls wichtige Forschungsthemen in diesem Zusammenhang.

## V Leitlinien für eine integrative Energieforschung

### Grundsätzliche strukturelle Anforderungen

Innovative Energieforschung ist die Basis für eine wirtschaftliche, nachhaltige und sozialverträgliche Energieversorgung. Sie muss langfristig und nachhaltig konzipiert sein und den schwer vorhersehbaren zukünftigen Anforderungen von Politik, Wirtschaft und Gesellschaft gerecht werden. Hierbei müssen die Zeiträume, in denen sich eine erwünschte Veränderung der Energielandschaft einstellen kann, bei allem Maßnahmen mit antizipiert werden. Die erforderliche Vorsorge in der Energiepolitik ist dabei auf Forschungsleistungen aus Wirtschaft, Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen angewiesen. Dies bedingt eine enge Zusammenarbeit zwischen öffentlich und privat finanzierter Energieforschung als Kernbestandteil gemeinsamer Zukunftsvorsorge. Da die Aufgabe langfristig ist und nur durch fortwährende wissenschaftliche Arbeit bewältigt werden kann, muss auch die Förderung hohe Kontinuität aufweisen.

Der politische Stellenwert der Energieforschung sollte der Bedeutung entsprechen, den die Struktur unseres zukünftigen Energiesystems für die Zukunft Deutschlands und auch der Welt hat. Mangelnde Vorsorge in diesem Bereich kann fatale Folgen für künftige Generationen nach sich ziehen, die Lösung der Energiefrage ist eine existentielle Aufgabe unserer Gesellschaften. Ein solch hoher Stellenwert muss konsequenterweise auch in einer **angemessenen Ressourcenausstattung** sowie **effektiven Koordinations- und Abstimmungsinstrumenten** zum Ausdruck kommen.

Die in den vorigen Kapiteln dargestellten Erfordernisse, die No Regret-Maßnahmen und weitere Forschungsaktivitäten, wie sie in den Modulen und den Querschnittsthemen formuliert sind, be-

dürfen einer ihrer Bedeutung entsprechenden **öffentlichen Förderung**. Durch die Wissenschaft kann die Größe der Aufgabe dokumentiert werden – so wie es hier geschehen ist –, die Politik gewichtet diese dann in Relation zu anderen öffentlichen Aufgaben und nimmt entsprechende Weichenstellungen vor. Hier scheint den Akademien eine Neubewertung erforderlich.

Die Politik muss die Forschung mit Entschiedenheit darin unterstützen, neue Wege zu gehen, um der Gesellschaft eine nachhaltige und CO<sub>2</sub>-arme Energiezukunft zu ermöglichen. Um die Forschung aus den Dilemmata der Energiepolitik zwischen kurzfristiger Erfolgsorientierung und langfristig orientierter Zukunftsvorsorge zu befreien, müssen Akteure in Forschung und Politik noch besser zusammenarbeiten.

Die Struktur der Energieforschung in Deutschland ist trotz einer Reihe von neuen Ansätzen für eine vernetzte Forschungslandschaft sowie bundesweiten Programmen für interdisziplinäre Energieforschung immer noch stark fragmentiert. Die Vielfalt der international anerkannten disziplinären Forschung stellt ohne Frage ein großes Potenzial dar: Die OECD-Patentdatenbank sieht Deutschland im Bereich der Energietechnik erneuerbarer Energien im Jahr 2008 in einer Spitzenposition. Allerdings arbeiten die einzelnen Forschungsbereiche und -einrichtungen weitgehend unabhängig von einander. Der fachübergreifende Austausch ist zu wenig ausgeprägt. Durch mangelnde Koordination kommt es zu ineffektiver Doppelforschung, und Synergien bleiben ungenutzt. Die für die Zusammenarbeit zwischen technisch-naturwissenschaftlicher und wirtschafts-, rechts- geistes- und gesellschaftswissenschaftlicher Energieforschung notwendige Vernetzung ist kaum entwickelt. Das liegt zum einen an der starken Fragmentierung der verschiedenen Sektoren der universitären und

der außeruniversitären Forschung. Zum anderen ist es auf die traditionell disziplinär ausgerichtete Hochschulstruktur zurückzuführen, in der fakultätsübergreifende Forschung zwar verbal gefordert, aber in der Praxis zu wenig umgesetzt wird. Auch hat die Forschung immer noch einen vorwiegend nationalen und, wenn international, stark auf Europa ausgerichteten Fokus. Der Anschluss an die internationale Forschung und Technologieentwicklung muss daher verbessert werden, besonders im Hinblick auf Länder wie Russland, China oder Indien, von denen eine globale Lösung der Energiefrage entscheidend abhängen wird.

Die Kooperation zwischen universitärer bzw. außeruniversitärer Forschung und Industrieforschung muss verbessert werden. Energieforschung sollte zudem stärker an internationalen Gesichtspunkten orientiert und grenzüberschreitend organisiert sein. Selbst für die Europäische Energieforschung gibt es heute in Deutschland keinen zentralen Ansprechpartner. Die Bundesrepublik Deutschland benötigt dringend ein Gremium, das die organisatorische Bündelung der Energieforschung in Deutschland koordiniert und institutionelle Strukturen für eine integrative, grenzüberschreitende Energieforschung schafft.

#### Handlungsempfehlungen

Die Einrichtung von energiebezogenen **Kompetenzzentren** wird empfohlen. Solche Kompetenzzentren sollten aus einem Netzwerk von thematisch zusammenarbeitenden Forschungsgruppen verschiedener Universitäten und außeruniversitärer Einrichtungen, sowie potenziellen Anwendern (etwa Politik, Verbände, Industrie) bestehen. Dabei können sowohl technisch-naturwissenschaftliche wie wirtschafts- und gesellschaftswissenschaftliche Fragestellungen behandelt werden. Vorrangig geht es aber um die Verknüpfung aller Disziplinen, die zum Verständnis und zur Lösung eines Energieproblems benötigt werden. Die einzelnen Arbeitsgruppen können auf mehrere, örtlich getrennte Institutionen verteilt sein, die Kompetenzzentren sollten aber auf eine Dauer von deutlich mehr als fünf Jahren angelegt sein, um stabile Strukturen zu schaffen und die Kontinuität der Arbeit zu gewährleisten. Ein ähnliches Modell

wird derzeit in den USA mit dem Energy Frontier Research Center (EFRC) realisiert.

PPP-Modelle (public-private partnerships) für technologiebezogene, paritätisch vom **Staat und von der Privatwirtschaft finanzierte Forschungsverbände** könnten einen Rahmen dafür bereitstellen, neue Energietechnologien unter Praxisbedingungen auf einer wissenschaftlichen Basis zu testen und zu einer wirtschaftlich arbeitenden Pilotanlage weiter zu entwickeln. Beispiele für mögliche Projekte sind Verbände für die Forschung zu Off-Shore Windanlagen oder CCS-Pilotanlagen, vergleichbar mit dem Energy Technologies Institute (ETI) in Großbritannien.

Um eine kontinuierliche, interdisziplinäre und systemwissenschaftliche Arbeit in der Energieforschung zu gewährleisten, ist in Deutschland mindestens ein großes **Energieforschungszentrum** erforderlich. Ein solches Zentrum sollte nicht neu geschaffen werden, sondern würde idealerweise aus den bestehenden Strukturen der deutschen Forschungslandschaft entwickelt, grundsätzlich bieten sich dazu ein oder mehrere Zentren der Helmholtz-Gemeinschaft an. In einem solchen Zentrum sollten die Leitwissenschaften der Energieforschung, von den Naturwissenschaften und Technikwissenschaften bis hin zu den Wirtschafts-, Geistes-, Rechts- und Sozialwissenschaften vertreten sein. Die jeweiligen Abteilungen müssen auf hohem Niveau Forschung an relevanten Einzelthemen vorantreiben. Organisation und Leitung müssen gewährleisten, dass der Systemaspekt eine vorrangige Rolle spielt.

Die Finanzierung muss langfristig und zu einem erheblichen Teil über institutionelle Förderung gesichert sein. Geeignete Methoden der Qualitätssicherung gewährleisten, dass die einzelnen Abteilungen innovative Themen bearbeiten und die Zusammenarbeit der Disziplinen lebendig bleibt. Idealerweise sollten in einer solchen Organisation, in Kooperation mit Universitäten, auch Studenten und Doktoranden ausgebildet werden. Eine Verbindung von einem Forschungszentrum mit Exzellenzzentren der Universitäten bietet sich an. Praxisrelevante Fragestellungen gehören zu den Kernaufgaben eines solchen Zentrums. Dies

könnte gefördert werden durch temporäre gemeinsame Strukturen mit Unternehmen, z.B. in gemeinsam finanzierten „Instituten auf Zeit“ etwa für zehn Jahre. Ein Energieforschungszentrum müsste hinsichtlich der finanziellen Ausstattung beispielsweise in der Lage sein, ein Versuchs-Windenergiefeld oder eine Pilotanlage für eine neuartige Form der Energiespeicherung zu betreiben, oder eine CCS-Anlage aufzubauen. Das Profil eines solchen Zentrums müsste an seine Rolle als Energieforschungszentrum angepasst werden. Es muss aber sichergestellt sein, dass die Kosten für ein solches Zentrum nicht zu Lasten der Forschungsetats der Universitäten und außer-universitären Forschungsinstitutionen gehen.

Bund und Länder können neben den genannten Zentren **inneruniversitäre Forschungsverbände** fördern. Solche Verbände sind auf mindestens drei Jahre angelegte Zweckbündnisse zwischen mindestens drei Fachbereichen, Fakultäten oder entsprechender Einheiten innerhalb einer Universität (Modell der Polyprojekte an der ETH Zürich). Dabei geht es nicht unbedingt um Vollständigkeit bei einer Problembearbeitung, vielmehr um die konkrete Kooperation zwischen Hochschullehrern unterschiedlicher Disziplinen innerhalb einer Universität. Ziele sind zum einen die Verbesserung der interdisziplinären Zusammenarbeit und zum anderen die Einrichtung eines fachübergreifenden Forschungsteams, das sich nach Abschluss des Projektes weitere Drittmittel erschließen kann.

### **Empfehlungen für die staatliche Forschungsförderung**

Den eingangs dargestellten Anforderungen an eine innovative Energiepolitik sollte auch in der staatlichen Forschungsförderung Rechnung getragen werden. Die Art und Weise, in der Energie umgewandelt und genutzt wird, grundlegend zu verändern, erfordert zusätzliche Forschungsanstrengungen über unter Umständen mehrere Jahrzehnte mit großen Investitionen in die Grundlagenforschung. Es wird dabei empfohlen, nicht einfach die ressortgebundene Forschung weiter auszubauen, sondern den Ausbau mit einer Koordinierung der FuE-Aktivitäten der einzelnen Ressorts zu verbinden.

Dabei ist es unerlässlich, vor allem die systemische Perspektive zu fördern, weil nur so Forschung zu langfristig wirksamen Fortschritten in der Sicherstellung unserer zukünftigen Energieversorgung führen wird. Dies sollte aber nicht dahingehend missverstanden werden, dass bereits jedes einzelne Projekt in interdisziplinärer Kooperation erfolgen muss. Die Entwicklung eines neuen Elektrodenmaterials für ein Batteriesystem etwa bleibt letztlich eine naturwissenschaftliche Fragestellung. Ebenso ist die Frage der Wirksamkeit eines ökonomischen Anreizes im Wesentlichen eine Aufgabe der Wirtschafts- und Gesellschaftswissenschaften. Doch erst, wenn das Wissen der unterschiedlichen Fächer als integrative Einheit gesehen und in den einzelnen Forschungsleistungen aufeinander bezogen wird, haben wir die Chance, den Herausforderungen der künftigen Energieversorgung angemessen zu begegnen. Für das oben genannte Beispiel des Batteriesystems bedeutet dies, dass es nur dann sinnvoll ist, das Elektrodenmaterial für Anwendungen in einem Energiesystem zu entwickeln, wenn die benötigten Rohstoffe in genügend großer Menge verfügbar sind, das Material auf der Ebene der Systemintegration in der Batterie eingesetzt werden und der Typ Batterie, für den es geeignet ist, sinnvoll in ein Energiesystem integriert werden kann.

Im Einzelnen wird empfohlen:

### **Langfristig ausgerichtete Koordination der FuE Aktivitäten, eine Energieforschungs-politik aus einem Guss**

Derzeit wird die Energieforschung von sechs Bundes- und zahlreichen Landesministerien sowie von DFG, VW-Stiftung und privaten Stiftungen gefördert, ohne dass eine ausreichende Abstimmung oder gar eine gemeinsame Koordination stattfindet. Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Kohärenz wäre ein Modell, in dem die FuE-Mittel der verschiedenen Ressorts von einem **gemeinsamen Lenkungsausschuss** unter Beteiligung von allen sechs Ressorts und hochrangigen Vertretern aus Wissenschaft und Wirtschaft unter forschungsstrategischen Gesichtspunkten koordiniert werden. (Ein solches Modell ist in Baden-Württemberg mit dem Programm BW+ erfolgreich verwirklicht

worden. Die gesamte Ressortforschung im Bereich Umwelt wird gemeinsam in einem Lenkungsgremium, in dem vier Ministerien vertreten sind, abgestimmt. Alternativ könnten zumindest die bislang aufgefächerten Zuständigkeiten des Bundes künftig in einem Ressort zusammengeführt werden. Bis eine dieser Optionen umgesetzt ist, sollte zumindest ein mit Richtlinienkompetenz ausgestatteter Koordinationskreis geschaffen werden. Ein solcher Ausschuss könnte auch zu einem „Deutschen Energieforschungsrat“ ausgeweitet und aufgewertet werden, der nicht nur die genannte Aufgabe übernimmt, sondern auch die internationale Vernetzung koordiniert und die Bundesregierung berät. Zudem könnte er die notwendige Balance zwischen fokussierten Projekten und starker systemischer Integration gewährleisten.

#### **Überprüfung der öffentlichen FuE-Budgets**

Die bisherige Allokation des Budgets für öffentliche FuE sollte kritisch überprüft werden. Bessere Abstimmungen zwischen den einzelnen Bundesministerien und zwischen Bundes- und Landesministerien erscheinen dringend geboten. Vor allem sind die in den No Regret-Maßnahmen und in der Diskussion der Module und Querschnittsthemen benannten Themen vorrangig zu bearbeiten. Dies schließt ausdrücklich die Förderung integrativer Ansätze der Sozial-, Wirtschafts-, Rechts- und Geisteswissenschaften ein.

#### **Angemessene Begutachtungs- und Bewilligungsverfahren**

Die Bewilligungsprozesse sind so weiter zu entwickeln, dass sie innovative, High Risk – High Reward Forschung fördern. Die Begutachtungsverfahren sollten durch eine interdisziplinäre (bei nicht rein fachwissenschaftlichen Fragestellungen) und internationale Zusammensetzung der Gremien die wissenschaftliche Qualität der Forschung sichern und ihre internationale Ausrichtung stärken.

#### **Bündelung und Fokussierung der Auftragsforschung**

Es wird weiterhin unerlässlich sein, Forschungsfragen der einzelnen Ressorts durch gezielte Auf-

träge bearbeiten zu lassen. Die Zahl dieser Direktvergaben sollte in der Tendenz eher abnehmen und durch innovative Methoden der Forschungsförderung, wie sie in diesem Abschnitt skizziert sind, ersetzt werden.

#### **Auflage integrativer Förderprogramme**

Thematische Ausschreibungen sollten je nach Thematik technische, naturwissenschaftliche und sozialwissenschaftliche Aspekte umfassen und auf integrative, interdisziplinäre Forschung ausgerichtet sein. Dazu sollte die bereits heute breit gefächerte naturwissenschaftliche und technikwissenschaftliche Forschungsförderung dahingehend ergänzt werden, dass die Wahrscheinlichkeit einer Bewilligung steigt bzw. zusätzliche Mittel bereitgestellt werden, wenn in kompetenter und problemgerechter Form wirtschafts-, sozialwissenschaftliche, rechts- oder geisteswissenschaftliche Fragestellungen in das Projekt integriert werden.

#### **Kapazitäten für die Nachwuchsförderung**

Die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses ist von essentieller Bedeutung für die Zukunft der Energieforschung und für die Innovationskraft des Standorts Deutschland. Eine zukunftsorientierte systematische und langfristig orientierte Nachwuchsförderung ist unerlässlich. Der Transfer von Wissen in Industrie, Politik und Verwaltung kann nur durch „lebenslanges Lernen“ in Form von Fortbildungen geschehen. Sowohl bei der Nachwuchsförderung als auch bei der postgraduierten Weiterbildung muss man allerdings große Defizite konstatieren. So gibt es nicht genug Berufsmöglichkeiten in Energieunternehmen für Absolventen aus der Grundlagenforschung für erneuerbare Energien, Speicherung, innovative Antriebssysteme oder effizienzorientierte Infrastruktur. Ein anderes wichtiges Beispiel ist der sehr relevante Kompetenzerhalt in der Reaktorsicherheits- und Endlagerungsforschung. Nur durch einen breit angelegten Aufbau von geeigneten Strukturen lassen sich die „Humanressourcen“ erhalten und ausbauen, die für einen gelingenden Übergang in ein post-fossiles Energiesystem notwendig sind.

**Reformen in der Lehre**

Die Notwendigkeit interdisziplinärer Energieforschung erfordert eine Umstrukturierung der Lehre. Neue grundständige energie-spezifische Studiengänge sind aber wenig zweckmäßig, weil sie auf Kosten der disziplinären Grundlagenausbildung gehen, kaum wirklich breit in allen Fächern der Energieforschung ausbilden können und so die Gefahr des Dilettantismus in sich bergen. An ausgewiesenen Universitäten sollten vielmehr Aufbaustudiengänge eingerichtet werden, die fertigen Naturwissenschaftlern und Ingenieuren die gesellschaftswissenschaftliche Aspekte und fertigen Sozial- und Geisteswissenschaftlern die naturwissenschaftlichen und technischen Inhalte vermitteln. Darüber hinaus erscheint es angebracht, die bestehenden Studiengänge daraufhin zu überprüfen, ob nicht im Grundstudium im Sinne eines Studium Generale Grundperspektiven der anderen wissenschaftlichen Denkrichtungen vermittelt werden könnten, um die spätere Zusammenarbeit von interdisziplinär besetzten Arbeitsteams zu erleichtern. Kooperationen mit der Energiewirtschaft könnten die Ausbildung praxisnäher machen. Diese Veränderungen können nur von den Universitäten initiiert und gemeinsam mit den Ländern umgesetzt werden, der Bund kann aber über geeignete Anreize diese Entwicklung unterstützen.

**Postgraduale Weiterbildung**

Die Einrichtung von Graduiertenkollegs zu Energiefragen sollte geprüft werden. Die Universitäten

als Basis der Ausbildung (inkl. der Promotion) und ihre Attraktivität für Studierende sollten darin gestärkt werden – oft wird dies bereits durch offensivere Vermarktung des Themas Energie, sowohl als Schwerpunkt des Studiums als auch als Forschungsthema, erreicht. Verbessert werden sollte aber auch die Zusammenarbeit in der Doktorandenausbildung zwischen Universitäten und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (einschließlich der Industrieforschung). Modelle könnten International Max-Planck-Research oder Helmholtz Graduate Schools sein, die Promotionsvorhaben thematisch verzahnen und eine enge Zusammenarbeit der Promovierenden und ihrer Betreuer an verschiedenen Einrichtungen gewährleisten.

**Praxisorientierte Fortbildungsangebote**

Um den Wissens- und Kompetenztransfer im Energiebereich zu stärken, sollte die Weiterbildung in technisch-naturwissenschaftlichen Bereichen für Entscheidungsträger in Politik, Verwaltung und Industrie zum Standard werden. In den Weiterbildungsangeboten könnten Technik- und Naturwissenschaften, Wirtschafts- und Rechts-, Sozial- und Politikwissenschaften verknüpft werden. Der erweiterte Blick von Entscheidungsträgern könnte helfen, neue Entwicklungen bei Energiedienstleistungen, Energieeffizienz und in der Umsetzung der Emissionsziele anzustoßen. Beispiele sind Masterprogramme, Sommerschulen und berufsbegleitende Aufbaukurse für Entscheidungsträger in Politik, Wirtschaft und Verwaltung.

## VI Ausblick

Die vorstehende Darstellung identifiziert in kompakter Form wichtige Forschungsfelder, die in der Energieforschung prioritär behandelt werden sollten, um die Herausforderungen zu bewältigen, die bei der unvermeidlichen Umstellung unseres Energiesystems auf Wirtschaft und Gesellschaft zukommen. Hierbei gibt es einige Themen, die in jedem Falle bearbeitet werden müssen, unabhängig von politisch-gesellschaftlichen Randbedingungen. Bei anderen Themen gibt es gewisse Spielräume hinsichtlich der Forschungsprioritäten, abhängig von den Vorstellungen darüber, wie unser Energiesystem gestaltet werden und auf welchen Energiequellen es primär beruhen soll.

Beide Elemente zusammen vermitteln jeweils das Bild einer bestimmten Energiezukunft. Energiepolitische Entscheidungen haben typischerweise sehr langfristige Auswirkungen – die Betriebsdauern energietechnischer Anlagen übertreffen die Dauer einer Legislaturperiode um das Fünf- bis Zehnfache. Aus diesem Grunde darf die Forschung nicht auf nur eine solche Energiezukunft verengt werden, sondern muss **mehrere parallele Handlungsoptionen für Politik und Gesellschaft** eröffnen. Damit muss sie in Kontinuität auch solche Richtungen verfolgen, die jeweils nicht im Fokus der politischen Diskussion liegen, aber für die Zukunft bedeutsam sein könnten.

Die Grundaussagen dieses Berichts ergeben sich aus den dargelegten Fakten, Begründungen und umfassenden Hintergrundinformationen. Allerdings sind nicht für alle Aussagen detaillierte Begründungszusammenhänge und die unterstützenden Daten angegeben – dies war im Zeitraum zwischen Auftrag (Herbst 2008) und Fertigstellung des Berichts (Juni 2009) nicht möglich. Ein großer Teil der Daten liegt aber vor. Die Priorisierung bestimmter Forschungsthemen ist in Form ausführlicher Technologieberichte und Handlungsfeldberichte, die von Experten in ihren jeweiligen Feldern verfasst worden sind, durch detaillierte Begründungen gestützt. Da diese Informationen von hohem Wert für Leser dieses Berichts sein könnten, ist geplant, bis Mitte 2010 eine wesentlich umfangreichere und umfassendere Studie zu erstellen. Diese wird in den Kernaussagen dem vorliegenden Bericht entsprechen, aber stärker ins Detail gehen und weitergehende Begründungen liefern.

Die Autoren hoffen, dass die beiden Studien zusammen eine fundierte Basis für die Formulierung und Strukturierung eines Energieforschungsprogramms für die nächsten Jahre – vielleicht sogar Jahrzehnte – bilden.

## ANHANG

### Autoren und Mitwirkende

Für den Text dieses Energieforschungskonzepts sind ausschließlich die Koordinatoren verantwortlich, die Akademien tragen die Aussagen des Papiers. In den Akademien ist das Konzept durch vorher nicht involvierte Kollegen, die wertvolle weitere Anregungen gegeben haben, begutachtet worden. Die anderen im Folgenden genannten Personen und Organisationen haben durch Expertisen, Stellungnahmen und Beratung die Koordinatoren unterstützt, nicht aber den gesamten Text gelesen und autorisiert.

Die Autoren danken allen, die an der Erstellung des Konzepts beteiligt waren, für ihre Unterstützung.

#### Koordinatoren

Prof. Dr. Frank Behrendt	Institut für Energietechnik, TU Berlin
Prof. Dr. Ortwin Renn	Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie, Universität Stuttgart
Prof. Dr. Ferdi Schüth	Max-Planck-Institut für Kohlenforschung, Mülheim/Ruhr
Prof. Dr. Eberhard Umbach	Forschungszentrum Karlsruhe

#### Mitarbeiter der Koordinatoren

Dr. Florian Ausfelder	DECHEMA, Frankfurt/Main
Dr. Andreas Förster	DECHEMA, Frankfurt/Main
Dr. Justus Lentsch	BBAW, Berlin
Dr. Andreas Möller	acatech Hauptstadtbüro, Berlin
Dr. Christoph Schneider	Bonn
Dr. Gisela Wachinger	Stuttgart

#### Autoren von Beiträgen, Berichten zu Einzelthemen und Expertisen

Prof. Dr.-Ing. Dieter Ameling	ThyssenKrupp Steel AG, Oberhausen
Dr. Michael Bäcker	Zenergy Power GmbH, Rheinbach
Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge	Staatswissenschaftliches Seminar, Universität zu Köln
Prof. Dr. Frank Biermann	Institute for Environmental Studies, Vrije Universiteit Amsterdam
Prof. Dr.-Ing. Rainer Bitsch	Institut für Energietechnik, BTU Cottbus
Prof. Dr. Monika Böhm	Institut für Öffentliches Recht, Philipps-Universität Marburg
Dr. Harald Böttner	Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM, Freiburg
Prof. Dr. Gerhard Bohrmann	Fachbereich Geowissenschaften, Universität Bremen
Prof. Dr. Alexander Bradshaw	Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching
Dr. Christian Draheim	RWE Innogy GmbH, Essen
Dr.-Ing. Harald Drück	Forschungs- und Testzentrum für Solaranlagen, Universität Stuttgart
Prof. Dr. Ottmar Edenhofer	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam
Prof. Dr. Rolf Emmermann	Deutsches GeoForschungsZentrum Potsdam



Prof. Dr. Georg Erdmann	Institut für Energietechnik, TU Berlin
Dr.-Ing. Peter Fritz	Forschungszentrum Karlsruhe
Prof. Dr. Horst Geckeis	Institut für Nukleare Entsorgung, Forschungszentrum Karlsruhe
Dr. Michael Geiger	BASF SE, Ludwigshafen
Prof. Juri Grin	Max-Planck-Institut für Chemische Physik fester Stoffe, Dresden
Prof. Dr. Armin Grunwald	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse, Forschungszentrum Karlsruhe
Dr. Uwe Hermann	Corporate Technology, Siemens AG, Erlangen
Prof. Dr. Lutz Heuser	SAP AG, Walldorf
Prof. Dr.-Ing. Bernd Hillemeier	Institut für Bauingenieurwesen, TU Berlin
Dr. Horst Hüners	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln
Prof. Dr. Reinhard Hüttl	Deutsches GeoForschungsZentrum, Potsdam
Prof. Dr. Carlo Jäger	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung, Potsdam
Prof. Dr. Helmut Jungermann	Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaften, TU Berlin
Prof. Dr.-Ing. Alfons Kather	Institut für Energietechnik, TU Hamburg-Harburg
Prof. Dr. Gernot Klepper	Institut für Weltwirtschaft, Kiel
Dr.-Ing. Joachim Knebel	Institut für Reaktorsicherheit, Forschungszentrum Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. Michael Kurrat	Institut für Hochspannungstechnik, TU Braunschweig
Prof. Dr. Claus Leggewie	Kulturwissenschaftliches Institut Essen
Prof. Dr. Karl Leo	Institut für Angewandte Physik, TU Dresden
Prof. Dr. Franz Makeschin	Institut für Bodenkunde und Standortlehre, TU Dresden
Prof. Dr. Dirk Messner	Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, Bonn
Dr. Bernhard Milow	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Köln
Dr. Matthias Müller-Mienack	Vattenfall Europe Transmission GmbH, Berlin
Prof. Dr. Hans Müller-Steinhagen	Institut für Technische Thermodynamik, Deutsches Zentrum für Luft und Raumfahrt, Stuttgart
Prof. Dr. Julian Nida-Rümelin	Geschwister-Scholl-Institut für Politische Wissenschaft, LMU München
Prof. Dr. Kornelius Nielsch	Institut für Angewandte Physik, Universität Hamburg
Dr. Zoltán Noohta	SAP Research CEC, Karlsruhe
Dr. Thai Lai Pham	Sector Healthcare and Corporate Technology, Siemens, Erlangen
Prof. Dr.-Ing. Stefan Pischinger	Institut für Verbrennungskraftmaschinen, RWTH Aachen
Prof. Dr. Robert Pitz-Paal	Institut für Technische Thermodynamik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart
Dr. Werner Prusseit	THEVA Dünnschichttechnik GmbH, Ismaning
Prof. Dr. Joachim Radkau	Fakultät für Geschichtswissenschaft, Philosophie und Theologie, Universität Bielefeld
Prof. Dr. Bernd Rech	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie
Prof. Dr. Eckard Rehbinder	Institut für Wirtschafts-, Umweltrecht und Rechtsvergleichung, Universität Frankfurt
Prof. Dr.-Ing. Christian Rehtanz	Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, TU Dortmund

## ANHANG

Prof. Dr. Lucia Reisch	Copenhagen Business School, Kopenhagen
Prof. Dr. Horst Rueter	Geothermische Vereinigung, Geeste
Dr. Bernd Rumpf	BASF SE, Ludwigshafen
Prof. Dr. Günter Scheffknecht	Institut für Verfahrenstechnik und Dampfkesselwesen, Universität Stuttgart
Dr. Kerstin Schierle-Arndt	BASF SE, Ludwigshafen
Prof. Dr. Eberhard Schmidt-Aßmann	Institut für Deutsches und Europäisches Verwaltungsrecht, Universität Heidelberg
Prof. Dr. Jens-Peter Schneider	European Legal Studies Institute, Universität Osnabrück
Prof. Dr. Hans-Werner Schock	Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und Energie
Prof. Dr. Miranda Schreurs	Forschungsstelle für Umweltpolitik, FU Berlin
Prof. Dr. Thomas Schulenberg	Institut für Kern- und Energietechnik, Forschungszentrum Karlsruhe
Prof. Dr.-Ing. Harald Schwarz	Lehrstuhl für Energieverteilung und Hochspannungstechnik, BTU Cottbus
Prof. Dr. Arndt Simon	Max-Planck-Institut für Festkörperforschung, Stuttgart
Prof. Dr. Martin Strohrmann	BASF SE, Ludwigshafen
Dr. Rainer Tamme	Institut für Technische Thermodynamik, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Stuttgart
Dr.-Ing. Walter Tromm	Nukleare Sicherheitsforschung, Forschungszentrum Karlsruhe
Dr. Christian Urbanke	Corporate Technology, Siemens AG, Erlangen
Prof. Dr.-Ing. Frank Vogdt	Institut für Bauingenieurwesen, TU Berlin
Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß	Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
Dr. Kurt Wagemann	DECHEMA, Frankfurt/Main
Prof. Dr.-Ing. Harald Weber	Fakultät für Informatik und Elektrotechnik, Universität Rostock
Prof. Dr. Eicke Weber	Fraunhofer-Institut für solare Energiesysteme, Freiburg
Prof. Dr. Dieter Wegener	Industry & Solutions, Siemens AG, Erlangen
Prof. Dr. Carl Christian von Weizsäcker	Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern, Bonn
Prof. Dr. Lutz Wicke	Institut für Umweltmanagement, Europäische Wirtschafts- hochschule, Campus Berlin
Prof. Dr. Martin Winter	Institut für Physikalische Chemie, Universität Münster
Prof. Dr. Michael Zürn	Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung

**Schriftliche Stellungnahmen im Rahmen der Konsultation**

Bundesverband Erneuerbare Energien

Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie

Deutsche Bunsen-Gesellschaft für Physikalische Chemie

Deutsche Physikalische Gesellschaft

Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches

Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung

ForschungsVerbund Erneuerbare Energien

Gesellschaft Deutscher Chemiker

Verband der Chemischen Industrie

Verein Deutscher Ingenieure

Verband Kommunaler Unternehmen