

# Die Bedeutung der Gesellschafts- und Kulturwissenschaften für eine integrierte und systemisch ausgerichtete Energieforschung<sup>1</sup>



© Andrea Kusajda / PIXELIO

---

<sup>1</sup> = Geistes-, Sozial-, Wirtschafts-, Rechts-, Kultur- und Systemwissenschaften



# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Vorwort .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Einführung: Gründe für eine umfassende interdisziplinäre Energieforschung .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Energiefragen berühren die Grundfeste der Wirtschafts- und Sozialstruktur .....</b>	<b>9</b>
3.1 Forschungsstand .....	9
3.2 Empfehlungen für zukünftigen Prioritäten .....	10
3.3 Forschungsfragen .....	10
<b>4 Lösungen der Energieprobleme erfordern Innovations- und Lernbereitschaft .....</b>	<b>13</b>
4.1 Forschungsstand .....	13
4.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten .....	13
4.3 Forschungsfragen .....	14
<b>5 Der Nutzer bestimmt mit: Wirksam ist, was wirkt .....</b>	<b>17</b>
5.1 Forschungsstand .....	17
5.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten .....	18
5.3 Forschungsfragen .....	18
<b>6 Die Überwindung der Umsetzungsdefizite ist Voraussetzung für das Gelingen der angestrebten Trendwende .....</b>	<b>21</b>
6.1 Forschungsstand .....	21
6.2 Empfehlung für zukünftige Prioritäten .....	21
6.3 Forschungsfragen .....	23
<b>7 Wechselwirkungen und Dynamik in der Entwicklung von Energieoptionen verstehen. ....</b>	<b>27</b>
7.1 Forschungsstand .....	27
7.2 Empfehlung für zukünftige Prioritäten .....	28
7.3 Forschungsfragen .....	28
<b>8 Risiken und Nebenwirkungen der eingesetzten Maßnahmen im voraus bedenken .....</b>	<b>31</b>
8.1 Forschungsstand .....	31
8.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten .....	32
8.3 Forschungsfragen .....	32
<b>9 Das Zusammenspiel von Staat, Markt und Zivilgesellschaft verstehen .....</b>	<b>35</b>
9.1 Forschungsstand .....	35
9.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten .....	35
9.3 Forschungsfragen .....	36
<b>10 Ausblick .....</b>	<b>37</b>
<b>11 Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>39</b>
<b>12 Anhang: Autoren und Mitwirkende .....</b>	<b>43</b>



# 1 Vorwort

Die Ereignisse in Fukushima haben die Frage der künftigen Energieversorgung in Deutschland wieder zu einem Spitzenplatz in der politischen Agenda verholfen. Mehr als 80 Prozent der deutschen Bevölkerung unterstützt angesichts dieser Katastrophe einen beschleunigten Ausstieg aus der Kernenergie. Die Bundesregierung hat mit ihrem Moratorium für die älteren Kernkraftwerke, mit der Beauftragung eines Stresstestes für die Reaktoren durch die Reaktorsicherheitskommission und durch die Einrichtung einer Ethikkommission erste Konsequenzen aus dieser neuen Situation gezogen. Noch in diesem Jahr soll die Weichenstellung für einen beschleunigten Ausstieg aus der Kernenergie vorgenommen werden. Das Ziel ist eine durch Effizienzverbesserungen und den Einsatz erneuerbarer Energien geprägte Versorgungsstruktur.

Ob diese zügige Transformation in ein post-nukleares und post-fossiles Zeitalter gelingt, hängt zum einen von den technischen Errungenschaften und den naturwissenschaftlichen Erkenntnissen in Bezug auf die effiziente Nutzung von Primärenergieträgern, der rationellen Energienutzung und -umwandlung, intelligenten Speicher- und Transportsystemen sowie der Entwicklung neuer Energietechnologien über den gesamten Lebenszyklus ab. Zum anderen ist die Zukunft der Energieversorgung geprägt durch das Innovations- und Meinungsklima in einer Gesellschaft, durch die Veränderungen im Nachfrageverhalten auf der Basis sich verändernder Lebensstile, sowie durch den rechtlichen und politischen Kontext, in den Entscheidungen im Energiesektor eingebunden sind. Dieser zweite Aspekt der Energieversorgung betrifft vor allem das Feld der Sozial-, Wirtschafts-, Rechts- und Geisteswissenschaften. Sie erkunden und erforschen Innovationsprozesse, untersuchen die Entwicklung der Nachfrage auf der Basis von Marktsignalen und ordnungspolitischen Vorgaben, analysieren den sozio-kulturellen und rechtlich vorgegebenen Kontext und nehmen die Verhaltensmuster der Energie-Konsumenten und der energiebezogenen Akteursnetzwerke unter die Lupe.

Will man die ehrgeizigen energiepolitischen Ziele nach Fukushima erreichen und dabei Klima- und Umweltschutz, Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Sozialverträglichkeit angemessen berücksichtigen, dann wird dies nur gelingen, wenn man die Ingenieur-, Natur- und Kulturwissenschaften zu gemeinsamen und integrativen Forschungsansätzen gewinnen kann. Es bedarf eines systemischen Ansatzes, bei dem technische Innovationen, neue institutionelle Strukturen und Prozesse sowie Änderungen der individuellen und organisatorischen Verhaltensweisen beim Umgang mit Energie ineinander greifen. Eine wirksame und sozial ausgewogene energiepolitische Trendwende (transformation management) erfordert eine integrative Forschungsperspektive, bei der die Wechselwirkungen zwischen Technologieentwicklung und Gesellschaftsordnung sowie zwischen kulturellen Voraussetzungen und Umweltbedingungen im Fokus stehen. Während die Forschungsleistungen im Bereich der Ingenieur- und Naturwissenschaften für eine künftige Energieversorgung unumstritten sind, ist der mögliche Beitrag der Kulturwissenschaften in der Fachwelt und der öffentlichen Diskussion weniger präsent, wobei er zum Teil sogar als verzichtbar und wenig ergiebig abgetan wird.

Die folgenden Ausführungen zur sozial- und kulturwissenschaftlichen Energieforschung zeigen auf, warum diese Forschungsperspektive so essentiell für eine systemische Betrachtung der Energieversorgung ist und warum sie als Ergänzung zu den natur- und ingenieurwissenschaftlichen Fragestellungen unverzichtbar ist. Zudem legt der Text dar, welche

Forschungsfragen aus diesem Wissenschaftsspektrum in Zukunft einer dringenden Bearbeitung bedürfen.

Diese Publikation ist aus einer Initiative der deutschen Wissenschaftsakademien: Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina/ Nationale Akademie der Wissenschaften, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften Acatech und Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (für die Union der Deutschen Akademien) entstanden. Die Bundesministerin für Bildung und Forschung hatte im Jahre 2010 die drei Akademien beauftragt, ein gemeinsames Konzept für ein integriertes Energieforschungsprogramm zu erstellen. Ein Kurzentwurf wurde der Ministerin im Herbst letzten Jahres übergeben, der ausführliche und detaillierte Materialband, der ebenfalls die hier aufgeführten Überlegungen umfasst, wird im Verlauf dieses Jahres noch fertig gestellt und der Ministerin übergeben.

Die folgenden Ausführungen fassen die von der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften koordinierten Vorschläge zur gesellschafts- und kulturwissenschaftlicher Energieforschung zusammen. An der Erstellung dieses Teilgutachtens wirkten insgesamt 23 Fachwissenschaftler aus Soziologie, Politikwissenschaften, Psychologie, Rechtswissenschaften, Ökonomie, Philosophie, Philologie und Systemanalyse mit. In mehreren Workshops wurden im Verlauf des Jahres 2010 und des ersten Halbjahres 2011 die vorhandene Literatur gesichtet, die wichtigsten Forschungsthemen identifiziert und die Forschungsfragen spezifiziert. An der Redaktion und Aufarbeitung des Materials waren darüber hinaus noch drei wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter beteiligt. Das Gutachten wurde im März 2011 abgeschlossen und im April dieses Jahres erneut aktualisiert. Es beschreibt die Forschungsfelder für eine systemische Perspektive der Energieversorgung und zeigt mittels der in den Text eingebundenen Kästen konkrete Forschungsprojekte auf, die in der jetzigen Umbruchsituation von besonderer Bedeutung sind.

Das hier vorliegende Dokument wurde in intensiver Absprache mit allen beteiligten Gutachterinnen und Gutachtern verfasst. Es soll Evidenzbasierte Empfehlungen für die zukünftigen Weichenstellungen der Forschungspolitik der Bundesregierung im Bereich der gesellschafts- und kulturwissenschaftlichen Disziplinen liefern. Die Autoren und Autorinnen dieses Gutachtens sind davon überzeugt, dass die hier aufgeführten Empfehlungen eine wichtige Orientierung für das von der Bundesregierung angekündigte Konzept für die angestrebte Transformation der Energiepolitik vermitteln können.

Berlin, den 30.4.2011

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Ortwin Renn', written in a cursive style.

(Ortwin Renn)

## 2 Einführung: Gründe für eine umfassende interdisziplinäre Energieforschung



© KISCart / Kim Schröder / PIXELIO

**Energiepolitische Ziele setzen eine interdisziplinäre, integrative und systemisch ausgerichtete Energieforschung voraus:** Die nationalen energiepolitischen Zielvorgaben einer sicheren, kostengünstigen und umweltgerechten Energieversorgung ebenso wie die Vorgaben der Europäischen Union (3 x 20 in 2020; 2°C Ziel Klimaänderung, Halbierung des Kohlendioxid-Ausstoßes bis 2050; vollständige Umstellung auf regenerative Energieerzeugung bei elektrischem Strom bis 2050) sind ehrgeizig. Sie sind nur zu

erreichen, wenn technische Innovationen, angepasste institutionelle Strukturen und Prozesse sowie Änderungen der individuellen und organisatorischen Verhaltensweisen beim Umgang mit Energie ineinander greifen. Hinzu kommt, dass diese Prozesse sozialverträglich ausgestaltet werden müssen. Dies ist ohne die Entwicklung von wirksamen und erfolgreichen energiepolitischen Instrumenten und Steuerungsprozessen nicht zu erreichen. Voraussetzung dafür ist eine detaillierte Kenntnis der wirtschaftlichen, sozialen und kulturellen Kontextbedingungen. Eine wirksame und sozial ausgewogene energiepolitische Trendwende (transformation management) erfordert daher eine integrative Forschungsperspektive, bei der die Wechselwirkungen zwischen Technologieentwicklung und Gesellschaftsordnung, zwischen kulturellen Voraussetzungen und Umweltbedingungen, zentrale Aufmerksamkeit erlangen.

**Pluralistische Gesellschaften benötigen Orientierung und kulturelle Reflektion:** Die künftige Energieversorgung muss darauf ausgerichtet sein, den Wohlstand einer Gesellschaft zu erhalten und gleichzeitig die Umwelt-, insbesondere die Klimaverträglichkeit, sowie die Sozialverträglichkeit dauerhaft zu sichern. Damit mögliche Zielkonflikte frühzeitig erkannt und bearbeitet werden können und damit sich die Mittel, um diese Ziele zu erreichen, nicht verselbständigen, benötigt eine Gesellschaft Prozesse der Orientierung und der Reflexion. Kreative und innovative Lösungen entstehen selten aus einer Fortentwicklung des Bestehenden. Erst wenn man unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten und Zukunftsvisionen gegeneinander abwägt, können neue Lösungen gefunden und Gegenstrategien zu Krisen und Überraschungen entworfen werden. In der Forschung geschieht dies durch die Entwicklung von integrierten Systemanalysen, in denen die klassischen Instrumente der Technikfolgenabschätzung ebenso Eingang finden wie die Methoden der Szenarienbildung, des Foresight und der Risikoanalyse. Dadurch kann man mögliche Sackgassen frühzeitig identifizieren, alternative Optionen erkennen und diese in ihren Wirkungen abschätzen.

**Künftige Energieforschung muss sich ebenso wie die Energiepolitik an den Bedingungen der globalen Vernetzung ausrichten:** Antworten auf die Herausforderungen der zukünftigen Energieversorgung sind notwendigerweise auf eine internationale Perspektive angewiesen. Dies betrifft nahezu alle relevanten Energiethemen – angefangen bei Klimaschutz, Sicherheit und Transportabhängigkeit, über die wechselseitige Beziehung von regionalen, nationalen, europäischen und internationalen Steuerungsinstrumenten der Energiepolitik und der Verteilung

von Chancen und Risiken, bis hin zur Versorgungssicherheit für die jeweils betroffenen Regionen. Zurzeit sind etwa 1,3 Mrd. Menschen von Energiearmut betroffen: So steht den 500 Mio. Menschen in Subsahara Afrika weniger kommerzielle Energie zu Verfügung als den 12 Millionen Bürgern Österreichs. Internationale Normen und Konventionen, Grundsatzentscheidungen (speziell im Umweltrecht) und die Regulierungsstrategien der einzelnen Länder fließen bis heute noch nicht ausreichend in die nationalen Entscheidungen mit ein. Erfahrungen aus internationalen Rechtsvergleichen könnten mit dazu beitragen, bewährte Elemente des deutschen Energierechts in andere Länder zu exportieren. Über den Rechtsexport in andere Staaten und in internationale Verhandlungen wird nicht nur anderen Ländern geholfen, sondern es wird auch die deutsche Energiepolitik unterstützt. Vor allem wird dadurch die Geltungskraft der als richtig und dringlich anerkannten energiepolitischen Ziele internationalisiert. Eine global wirksame und mit nationalen wie internationalen Zielen kompatible Energiepolitik ist dabei auf die Unterfütterung durch eine komparativ angelegte Energieforschung angewiesen. Gerade im Bereich der Klimapolitik ist es unabdingbar, ein global wirksames und von allen Staaten mit getragenes Regime einzurichten, das die bekannten Probleme bei der Nutzung von Gemeinschaftsgütern (Allmende Dilemma) überwinden hilft. Für diesen Zweck sind zum einen global wirksame Instrumente (wie cap and trade) zu entwickeln, zum anderen geeignete Steuerungsformen aus der Erforschung von internationalen Institutionen, Politiken und Mehrebenensystemen abzuleiten. Nicht zuletzt stärkt eine dezidiert internationale Ausrichtung die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Energieforschung.

**Entscheidungs- und Handlungsfähigkeit in der Energiepolitik ist auf Akzeptanz bei Akteuren und Bevölkerung angewiesen:** Energiepolitisches Entscheiden und Handeln sind bestimmt durch institutionelle und soziale Rahmenbedingungen, kulturelle Vorstellungen und individuelle Präferenzen. Energiepolitische Steuerungsmaßnahmen können daher nur dann Veränderungen in Politik, in Organisationen und im individuellen Verhalten bewirken, wenn ihre sozio-kulturellen Einflussfaktoren und Rahmenbedingungen besser verstanden sind. Zur bestmöglichen Unterstützung energiepolitischer Entscheidungen empfiehlt es sich, gemeinsam geteilte und hinreichend robuste „Energiezukünfte“ und entsprechende Politikoptionen zu entwickeln. Schließlich müssen die zu treffenden Maßnahmen auch von denen angenommen werden, die von den Konsequenzen der Maßnahmen betroffen sind. In einer Demokratie setzt dies Überzeugungsarbeit voraus. Gerade die jüngsten Auseinandersetzungen um Stuttgart 21, um die Laufzeitverlängerung von Kernkraftwerken sowie die Endlagerung radioaktiver Abfälle in Deutschland und um den Ausbau der für die regenerativen Energien notwendigen Infrastruktur unterstreichen die Notwendigkeit, sich mit dem Akzeptanzverhalten der Bevölkerung intensiv zu beschäftigen. Sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung kann aufzeigen, wie Maßnahmen im Rahmen einer demokratischen Willensbildung legitimiert und wie durch geeignete Partizipationsformen betroffene Akteure aktiv in die Entscheidungsfindung eingebunden werden können. Dabei kommt es auch darauf an, bei knappen und gleichzeitig lebensentscheidenden Gütern wie Energie gerechte Verteilungsregeln zu finden, die Leistungsfähigkeit und Bedürftigkeit in eine faire Balance bringen.

**Umgang mit der Dynamik der Energieprobleme:** Im Rahmen einer integrierten Energieforschung werden Forschungspraktiken, Methoden und Instrumente entwickelt, mit denen unerwartete Nebenwirkungen von Maßnahmen und Technologien im Voraus abgeschätzt und bewertet werden können. Dies fördert die gesellschaftliche Lern- und Adaptionsfähigkeit. Die Erforschung und Umsetzung von Konfliktschlichtungs- und Planungsverfahren hat eine



katalytische Funktion, die dazu beiträgt, Entscheidungsprozesse rationaler, nachhaltiger und fairer zu gestalten. Welche Energiepfade realisierbar sind, hängt im hohen Maße von kulturellen Bedingungen ab. Die Kultursoziologie sowie die Milieu- und Werteforschung können hier einen wertvollen Beitrag leisten. Dazu gehört die Untersuchung der Wechselwirkung zwischen energietechnischen und energiewirtschaftlichen Innovationen einerseits und kulturellen Lebensformen andererseits. Die zeitgenössische historische und philosophische Anthropologie versteht sich vorwiegend als eine Disziplin, die unterschiedliche Selbstbilder des Menschen und die mit diesen Selbstbildern verbundenen Werte- und Lebensformen untersucht und normativ fort schreibt. Nicht nur in westlichen Industriegesellschaften, sondern auch in weiten Teilen der Schwellenländer und der wenig entwickelten Länder gibt es Widerstand gegen ein Verständnis der Natur als bloße Ressource. Hier sind Veränderungsprozesse in Gang gekommen, die für die Ökologie- und Naturschutzbewegung von zentraler Bedeutung sind und die nachhaltige Wirkung bis hinein in die politischen und ökonomischen Eliten entfalten.

Insofern sind die Energiepfade der Zukunft in hohem Maße von kulturellen und normativ-anthropologischen Faktoren beeinflusst. Die Einbeziehung derjenigen Disziplinen, die sich mit dieser Dimension befassen, ist daher von großer Bedeutung in der Energieforschung. Welche Rolle spielen kulturelle Differenzen für den transnationalen Energiemarkt und wie ist das Energiesystem mit allgemeinen gesellschaftlichen Normen und Werten verbunden? Dies ist nicht nur unter dem Aspekt der Prognose, sondern auch unter dem Aspekt des Entwurfs von Energieszenarien relevant. Neben der hermeneutischen Wissenssoziologie und qualitativen Sozialforschung sind dabei auch die normativen Kriterien, die in der praktischen Philosophie seit Jahrzehnten anwendungsorientiert diskutiert werden, zu berücksichtigen.

Eine anwendungsorientierte, interdisziplinäre und integrierte Energieforschung leistet unverzichtbare Beiträge für die Ausgestaltung einer wirksamen, effizienten sowie umwelt- und sozialverträglichen Energiepolitik. Die größten Herausforderungen liegen dabei in der Ziel-, Steuerung- und Instrumentenforschung für komplexe Entscheidungssituationen unter Unsicherheit, in der Entwicklung und Diffusion von technischen und sozialen Innovationen für den Übergang in eine nachfossiles Zeitalter sowie der rechtlichen, politischen und sozialen Umsetzung von nachhaltigen Energiestrategien in einer pluralen, von Interessengegensätzen geprägten Weltgemeinschaft.

Im Folgenden werden sieben grundlegende Thesen zum Verhältnis von Energieversorgung, sozialer Wohlfahrt und Nachhaltigkeit aufgestellt und erfolgversprechende Ansätze zum Problemverständnis – aber auch zur Problemlösung – aus dem breiten Forschungsfeld der Wirtschafts-, Sozial-, Rechts-, Geistes- und Systemwissenschaften vorgestellt. Darauf aufbauend wird der weitere Forschungsbedarf skizziert.



### 3 Energiefragen berühren die Grundfeste der Wirtschafts- und Sozialstruktur



© Andrea Kusajda / PIXELIO

Optionen für die zukünftige Energieversorgung werden durch technische Entwicklungen und naturwissenschaftliche Erkenntnisse ebenso bestimmt wie durch Werte, kulturelle Vorprägungen und rechtliche Vorgaben. Dazu kommen Hoffnungen und Befürchtungen über die Implikationen möglicher Energiezukünfte. Entsprechend vielfältig und kontrovers sind das Problemverständnis, die Zielvorstellungen und die Bewertungsmaßstäbe bei der Beurteilung der Ausgangslage und der energiepolitischen Optionen.

Unter welchen Bedingungen Energiethemen auf die öffentliche Agenda kommen und dort bleiben, ist bislang kaum untersucht. Technologische, soziale, ökonomische und ökologische Probleme überschneiden sich. Daher wird sich eine sachlich gebotene und gleichzeitig demokratisch legitimierte Antwort auf die Energiefrage nur finden lassen, wenn alle Problembereiche in ihrer wechselseitigen Beeinflussung analysiert werden.

Die Technologieentwicklung und die nationale, europäische und internationale Rechtsentwicklung sind von verschiedenen energiepolitischen Leitbildern geprägt, die sich auch in der öffentlichen Debatte wiederfinden. Diese müssen konkretisiert und einer vergleichenden Bewertung zugänglich gemacht werden. Dazu sollten integrative Ansätze bereits auf der Ebene des Problemverständnisses entwickelt werden. Erforderlich ist ein integratives Forschungsprogramm für Modelle zukünftiger Energienutzung (oder: Energiezukünfte). Ein solches Programm stellt das begriffliche Rüstzeug dafür bereit, die Vielfalt und Mehrdeutigkeiten in den oftmals überhitzten Debatten produktiv in energiepolitische Entscheidungen einfließen zu lassen und auf diese Weise einer Paralyse in der Energiepolitik wirksam vorzubeugen. Nach den energiepolitischen Grundsatzentscheidungen im Herbst 2010 geht es in Zukunft weniger um die Frage, ob man den Übergang zu einer regenerativen Energieversorgung anstreben sollte, sondern vielmehr darum, wie man ihn unter den Bedingungen der ökologischen, ökonomischen und sozialen Verträglichkeit am besten durchführen kann.

#### 3.1 Forschungsstand

Eine dezidiert kulturell ausgerichtete Energieforschung im engen Sinn existiert bislang noch nicht. Allerdings finden sich in den einschlägigen Wissenschaftsbereichen (vor allem den Kultur-, Geistes-, Rechts- und Sozialwissenschaften) eine Reihe von erfolgversprechenden Forschungsansätzen, die für ein solches integratives Forschungsprogramm infrage kommen. Anknüpfungspunkte bestehen in der angewandten Ethik, insbesondere zu Fragen der Langzeitverantwortung und in einer disziplinübergreifenden Nachhaltigkeitsforschung, die das ursprünglich sehr eng gefasste Verständnis der Ressourcenökonomie in den Kontext eines umfassenden normativ geprägten Nachhaltigkeitsverständnisses gestellt hat. Darüber hinaus gibt es kulturwissenschaftliche Forschungszweige wie die Technikgeschichte, die sich mit symbolischen Dimensionen bestimmter Technikkulturen befassen und Beiträge zur Geschichte des Energiebegriffs, der Beeinflussung der Umwelt durch Energienutzung oder Beiträge zur

Geschichte der Energieökonomik liefern. Bedeutsam ist die Aufarbeitung der mit Energie verbundenen wirtschaftlichen, politischen und sozialen Institutionen: Wie sind diese entstanden, welche Wandlungsprozesse haben sie durchlebt und wie haben sie die jeweiligen Entwicklungen gefördert oder behindert?

Da die Energiepolitik der Gegenwart sowie der Zukunft die nationalen Grenzen sprengt und mit nationalstaatlichen Instrumenten nur begrenzt gestaltbar ist, ist es erforderlich, die energiepolitischen Strategien in einen transnationalen und internationalen Rahmen zu stellen. In einem solchen größeren Kontext stellen sich Fragen der Ethik internationaler Beziehungen, z.B. in welcher Weise das grundsätzliche Gleichbehandlungsgebot der Erdenbürger in der globalen Energiepolitik Berücksichtigung finden sollte. In der zeitgenössischen praktischen Philosophie spielt die Ethik internationaler Beziehungen, sowie seit einiger Zeit die Perspektive einer kosmopolitischen Ordnung, eine zentrale Rolle. Die Impulse aus der praktischen Philosophie aufzugreifen und normative Kriterien einer transnationalen Politik zu entwickeln ist ein Desiderat der Energieforschung in den Geisteswissenschaften. Die Entwicklung normativer Kriterien globaler Energiepolitik kann zudem dazu beitragen, dass Trittbrettfahrer-Verhalten nicht oder nur im geringeren Ausmaß das Verhalten der Akteure bestimmt, wie empirische Studien zeigen.

Zudem sollen die Querbezüge zwischen der kulturwissenschaftlichen Wertediskussion und der rechtswissenschaftlichen Forschung gestärkt werden: Das Energierecht selbst ist zwar im rechtswissenschaftlichen Fächerkanon fest etabliert und Einzelaspekte (wie verfassungs- und europarechtliche Grundlagen; Regulierung von Marktstrukturen oder Zulassungsrecht) sind vielfach gut aufgearbeitet; erheblicher Forschungsbedarf besteht aber noch in Bezug auf wichtige Grundentscheidungen und auf die Leitszenarien für die Rechtsentwicklung und Rechtspraxis.

### **3.2 Empfehlungen für zukünftigen Prioritäten**

Die Berücksichtigung ethischer, kultureller, historischer und rechtswissenschaftlicher Kenntnisse trägt entscheidend zu einem angemesseneren Problemverständnis und damit zur Entwicklung „robusterer“ energiepolitischer Leitszenarien bei. Der Schwerpunkt der Forschung sollte darin liegen, die vor allem in den Geistes- und Rechtswissenschaften vorhandenen Ansätze in ein interdisziplinäres Forschungsdesign zu übertragen. Die in diesem Forschungsbereich dominierenden qualitativen Ansätze sollten stärker mit quantitativ orientierten Konzepten, z. B. aus der Risiko-, Foresight und Systemforschung, verbunden werden.

### **3.3 Forschungsfragen**

Welche sozialen und kulturellen Faktoren begünstigen oder behindern bestimmte Vorstellungen über die wünschenswerte wie über die machbare Energiezukunft? Welche Unterschiede bestehen zwischen der öffentlichen Wahrnehmung von Kosten, Risiken und Chancen verschiedener Energieformen und den naturwissenschaftlichen und ökonomischen Einschätzungen? Nach welchen Kriterien erfolgt die Auswahl von verschiedenen Handlungsoptionen in der Energiepolitik? Wie können die diagnostizierten Wert- und Zielkonflikte angemessen und konstruktiv in Energieszenarien und integrierte Modelle der Energieversorgung eingebaut werden? Wie können mögliche Konflikte aufgrund des ungleichen Zuganges zu Energieressourcen effektiv, effizient und fair gelöst werden? Wie kann ein Verständnis des wechselseitigen Zusammenhangs zwischen Energiewirtschaft, Bauwirtschaft, etc. und der Finanzwirtschaft (im Hinblick auf die Aufarbeitung der Finanzkrise mit ihren Folgen für eine künftige nachhaltige Energieversorgung) erreicht werden?

## **Energiezukünfte**

Entscheidungen in der Energiepolitik und Energieforschung erfolgen vor dem Hintergrund weitreichender Annahmen über zukünftige Entwicklungen. Diese umfassen Aussagen über die sukzessive Erschöpfung fossiler Energieträger, die zukünftige Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer Energieträger, die Formulierung von Klimazielen zur Kohlendioxid-Vermeidung, die Sicherung der wirtschaftlichen Versorgung mit Energiedienstleistungen, die Entwicklung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen weltweit, dem Wandel der Rahmenbedingungen angesichts geopolitischer Verschiebungen, handelspolitischer Entscheidungen, der Entwicklung der Finanzmärkte sowie weitreichender gesellschaftlicher Veränderungen von Lebensstilen und Konsummustern. Zusammen mit Vorstellungen darüber, welche Beiträge spezifische Technologien (z. B. neue Reaktorlinien in der Kernenergie, großflächig vernetzte thermische Solarkraftwerke, wie DESERTEC, die Geothermie oder die CCS-Technologie) in der näheren oder entfernten Zukunft zu einer sicheren, wirtschaftlichen und umweltverträglichen Energieversorgung leisten können, entstehen komplexe 'Energiezukünfte', die in Form von Szenarien erfasst werden können. Dabei wird es allerdings immer unterschiedliche Szenarien geben, je nachdem wie wahrscheinlich bestimmte Entwicklungen eingeschätzt und welche Entscheidungen für die Zukunft simuliert werden.

Nicht zuletzt geht es auch um die gesellschaftliche Wünschbarkeit der mit jedem Szenario verbundenen Folgen für Umwelt, Wirtschaft und Lebensqualität. Deshalb sind mögliche Energiezukünfte meist auch umstritten und von Unsicherheiten geprägt. Dabei sollte es weniger darum gehen, die Prognosen genauer zu machen, als vielmehr die Entscheidungen „robuster“. Neben der Pluralität von Annahmen, die in die Szenarien einfließen, und den damit zusammenhängenden Unsicherheiten und Mehrdeutigkeiten spielen bei der Szenarienbildung auch normative Bewertungen eine wichtige Rolle. So sind beispielsweise die aus den Szenarien abgeleiteten Empfehlungen immer von normativen Vorstellungen über Verteilungsgerechtigkeit, über das sinnvolle Ausmaß persönlicher Freiheitsspielräume oder über die Entscheidungshoheit von Staat und Wirtschaft charakterisiert. Weiterhin sind energiepolitische Prioritäten oder Technologiewahlentscheidungen vielfach kulturell vorgeprägt und dementsprechend gesellschaftlich umstritten (wie z. B. Fragen der weiteren Nutzung der Kernenergie, der Entwicklung von Fusionsenergie, dem Einsatz von CSS u. a. m.). Daher sollten Szenarien bereits im Vorfeld über den gesamten Prozess der Technologieentwicklung integriert werden. Erforderlich wäre also ein Forschungsprojekt, das die Entstehungs- und Gelingensbedingungen von Szenarien im Energiebereich untersucht.

Bislang existieren wenig überzeugende Verfahren, um unterschiedliche Energiezukünfte unter erkenntnistheoretischen, sozialwissenschaftlichen und ethischen Aspekten zu analysieren und zu vergleichen. Insbesondere werden kulturelle Aspekte und ethische Vorentscheidungen, die zu bestimmten Ausprägungen der Energiezukünfte führen, bislang kaum explizit thematisiert.

### **Ethische, rechtliche und soziale Dimensionen der Nutzung der Erdkruste**

Die Erdkruste wird sowohl als Ressource wie auch als Teil der Infrastruktur in vielfacher Weise für die Energieversorgung in Anspruch genommen. Die Nutzung der Erdkruste reicht von der Rohstoffentnahme (Kohle, Gas), über die Kohlendioxid-Speicherung im Rahmen der „Carbondioxide Capture and Storage-Technologie“ (CCS), die Gasspeicherung, die Ablagerung von (z. B. radioaktiven) Abfällen bis hin zur Bereitstellung von geothermischer Energie. Allerdings konkurrieren die Nutzungen mitunter, weshalb z. B. als Kohlendioxid-Speicher genutzte Lagerstätten nicht mehr zur Nutzung geothermischer Energie zur Verfügung stehen. Hinzu kommen gravierende ethische, rechtliche und soziale Aspekte. Diese umfassen Probleme der Nutzungskonkurrenzen (z. B. Geothermie vs. CCS), der ökologischen und ökonomischen Risiken dieser Nutzungsformen und der Langzeitverantwortung. Schließlich stellen sich weitreichende Frage der Verteilungsgerechtigkeit in Bezug auf die Chancen und Risiken unter den heute lebenden Menschen sowie zwischen dieser Generation und zukünftigen Generationen. Um große Risiken und gesellschaftliche Konflikte zu vermeiden, besteht dringender Forschungsbedarf hinsichtlich der ethischen, rechtlichen und sozialen Fragen, die sich bei der Nutzung der Erdkruste stellen.

Seit der antiken Stoa gehen wir davon aus, dass Menschen unabhängig von ihrem sozialen Stand, ihrer Religion und ihrer Hautfarbe über eine menschliche Würde verfügen. Die Aufdeckung dieses moralischen Sachverhaltes hat über die Jahrhunderte das Recht, die Politik, die Gesellschaft und die Kultur verändert und verändert sie weiterhin. Die Anti-Diskriminierungsrichtlinien der Europäischen Union und die Fortschreibung der Menschenrechtspakte von Seiten der Vereinten Nationen belegen dies. Der Nachhaltigkeits-Diskurs ist dagegen historisch gesehen viel jünger. Allerdings existiert zwischen diesen beiden Diskursen eine enge Verbindung. Das Postulat einer nachhaltigen Entwicklung, zumal eines nachhaltigen Erdsystemmanagements kann als Gleichbehandlungsgebot zukünftiger Generationen interpretiert werden. So wie Individuen unabhängig von ihrer Herkunft, Hautfarbe, Religion, Geschlecht, etc. gleich behandelt werden müssen, so sind alle Menschen, unabhängig von der Generation der sie angehören, ebenfalls gleich zu behandeln. Da wir erwarten können, dass zukünftige menschliche Generationen den Planeten bevölkern werden, sind wir gehalten mit den Ressourcen so umzugehen, dass zukünftige Generationen die gleichen Gestaltungsmöglichkeiten ihres Lebens haben wie heute lebende. Die Übertragung ethischer Kriterien auf das Verhältnis der Generationen zueinander ist daher ein Desiderat der Energieforschung, vor allem, wenn es um die Nutzung der Erdkruste als Ressource und als Abfalllager geht.

## 4 Lösungen der Energieprobleme erfordern Innovations- und Lernbereitschaft



© Dieter Schütz / PIXELIO

Innovationen anzuregen und sie zeitgerecht in den Markt einzubringen (Diffusion) ist zentral für die Umstellung auf eine nachhaltige Energieversorgung. Dies erfordert ein gründliches Verständnis der gesellschaftlichen, ökonomischen, politischen und rechtlichen Bedingungen sowie der Genese und Diffusion von innovativen Lösungen bei der Gewinnung, Umwandlung, Speicherung, Verteilung und Nutzung von Energie. Denn das Gelingen von Innovationsprozessen hängt nicht nur von exzellenter Technik und wirtschaftlicher Wettbewerbsfähigkeit ab, sondern ebenso von ihren

kulturellen, sozialen und rechtlichen Rahmenbedingungen, Voraussetzungen und Kontextbedingungen. Innovationen müssen ebenso in hohem Maße an lokale Kontexte, wie auch an global wirksame Rahmenbedingungen anpassungsfähig sein. Die Realisierung von notwendigen Innovationsprozessen ist deshalb nur im Wechselspiel wirtschaftlicher, wissenschaftlicher, politischer und sozialer Akteure möglich.

Bislang sind der Innovationsprozess selbst, seine strukturellen Rahmenbedingungen und Voraussetzungen noch weitgehend unverstanden. Dies betrifft insbesondere den Zusammenhang zwischen Technologiewahl und -entwicklung auf der einen und Marktstruktur, rechtliche Rahmenbedingungen und geeignete nationale wie internationale Institutions- und Organisationsformen auf der anderen Seite.

### 4.1 Forschungsstand

Gut entwickelt sind Innovationsökonomik und die rechtswissenschaftliche Forschung in den Bereichen Patentrecht, Zulassungs- und Regulierungsrecht sowie im Prozessrecht. Weitere Ansätze zur Innovationsforschung finden sich in der Techniksoziologie. Eine Untersuchung der Rahmenbedingungen gelingender Innovationsprozesse sowie der Voraussetzungen und Grenzen wirksamer Steuerungsimpulse steht allerdings noch am Anfang. Die klassischen Innovationskonzepte von technology push und market pull müssen zunehmend durch Netzwerkansätze ergänzt oder sogar abgelöst werden. Diese Netzwerkansätze sind auf der Ebene von Fallstudien recht gut ausgearbeitet, es fehlt aber an systematischen Versuchen ihrer quantitativen Modellierung. Dazu kommen Fragen der Innovationsverantwortung und der Corporate Responsibility, die gerade im Zusammenhang mit großtechnischen Lösungen der Energiefrage von wachsender Bedeutung sind.

### 4.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten

Entwickelt werden sollte ein interdisziplinärer und integrierter Ansatz zur Analyse und Modellierung von Innovationsprozessen im Energiebereich. Dazu muss die Wechselwirkung von ökonomischen, sozio-kulturellen, institutionellen, organisatorischen und rechtlichen Faktoren intensiver untersucht werden. Dazu gehören insbesondere:

- Die Erforschung kultureller und interkultureller Faktoren in der Diffusion von Energietechnologien (insbesondere auch hinsichtlich globaler Entwicklungen und

Rahmenbedingungen); die Wirkung von strukturellen Innovationshemmnissen – seien sie rechtlicher (Zulassungsrecht; Patentrecht), wirtschaftlicher (Flexibilitätsmargen; unterschiedliche Effizienzanforderungen an Technologien mit unterschiedlicher Marktreife), sozialer oder institutioneller Art (Präferenzen; Technikleitbilder; Organisationsformen; Arrangements der Wissensgenerierung);

- die Entwicklung von normativen Grundlagen und Regeln zur Gewährleistung von Innovationsverantwortung (insbesondere bei Einführung neuer Technologien wie CCS-Technologie oder von Geoengineering für den Klimaschutz);
- die Mobilisierung der Problemlösungskapazität und Verbesserung der Praxistauglichkeit innovativer deliberativer und partizipativer Verfahren (z. B. im Rahmen von demokratischer Technikentwicklung);
- die Analyse globaler Interdependenzen bei Ausbau und Förderung der erneuerbaren Energien. So sollte der Zugang zu den begrenzten Rohstoffvorräten, die für den Ausbau erneuerbarer Energie notwendig sind, allen Nutzern offenstehen und nicht durch einige besonders zahlungskräftige Länder oder durch die Förderländer dominiert werden;
- neue Konzepte für die internationale Forschungskooperation: Neben einer Stärkung interdisziplinärer Zusammenarbeit muss die transnationale Perspektive in den nationalen Forschungsvorhaben integriert werden. Zudem sollten die Möglichkeiten der Entwicklungs- und Schwellenländer gestärkt werden, sich in internationalen Forschungsnetzwerken wirksamer zu engagieren.

#### **4.3 Forschungsfragen**

Welche Rahmenbedingungen und Anreize begünstigen die Entwicklung innovativer und politisch umsetzbarer Lösungen? Welche sozio-kulturellen, ökologischen und ökonomischen Bedingungen müssen erfüllt sein, damit Steuerungsimpulse und -anreize wirksam werden? Wie kann unternehmerische Innovationsbereitschaft angeregt werden? Was können private und was können staatliche Akteure dazu beitragen, innovative Technologien zur Effizienzerhöhung konventioneller Systeme und zur regenerativen Energieerzeugung zu entwickeln? Welches sind angemessene Kriterien für den Ausgleich zwischen gebotener Maßnahmenkohärenz (z. B. bei der Zulassung) und der Wahrung sachgerechter Flexibilität und Diversifizierung? Welche Triebkräfte wirken bei der erfolgreichen (oder gescheiterten) Diffusion neuer Technologien? Wie können internationale Regelungen und Anreize Innovationsprozesse fördern? Welche Zeitstrategien finden in der Innovationspolitik Anwendung? Wie könnte eine internationale Koordination der Förderung des Ausbaus von erneuerbaren Energien erreicht und ausgestaltet werden?



## **Partizipative Verfahren**

Energiepolitische Entscheidungen haben weitreichenden Implikationen für Lebensstile, Lebensbedingungen und Lebensqualität nahezu aller Menschen. Daher ist es umso wichtiger, in die Entscheidungsfindung die Präferenzen und Werte derjenigen Menschen einzubeziehen, die von diesen Konsequenzen betroffen sein werden. Deliberative Verfahren, die genau dies leisten, sind deshalb ein wichtiger Forschungsgegenstand: Zum einen stellen sie sicher, dass die Bürgerinnen und Bürger über die faktischen Folgen ihrer Präferenzen bestmöglich informiert werden. Zum anderen zeigen sie Wege auf, wie die informierten Präferenzen der Bürgerschaft in all ihrer Pluralität Eingang in die politische Entscheidungsfindung finden kann.

Zusätzlich besteht Forschungsbedarf in der Frage, wie sich ethische Argumente und Kriterien in die Abwägung von Nutzen und Risiko der verschiedenen Optionen der Energieversorgung einbetten lassen. Ein Beispiel, an dem die Dringlichkeit dieser Sichtweise besonders augenfällig wird, ist die Frage der nuklearen Endlagerung. Um eine effektive, ökonomisch tragbare, faire und demokratische Entscheidungsfindung gewährleisten zu können, müssen innovative partizipative Methoden und Verfahren entwickelt werden. Dabei kann auf den Erfahrungen mit der partizipativen Technikfolgenabschätzung, dem Wissen um effektive Vermittlung komplexer Sachverhalte (PUSH-Initiativen) und den Ideen deliberativer Demokratie aufgebaut werden. Derartige Methoden werden in der internationalen Literatur häufig unter dem Begriff der „analytisch-deliberativen Vorgehensweise“ zusammengefasst. Ein solches Vorgehen verbindet die Komponenten des interdisziplinären Expertenwissens mit der Pluralität der Präferenzen und Abwägungskriterien derjenigen Personen, die von den Entscheidungen betroffen sind.

Im Falle der Energieversorgung geht es um die Ausgestaltung technisch und wissenschaftlich konsistenter und realisierbarer Szenarien und deren Bewertung durch verschiedene Gruppen, die das Spektrum der relevanten, von den Auswirkungen der jeweiligen Entscheidungen betroffenen gesellschaftlichen Perspektiven und Interessen repräsentieren (Stakeholder). Im historischen Rückblick kann erfasst werden, welche Lehren aus früheren Fehlentscheidungen und v. a. aus mangelnder Partizipation und ungenügender Kommunikation gezogen werden können. Ebenso weisen Analysen der gegenwärtigen Beteiligungspraxis in anderen Politikfeldern auf übertragbare Ergebnisse auf das Feld der Energiepolitik hin. Unterbleiben diese Untersuchungen, drohen Sackgassen, die zu einer Handlungsblockade führen können (solche Blockaden drohen z. B. bei der Einführung der Fusionsenergie, der Errichtung von Offshore-Windparks, der Umsetzung von Kohlendioxid-Sequestrierung, der Realisierung von Trassen für Hochspanungsnetze im Rahmen des Ausbaus erneuerbarer Quellen der Stromerzeugung oder dem Ausbau von Speicherkraftwerken und von Abfall-zu-Energie-Anlagen).

Dabei sind zwei Wege parallel zu verfolgen: Einerseits sollten mit Hilfe historischer Analysen von wichtigen energiepolitischen Weichenstellungen der Vergangenheit Prozesse der Entscheidungsfindung und der darauf folgenden sozialen Reaktionen systematisch ausgewertet werden. Dies könnte Hinweise darauf geben, wie langfristig tragfähige politische Handlungsrichtungen auch in Zeiten von Unsicherheit und Konfliktrichtigkeit entwickelt werden können. Andererseits sollten die sozialen Implikationen unterschiedlicher Energieoptionen auf der Basis von innovativen Verfahren nach dem Prinzip der analytisch-deliberativen Vorgehensweise auf ihre Politikauglichkeit und ihre Akzeptabilität geprüft werden.



## 5 Der Nutzer bestimmt mit: Wirksam ist, was wirkt.



© Silke Kaiser / PIXELIO

Präzises und umfassendes Wissen über die verhaltensbedingten, strukturellen, institutionellen und kulturellen Faktoren, die den Umgang mit Energiedienstleistungen und die Aufgeschlossenheit gegenüber verschiedenen Energiequellen bestimmen, ist notwendig, um das Verhalten der Energienachfrager besser verstehen zu können. Dabei müssen sowohl die institutionellen Rahmenbedingungen wie die Motivationen der Nutzer selbst Gegenstand der Forschung sein.

### 5.1 Forschungsstand

Die sozialwissenschaftliche und sozialpsychologische Forschung beruht weitgehend auf gut ausgearbeiteten sogenannten MOA-Modellen des Konsumverhaltens (Motivation, Opportunity, Ability). Darin werden die Einstellung und das Verhalten der Verbraucher auf kognitive, motivationale und situative Faktoren zurückgeführt, sowie auf die Möglichkeit, Informationen zu erhalten und die eigenen Absichten auch in die Realität umzusetzen. Die Lebensstilforschung hat sich als eine vielversprechende Forschungsrichtung erwiesen, um aussagekräftige und differenzierte Ergebnisse zur Akzeptanz von Maßnahmen zur nachhaltigen Nutzung von Energie zu erhalten. Es fehlten aber Querbezüge zwischen empirischen Untersuchungen und geisteswissenschaftlichen, insbesondere historischen Forschungen über die kulturellen Dimensionen von Lebensstilen – eine zentrale, wenn auch schwer messbare Determinante des Verbraucherverhaltens.

Weiterhin hat die umweltpsychologische Interventionsforschung Techniken zur unmittelbaren Verhaltensänderung und Methoden zur Bewertung ihrer Wirksamkeit entwickelt. Entsprechend gut ist das Verhalten der direkten Energieverbraucher in Privathaushalten hochindustrialisierter Länder untersucht. Vergleichsweise wenig wissen wir allerdings über das Konsumverhalten

- anderer nicht-individueller Verbraucher wie Handel, Handwerk und Kleingewerbe;
- den Verbrauchern in Entwicklungs- und Schwellenländern;
- im Rahmen des sog. Rebound-Effektes, der dadurch verursacht wird, dass durch Effizienzgewinne energetische Dienstleistungen zunehmend preiswerter werden und dann auch verstärkt nachgefragt werden;
- im Hinblick auf Konsumgüter, durch die indirekt Energie „verbraucht“ wird (etwa im Bereich der Unterhaltungselektronik, der Freizeitgestaltung oder der elektronischen Kommunikation);
- im Kontext anderer motivationaler Faktoren (wie regionale oder urbane Infrastruktur, Zugang zur Energiedienstleistungen) und kultureller Bedingungen der Energienachfrage (Lebensstil; Milieu).

## **5.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten**

Die integrative Konsumverhaltens- und Akzeptanzforschung sollte zukünftig folgende Schwerpunkte behandeln:

- Präferenzen und Werte der Abnehmer von Energiedienstleistungen und der Art, wie sich diese Vorlieben durch demographische, kulturelle und soziale Wandlungsprozesse verändern;
- Anreize für private Akteure, Organisationen und staatliche Institutionen, um die Nachfrage nach Energiedienstleistungen in Richtung auf einen nachhaltigen Umgang mit Energie zu lenken;
- Faktoren, welche die Akzeptanz von Energiesparmaßnahmen und von Energietechnologien in Haushalten, Betrieben oder Verwaltungen beeinflussen, sowie Möglichkeiten, die Akzeptanz durch Modifikation von Technologien, Einführungsstrategien oder verbesserte Kommunikationsformen zu beeinflussen;
- die situativen und strukturellen Kontextfaktoren, die auf das Verhalten von Individuen und Organisationen Einfluss nehmen, sowie die Möglichkeiten, diese Kontextfaktoren im Sinne einer auf Nachhaltigkeit orientierten Energiepolitik zu beeinflussen;
- Verknüpfung mit rechtswissenschaftlichen Fragen zu edukatorischen Steuerungsansätzen und zum Auftrag (und den Grenzen) staatlicher Informationstätigkeit in der Energiepolitik.

## **5.3 Forschungsfragen**

Welche Faktoren beeinflussen die Akzeptanz verschiedener Energiequellen in welcher Gewichtung? Gibt es Unterschiede zu anderen Ländern? Welche Beiträge können partizipative und deliberative Verfahren in Städten, Gemeinden und Verbundsystemen leisten, um die lokalen Bedingungen für eine nachhaltigere Energienachfrage zu verbessern? Welche Barrieren für neue Energienutzungskonzepte (insbesondere für regenerative Energien) gibt es bei den Nachfragern von Energiedienstleistungen? Welche Konsumenten-Milieus bestehen in reichen bzw. armen Ländern und wie lässt sich Energienutzung in die jeweilige Lebenswelt der Adressatengruppen integrieren? Welche Rolle spielt dabei die Verstärkung durch die öffentlichen Medien? Welche Zahlungsbereitschaft hinsichtlich Energieeffizienz- und anderen klimapolitischen Maßnahmen liegen vor und wie können diese analysiert werden?

## **Der Einfluss von sozialen und kulturellen Kontextfaktoren auf den privaten Energieverbrauch**

Um gezielt Änderungen des Konsumverhaltens im Energiesektor anregen zu können, müssen die Faktoren bekannt sein, die auf das Energieverhalten des Einzelnen einwirken. Die psychologischen Anreize für energiebewusstes Verhalten (wie z. B. Wissen, Problemwahrnehmung, subjektiv empfundener Zugang zu Lösungsmöglichkeiten und die persönliche Wertorientierung) wurden bislang gut untersucht. Vernachlässigt wurde dagegen der Einfluss von sozialen und kulturellen Kontextvariablen (wie beispielsweise die allgemeine Wirtschafts- und Wohlfahrtsituation oder bestimmte Ausprägungen von populären Lebensstilen) auf das individuelle und soziale Verhalten. Bisherige Erfahrungen zeigen, dass individuelle Anreize eine eher geringe Wirkung auf das Verbraucherverhalten haben, wenn die Kontextbedingungen nicht stimmen. Daher sollte untersucht werden, welche Kontextvariablen für welche Gruppen und für welche Lebensstile besonders relevant sind. Hinzu kommt, dass eingespielte Alltagsroutinen oft nur wenige Verhaltensänderungen zulassen. Deshalb ist es wichtig zu untersuchen, wie diese Routinen und Standardoptionen für Verbraucherentscheidungen aufgebrochen werden können. So hängt es häufig von den Kontextvariablen ab, ob die umweltfreundlichere Alternative attraktiver erscheint und daher vom Verbraucher als Standardoption gewählt wird. Abgesehen von kurzfristigen Untersuchungen (vor allem zur Wirksamkeit von Preisstrategien, z. B. im Mobilitätsbereich) ist über die Wirkung von Kontextfaktoren und über ihre langfristigen Effekte auf das Konsumverhalten bislang nur wenig bekannt. Vielversprechende Forschungsrichtungen zur Untersuchung der Langzeitwirkung von Kontextfaktoren auf den privaten Energieverbrauch sind dabei die Verhaltensökonomik und die psychologische Entscheidungstheorie.

Folgende konkrete Fragestellungen ergeben sich in diesem Zusammenhang:

- (1) Welche Strategien der Rückmeldung über den persönlichen direkten Energieverbrauch haben welche Effekte auf das Verbraucherverhalten (Bsp.: kontinuierliche Rückmeldung durch optische Anzeiger, schriftliche Information über persönlichen Verbrauch im Vergleich zu anderen Verbrauchern, u. ä.)? Wichtig kann hier z. B. die optimale Form des schnellen Feedbacks bei Verhaltensänderungen (Smart Meters) sein.
- (2) Wie können langfristige Investitionen privater Haushalte für nachhaltigen Energieverbrauch auch kurzfristig attraktiv gemacht werden?
- (3) Welche Wirkungen haben sogenannte edukatorische Strategien wie Informationskampagnen oder Produktkennzeichnungen (wie z. B. die sogenannte Ampel oder Energieverbrauchskennzeichnungen für Neuwagen) auf das private Nutzungsverhalten?
- (4) Wie unterscheiden sich die europäischen Länder in den jeweiligen Kontextbedingungen und wie wirken sich ähnliche Kontextmuster in unterschiedlichen Ländern aus? Welche Rolle spielen die technische Ausstattung, die jeweilige Infrastruktur und die landesspezifischen politischen und sozialen Rahmenbedingungen für das Verhalten der Energieverbraucher? Welche Möglichkeiten und Grenzen struktureller Strategien ergeben sich aus den Ergebnissen der Forschung über diese Zusammenhänge?



## 6 Die Überwindung der Umsetzungsdefizite ist Voraussetzung für das Gelingen der angestrebten Trendwende



© Michael Bürke / PIXELIO

Ein umfassendes Verständnis der Wirkungen – und Nebenwirkungen – von energiepolitischen Instrumenten ist für die Gestaltung einer nachhaltigen und verantwortlichen Energiepolitik unabdingbar. Ebenso wichtig ist es, die möglichen Ziele der Energiepolitik, mögliche Synergien und Zielkonflikte wissenschaftlich zu analysieren und zu bewerten. Dazu sind Informationen darüber notwendig, welche Instrumente unter welchen Bedingungen zur Umsetzung der energiepolitischen Zielsetzungen besonders geeignet sind. Gleiches gilt für eine Untersuchung der institutionellen, rechtlichen,

sozialen und kulturellen Faktoren, die kollektiv verbindliche Entscheidungen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene fördern oder behindern. Kommunale Handlungsoptionen, denen eine besondere Bedeutung für die Entwicklung einer Kohlendioxid-armen Infrastruktur sowie für die energetische Sanierung im Baubereich zukommt, sind zu entwickeln.

### 6.1 Forschungsstand

Die Instrumentenforschung ist weitgehend im Bereich der Wirtschaftswissenschaften angesiedelt und beruht auf Modellen zur Analyse der Wirkungen von regulatorischen und ökonomischen Maßnahmen (Anreiz- und Steuerungsinstrumente) zur Beeinflussung des Verhaltens von Energieanbietern und Nachfragern. Allerdings wird dort vielfach von idealen „best world“ und nicht von „real world“ Voraussetzungen ausgegangen. Weniger gut untersucht sind suboptimale Bedingungen und die damit verbundenen „falschen“ Anreize. Ein zweites Forschungsgebiet ist die rechtswissenschaftliche Forschung in Bereichen wie dem Ordnungs-, Subventions-, Vertrags-, Steuer- und Abgabenrecht sowie grundsätzlich dem Verfassungsrecht. Fragen nach den verfassungsrechtlich notwendigen gesetzlichen Grundlagen, nach Verfahren und Rechtsschutz, das Aufzeigen von Optionen und rechtsstaatlichen Grenzen für den Einsatz von Instrumentenkombinationen sowie rechtliche Kriterien für den Ausgleich zwischen Unternehmensautonomie und staatlichen Organisationsvorgaben stehen hier im Zentrum des Interesses. Schließlich sind neuere Ansätze der politikwissenschaftlichen Governance-Forschung zu Fragen der Effektivität, Effizienz und Legitimität in Mehrebenen-Systemen zu nennen. Es fehlt aber eine systematische Untersuchung der energiepolitischen Instrumente und ihrer Umsetzung unter den jeweiligen institutionellen Rahmenbedingungen auf kommunaler, nationaler, internationaler und globaler Ebene. Gleiches gilt für die Frage, welche Mechanismen die Lernfähigkeit und Flexibilität bei veränderter Problemlage fördern (learning organisations). Eine weitere vielversprechende Forschungsrichtung ist die Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen (policy effectiveness evaluation).

### 6.2 Empfehlung für zukünftige Prioritäten

Einen hohen Stellenwert sollte die systematische, praxisbezogene und disziplinübergreifende Ziel-, Instrumenten- und Wirkungsforschung erhalten. Fragen der Technikentwicklung müssen im Zusammenhang mit Fragen nach der Wirkungsweise und Effizienz ökonomischer Instrumente

sowie ihren rechtlichen und institutionellen Rahmenbedingungen gestellt werden. Für die Klimapolitik besonderes relevant ist eine bessere Einschätzung der Wirkungen und Nebenwirkungen von alternativen Steuerungsoptionen (wie cap and trade systems oder Instrumente des Kapitalmarkts) oder neuen Technologien (wie Solarzellen, Clean Coal oder Climate-Engineering). Gerade für global wirksame Maßnahmen wie dem Climate-Engineering gilt es, die politischen und rechtlichen Regimevoraussetzungen zu überprüfen und Governance-Strukturen zu entwickeln, die mit internationalem Recht und ethischen Normen der internationalen Gerechtigkeit im Einklang stehen. Besonderes Augenmerk sollte dabei auf den Abhängigkeiten zwischen Erzeugungstechnologien, Verteilungsinfrastruktur und strategischem Verhalten von Akteuren sowie auf der Legitimität internationaler Regelungen liegen. Erforderlich ist diese Forschung nicht zuletzt für die Bewertung derzeit viel diskutierter Ansätze, die Klimaschutz-Ziele durch technologische Verbesserungen (siehe z. B. Clean Coal Technologies) zu erreichen.

### **Energieversorgung und urbane Infrastruktur: Systemlösungen für Kohlendioxidarme Städte**

Die Hälfte der Weltbevölkerung lebt in Städten, wobei dieser Anteil in den nächsten Jahrzehnten weiter zunehmen wird. So verdoppelt sich beispielsweise die urbane Bevölkerung Asiens bis 2030 von 1,5 Mrd. auf 3 Mrd. Menschen, 70 Prozent der energiebezogenen Treibhausgasemissionen werden dann aus den Städten kommen. Außerdem weist die Urbanisierung ein hohes Pfadabhängigkeitspotential sowie eine enorme Eigendynamik auf. Trotz vielfacher Anstrengung gibt es bis heute noch keine low carbon – Modellstadt. Damit stellt die zunehmende Urbanisierung eine der größten Herausforderungen für den Übergang in ein Kohlendioxid-armes Zeitalter dar.

Gleichzeitig birgt die Urbanisierung aber auch große Chancen (Stichwort: Elektromobilität). Daher ist es angebracht, Visionen und innovative Systemlösungen für eine nachhaltige Stadtinfrastruktur zu entwickeln. Zudem sind Systemlösungen gefragt, um den Urbanisierungsschub in den kommenden zwei Dekaden so klimaverträglich wie möglich zu gestalten.

Die Vision einer Kohlendioxid-armen Stadt (low carbon city) lässt sich allerdings nur verwirklichen, wenn es gelingt, die Bevölkerungskonzentration zu einer Steigerung der Energieeffizienz zu nutzen. Dies kann z. B. durch städtebauliche Vorgaben geschehen, die den Einsatz von Kohlendioxid-armen Energieerzeugungs- und Verteilungs-Verbundstrukturen begünstigen.

Ein besonderes Augenmerk ist auf die jeweiligen Handlungs- und Gestaltungsverantwortlichkeiten von Bund, Ländern und Gemeinden zu legen. Während für Neubauten bereits eine Reihe von energie- und baurechtlichen Vorgaben gelten, besteht für Bestandsbauten noch hoher Nachholbedarf. Neben ordnungsrechtlichen Vorgaben und ökonomischen Anreizinstrumenten kommen städtebauliche Verträge in Betracht, bei welchen die öffentliche Hand mit privaten Investoren zusammenarbeitet und deren Möglichkeiten bislang noch kaum ausgelotet sind.

Ebenso gilt es Stadtstrukturen und den realen (bzw. minimalen) Energiebedarf zu klassifizieren. Dabei stehen insbesondere die ökonomischen, sozialen, rechtlichen, ökologischen, infrastrukturellen, etc. Einflussgrößen auf die Stadtstruktur und damit indirekt auf den nachhaltigen Nutzenergiebedarf im Mittelpunkt. Darüber hinaus ist aber ein generelles Umdenken gefragt: Wie kann die Raumanordnung nachhaltiger Städte aussehen und welche Vorgaben, die eine höhere Energieeffizienz versprechen, sind sinnvoll und politisch umsetzbar? Welchen Beitrag können neue Siedlungsstrukturen zur Verringerung des Energieverbrauchs, der Reduktion von Mobilität und des Treibhausgasausstoßes beitragen?



## **Dekarbonisierung des Transportsektors**

Auf globaler Skala verzeichnet vor allem der Transportsektor ständig wachsende Zuwachsraten. Während für die Stromerzeugung bereits jetzt eine Reihe von Kohlendioxid-freien Alternativen zu fossilen Energieträgern bestehen, gestaltet sich die Reduktion der Emissionsintensität des Transportsektors deutlich schwieriger und kostspieliger. Die Erfahrung zeigt, dass Verkehrsvermeidung und die Verlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsträger das Wachstum des Endenergiebedarfs im Verkehrssektor nur unzureichend abschwächen können. Potentielle Optionen zur Reduktion der Kohlendioxid-Intensität hinsichtlich der Energiebereitstellung sind die Nutzung von Strom oder Wasserstoff als Sekundärenergieträger sowie die verstärkte Nutzung von Biomasse im Verkehr. Damit der Verkehrs- und Transportsektor den erforderlichen Beitrag zur Klimastabilisierung erbringen kann, kommt der Forschung und Entwicklung zur Stimulierung von Innovationen eine entscheidende Bedeutung zu. Im Rahmen eines Schwerpunktprogramms sollte daher die Erforschung erfolgversprechender Technologien, vor allem die Elektrifizierung von Transportmitteln, vorangetrieben werden. Allerdings darf die Forschung nicht bei der Frage der Technologieentwicklung stehen bleiben, sondern es sind zusätzliche Forschungsarbeiten zur langfristig nachhaltigen Gestaltung der Mobilität erforderlich. Darunter fallen integrative Mobilitätskonzepte (Kombination von öffentlichen und privaten Verkehrsmitteln), neue Nutzungsformen privater Verkehrsmittel (Car Sharing), Substitution von privaten und dienstlichen Fahrten durch neue IT-Angebote, eine mobilitätsreduzierende Umgestaltung urbaner (Infra-)Strukturen („energieeffiziente Stadt“), Ausbau der Elektromobilität und vieles andere mehr. Hierbei sind die relevanten Vermeidungsoptionen insbesondere auf unerwünschte Nebenwirkungen und Infrastrukturerfordernisse hin zu untersuchen.

Folgende Schwerpunkte einer integrierten energiepolitischen Instrumentenforschung sind zu verfolgen:

- Untersuchung der Effizienz einzelner Instrumente der direkten Steuerung und der indirekten Anreize und deren Zusammenspiel mit dem energiepolitisch gewünschten Instrumentenmix: Dabei sollen neben den wirtschaftlichen und sozialen auch die juristischen und institutionellen Rahmenbedingungen auf nationaler, europäischer und internationaler Ebene berücksichtigt werden;
- Entwicklung und Bewertung von Regelungen im Bereich zwischen Regulierung und Selbstregulierung;
- Organisatorische, institutionelle und rechtliche Arrangements in internationalen, europäischen und nationalen Mehrebenensystemen sowie Regulierungsverbünden.

Unter Berücksichtigung der notwendigen disziplinären Eigenforschung sollte eine energiepolitische Instrumentenforschung die verschiedenen Ansätze zusammenführen und besonders die Schnittstellen zwischen den Disziplinen fördern. Dazu ist eine disziplinübergreifende Verbundforschung unerlässlich.

## **6.3 Forschungsfragen**

Welche ökonomischen Anreiz-, Förder- und Optimierungsinstrumente sind zur Erreichung der Klimaschutzziele geeignet und wie können sie besser in ein wirksames globales Klimaschutzsystem integriert werden? Welche Anreizsysteme können die Bildung internationaler

Koalitionen zur Vermeidung von „Carbon Leackages“ fördern? Mit welchem Instrumenten- und Institutionen-Portfolio lässt sich die Abhängigkeit von Energieimporten aus unsicheren Gebieten auf möglichst wirtschafts- und sozialverträgliche Weise verringern? Welche Rolle spielt die Gestaltung internationaler Verträge bei der Gewinnung, Lieferung und Durchleitung von Energie und Energierohstoffen für die Gewährleistung der Versorgungssicherheit und eines angemessenen Nutzen- und Risikoverhältnisses zwischen den Akteuren? Werden bei der weiteren Entwicklung von leitungsgebundenen Energiesystemen Kapazitätsmärkte benötigt und wie sollen diese ggf. gestaltet sein? Es zeigt sich beispielsweise, dass ohne Erlöse aus Knappheitsrenten für Kapazitäten kaum ein Energiespeicherprojekt finanzierbar ist. Wie lässt sich die private Unternehmensorganisation so ausgestalten, dass externe Effekte internalisiert und die übergreifenden energiepolitischen Ziele auch effizient erreicht werden? Mit welchen spezifischen Anreizen können wichtige Entwicklungs- und Schwellenländer und die Staaten der OPEC in ein Klimaabkommen eingebunden werden?

#### **Effektive und faire Anreizsysteme zur Bildung internationaler Koalitionen bei gleichzeitiger Vermeidung von „Trittbrettfahrern“**

Die Klimapolitik ist auf eine freiwillige Beteiligung der 193 souveränen Staaten angewiesen. Dazu muss ein Anreizsystem geschaffen werden, das zu einer möglichst effektiven Unterstützung der Klimapolitik führt. Idealerweise sollten die entsprechenden Anreize zu einer Kooperation aller Staaten führen, denn sobald die Klimakoalition nur einen Teil der Staaten umfasst, steht zu erwarten, dass es zu einer Verlagerung von Kohlendioxid Emissionsquellen kommt (*carbon leakage*). Einige Studien zeigen zwar, dass Teilkoalitionen durchaus einen wesentlichen Teil der notwendigen Emissionsminderungen erreichen können. Andere Studien kommen hingegen zu dem Schluss, dass allein die Annahme strategischen Verhaltens der Ressourcenanbieter ausreicht, um sämtliche von der Koalition eingesparten Emissionen zu kompensieren. Soll eine Beteiligung aller Staaten an einem Klimaabkommen erreicht werden, so müssen insbesondere auch wirksame Anreize für die OPEC-Staaten und die Entwicklungsländer gefunden werden, sich der Koalition anzuschließen.

Dieser Forschungsschwerpunkt zielt deshalb auf das Wechselspiel von (unvollständiger) Kooperation und „Trittbrettfahren“ ab. Unter „Trittbrettfahrern“ sind Länder zu verstehen, die sich nicht der Koalition anschließen und dadurch ihren Gewinn steigern können, wenn sie beispielsweise weiterhin auf preiswerte Kohle setzen, während andere Länder innerhalb der Koalition die Nutzung von Kohle (etwa durch Kohlendioxid Zertifikate) verteuern oder anstelle fossiler Energieträger aufwändigere Substitute (wie regenerative Energiequellen) einsetzen. Im Endeffekt führt dies zu gleichen oder sogar höheren Kohlendioxid-Emissionen als die ursprüngliche Lösung ohne Koalition. Wichtige Forschungsfragen sind: Mit welchen spezifischen Anreizen können insbesondere „unwahrscheinliche“ Kandidaten wie wichtige Entwicklungs- und Schwellenländer (China, Indien, Brasilien) und die Staaten der OPEC in ein Klimaabkommen eingebunden werden? Welchen Beitrag zur Kooperation können Instrumente leisten, die beim internationalen Handel ansetzen, um carbon leakage weniger attraktiv zu machen (border tax adjustments, Zölle)? Welche Rolle spielt das strategische Verhalten der Ressourcenanbieter für Kooperation?

### **Vor- und Nachteile von Preis- und Mengensteuerung der Emissionen unter Bedingungen der Unsicherheit und multipler externer Effekte**

Die Wirkungen von Preis- und Mengeninstrumenten wurde bisher hauptsächlich in Bezug auf Unsicherheiten über soziale Kosten (d. h. technologische Vermeidungskosten) und sozialen Nutzen (vermiedene Klimaschäden) untersucht. Wenig untersucht ist dagegen, inwieweit Mengen- oder Preisinstrumente aufgrund unterschiedlicher Preisdynamik und der damit verbundenen Unsicherheit das Investitions- und Innovationsverhalten privater Akteure beeinflussen.

Dabei stellen sich beispielsweise die Fragen, inwiefern zum einen Preis- und Mengeninstrumente (selbst ohne Unsicherheiten) unterschiedliches strategisches Verhalten auslösen (grünes Paradoxon) und zum anderen, ob ein Marktversagen, das mit der Kohlenstoffbepreisung zusammenhängt, durch diese Instrumente behoben, verringert oder aber vergrößert werden. So können beispielsweise Kohlenstoffpreise, die über dem Niveau der internalisierten externen Kosten liegen, Investitionen in erneuerbare Technologien begünstigen, die aufgrund von Lernkurven und Spillover-Effekten chronisch unterfinanziert sind. Weitere Fragen sind: Welche Konsequenzen hat die Instrumentenwahl für die Preisgestaltung bei Energie- und Ressourcenmärkten, die nicht dem Wettbewerb unterliegen? Inwiefern kann ein zeitlich flexibles Mengeninstrument die erhoffte Wirkung unter den Bedingungen unvollkommener und verzerrter Kapitalmärkte erzielen?

### **Erwartungsstabilisierung und Investitionsanreize durch Klimapolitik**

Der Übergang von einer kohlenstoffintensiven zu einer kohlenstoffarmen Wirtschaft dauert Jahrzehnte. Die Entwicklung neuer Technologien sowie deren Verbreitung erfordern daher langfristig orientierte und zumeist irreversible Investitionen. Für private Investoren sind diese allerdings mit erheblichen Risiken verbunden: Weder ist von vornherein klar, welche Technologien sich auf dem Markt erfolgreich behaupten können, noch wie die Märkte in einigen Jahrzehnten überhaupt aussehen werden. Unsicher ist auch, wie hoch der Preis für Emissionen sein wird. Dieser Preis wird zum einen über die Technologien bestimmt, die zu diesem Zeitpunkt verfügbar sind (technologische Unsicherheit) und zum anderen durch das politisch formulierte Vermeidungsziel (regulatorische Unsicherheit). Dabei macht es einen zusätzlichen Unterschied, ob die Vermeidungsziele durch absolute Mengenbeschränkungen oder durch Instrumente wie „cap and trade“-Systeme bzw. Kohlendioxid-Steuern erreicht werden sollen.

Projekte in diesem Forschungsschwerpunkt sollen deshalb klären, welche politischen Rahmenbedingungen (Instrumente wie Institutionen) eine langfristige Stabilisierung der Erwartungen über die Auswirkungen und Ausprägungen der Klimapolitik erreichen können, um so Investitionen in langfristige Klimaschutzoptionen zu stimulieren. Sind beispielsweise Höchstpreise für Emissionszertifikate geeignet, um Investoren vor einem explodierenden Kohlendioxid-Preis zu schützen? Sind auf der anderen Seite entsprechende Mindestpreise ein probates Mittel, um die Rentabilität von emissionsvermeidenden Investitionen zu garantieren? Wenn ja, stellt sich für beide Preisgrenzen die Frage nach der Bestimmung ihrer optimalen Höhe. Des Weiteren müssen die Instrumente aufgrund ihrer Langzeit-Dynamik auf ihre Zeitkonsistenz hin überprüft werden, da diese einen erheblichen Einfluss auf die Verringerung regulatorischer Unsicherheiten ausüben kann.



## 7 Wechselwirkungen und Dynamik in der Entwicklung von Energieoptionen verstehen.

Wenn man verschiedene Optionen zur Bereitstellung und Nutzung von Energie kombiniert, entstehen Szenarien, die im Idealfall sowohl die technische Machbarkeit wie die gesellschaftliche Wünschbarkeit widerspiegeln. Diese Szenarien sind in Beziehung zu wirtschaftlichen, sozialen und ökologischen Wandlungsprozessen zu setzen. Diese wiederum müssen systematisch erfasst und im Zeitablauf auf der Basis unterschiedlicher Annahmen modelliert werden. Insofern reicht ein einziges Energieszenario nicht aus, sondern es müssen eine Reihe von Szenarien parallel entwickelt werden, denen jeweils unterschiedliche Annahmen und politischen Präferenzen zugrunde liegen.



© Thorben Wengert / PIXELIO

Meist wird bei Energieszenarien von kontinuierlichen Kontextbedingungen ausgegangen. Für die Energiepolitik ist es aber ebenso bedeutsam zu erfahren, welche Kombinationen von Techniken zu keiner befriedigenden Lösung führen, welche mit hoher Wahrscheinlichkeit Krisen auslösen können und wie Energiesysteme ihrerseits auf Krisen in anderen Bereichen reagieren. Erst wenn auch der Einfluss von Entwicklungsbrüchen untersucht wird – sowohl in den technischen, als auch in den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Prozessen – können intendierte und nicht-intendierte Nebenwirkungen von Energietechnologien und energiepolitischen Maßnahmen genauer erfasst und gegebenenfalls Gegenmaßnahmen eingeleitet werden. Daneben ist energiepolitisch auch die Entwicklung von so genannten „second best“ Szenarien erforderlich. Darunter sind diejenigen Szenarien zu verstehen, die unter angenommenen Bedingungen gewählt würden, wenn – aus welchen Gründen auch immer – die „first best“ Szenarien nicht umgesetzt werden können. Was wäre zum Beispiel energiepolitisch zu tun, wenn es zu keinem für alle Länder verbindlichen Klimaabkommen kommen würde? Gerade dieser Frage nachzugehen und dabei die dann noch verbliebenen Handlungsmöglichkeiten mit ihren wirtschaftlichen und ökologischen Implikationen systematisch zu erfassen, wäre eine vorrangige Aufgabe der Szenarienforschung.

### 7.1 Forschungsstand

Die deutsche Energiesystemforschung hat in den zurückliegenden Jahren einen im internationalen Vergleich qualitativ hohen Stand erreicht. Verbleibende methodische Herausforderungen bestehen in der adäquaten Behandlung und Einbeziehung von hoch komplexen und unsicheren Wirkungsketten. Die zur deren Erfassung benutzten Modelle sind häufig zu grob und teilweise inkonsistent. Oft bilden sie auch die sozialen und psychologischen Einflussfaktoren nicht adäquat ab. In sogenannten integrierten Modellen werden zwar Verhaltensweisen von Individuen und Organisationen mit einbezogen, die dazu verwendeten Algorithmen sind empirisch allerdings noch wenig überprüft und gehen von sehr vereinfachten Annahmen aus. Oft bleiben dabei Aspekte wie die Einflussmöglichkeit der Akteure (Agency), die Machtstrukturen und die institutionellen Rahmenbedingungen für individuelles Handeln unterbelichtet. Ebenso hat die historische Betrachtung von längerfristigen Entwicklungen und Entwicklungsbrüchen noch wenig Niederschlag

in den Energieszenarien gefunden. Diese Themen näher zu erforschen und sie für die Energieplanung und Szenarienentwicklung aufzubereiten, wäre eine der wesentlichen Forschungsaufgaben in diesem Untersuchungsfeld.

## **7.2 Empfehlung für zukünftige Prioritäten**

Vor allem soll daran gearbeitet werden, die den Szenarien zugrunde liegenden kausalen oder funktionalen Zusammenhänge so weit wie möglich empirisch zu verifizieren und die häufig nicht-linearen Wechselbeziehungen angemessen zu modellieren. Schwerpunkte sollten dabei auf folgende Aspekte gelegt werden:

- Das Verhalten von Marktteilnehmern und dessen Abhängigkeit von unterschiedlichen Marktstrukturen muss systematisch erforscht und in die Szenarien integriert werden.
- Möglichkeiten und Grenzen des technischen Fortschritts und der darauf aufbauenden Energieinnovationen (in Bereitstellung, Transport und Nutzung) sollten bei der Erforschung der Energiezukünfte intensiver beachtet werden.
- Zeitliche und räumliche Interaktionen zwischen der Dynamik von Energiesystemen und politischen, rechtlichen, wirtschaftlichen, sozialen und internationalen Entwicklungen müssen besser untersucht werden. Gleiches gilt für die Erforschung der Relationen zwischen normativen Zukunftserwartungen (z. B. zur nachhaltigen Entwicklung) und der Energiesystemdynamik.
- Sprunghafte und krisenhafte Entwicklungen müssen als Möglichkeiten mit in die Zukunftsplanung einbezogen werden und sollten daher in die Modellierung und Szenarienentwicklung einfließen. Vor allem in den Krisenplänen und im Rahmen der Katastrophenvorsorge sind Modellierungen von Systemeintritten bis hin zu Zusammenbrüchen unabdingbar.
- Die Entwicklung von „second best“ Szenarien sollte künftig stärker im Vordergrund stehen.
- Die methodischen Grundlagen zur Überprüfung und Beurteilung der Konsistenz von Energieszenarien sollten weiterentwickelt werden.

Auf dem Weg zu objektivierbaren Energieszenarien wird empfohlen, numerische und qualitative Modellierungsmethoden aus verschiedenen Disziplinen auf ihre Tauglichkeit zu prüfen, zusammenzuführen und daraus neue Verfahren zur Analyse komplexer Sachverhalte zu entwickeln. Dazu gehören stochastische Modellierungen, die zeitlich hochauflösende Energiesystemmodellierung, die detailliertere Erfassung von Energietransportnetzen und Energieverteilnetzen, die evolutorische Modellierung von Veränderungsprozessen und eine intelligente Kombination von Modellen aus unterschiedlichen Disziplinen und Denkschulen. Durch methodische Metastudien sollte angestrebt werden, Ergebnisvarianzen von unterschiedlichen Energiesystemstudien besser zu verstehen.

## **7.3 Forschungsfragen**

Welche Auswirkungen auf die technische Entwicklung, auf die natürliche Umwelt, auf die Wirtschaft und auf die Gesellschaft sind möglich oder wahrscheinlich, wenn bestimmte energiepolitische Maßnahmen oder technische Problemlösungen bis hin zu langfristigen Energiestrategien in Betracht gezogen werden? Wie kann das Verhalten der relevanten Akteure in Systemmodellen besser abgebildet werden? Wie können die in den allgemeinen Systemwissenschaften bereitgestellten Instrumente zur Modellierung komplexer, stochastischer

und nichtlinearer Vorgänge in der Energiesystemforschung effektiver genutzt werden? Unter welchen Umständen sind krisenhafte Zuspitzungen zu erwarten? Wie können flexible Strategien entworfen werden, die je nach zukünftiger Entwicklung problemgerecht und differenziert implementiert werden? Wie können die Ergebnisvarianzen unterschiedlicher Modellansätze erklärt werden und welche Schlussfolgerungen sind daraus zu ziehen? Wie können Strukturen, Parameter und Wirkungsmechanismen von komplexen Energiesystemmodellen gegenüber den „Kunden“ der Systemstudien besser kommuniziert werden?

### **Stabilisierung der Treibhausgaskonzentration auf niedrigem Niveau**

Aus naturwissenschaftlicher Sicht ist eine Stabilisierung der atmosphärischen Treibhausgaskonzentration auf 450 ppm Kohlendioxid Äquivalente oder sogar noch darunter („low stabilisation“) notwendig, um das Risiko gefährlicher, großskaliger Veränderungen im Klimasystem deutlich zu reduzieren. Dies kann nur durch eine massive Emissionsreduktion in der ersten Hälfte dieses Jahrhunderts erreicht werden und erfordert vermutlich negative Nettoemissionen in der zweiten Hälfte. Großen Forschungsbedarf gibt es dabei über die Struktur des notwendigen Transformationsprozesses, vor allem im Energie- und Transportsektor sowie der Landnutzung. In diesem Forschungsschwerpunkt sollten daher Projekte zur Erforschung von Technologien, Instrumenten und Szenarien gefördert werden, die zu einer emissionsfreien Ökonomie beitragen. Darunter fallen ebenso Projekte die zur Erreichung negativer Nettoemissionen führen, z. B. durch Bioenergie kombiniert mit CCS-Technologie oder neuere Ideen wie Carbon Management mit Bio-Kohle („bio-char“). Da einige dieser Technologien möglicherweise gravierende unerwünschte Nebenwirkungen mit sich bringen, sollten alle technischen und organisatorischen Lösungen einer umfassenden Lebens-Zyklus-Analyse (LCA) bzw. einer integrativen „Impact-Analysis“ unterzogen werden.

### **Bioenergie und Landnutzung: Wichtige Forschungsfelder**

Bioenergie kann einen Beitrag zum Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung leisten, allerdings nur, wenn nachhaltige Pfade der Bioenergienutzung gewählt und die Spannungsfelder zwischen Bioenergieversorgung und Ernährungssicherung ausgeglichen werden. Der Wissenschaftliche Beirat der Bundesregierung Globale Umweltveränderungen (WBGU) hat sechs zentrale Forschungslücken zur Bioenergienutzung identifiziert:

1. Verbesserung der wissenschaftlichen Grundlagen zur globalen Landnutzung: Um die wissenschaftlichen Grundlagen für den Aufbau eines globalen GIS-gestützten Landkatasters zu schaffen, muss der Zustand der globalen Landnutzung, Landbedeckung und des Bodens sowie die Dynamik globaler Landnutzungsänderungen genauer als bisher beobachtet und bewertet werden. Dazu sind u. a. die Erhebung von hochaufgelösten Daten über Vegetationsbedeckung, Wasserhaushalt und Bodenzustand, landwirtschaftliche Nutzung und Bodenversiegelung in den einzelnen Weltregionen erforderlich. Neben der Erarbeitung einheitlicher Indikatorensysteme ist für die Beobachtung und Erfassung dieser Dynamiken auch die Entwicklung von Methoden zur vergleichenden Interpretation der gewonnenen Daten erforderlich.
2. Bestimmung genauerer Treibhausgasbilanzen verschiedener Nutzungspfade der Bioenergie: Die Treibhausgasbilanz ist die entscheidende Größe, die über den klimapolitischen Nutzen (oder in manchen Fällen Schaden) einer bestimmten Bioenergienutzung entscheidet. Sie lässt sich bislang

nur ungenau bestimmen, z. B. was indirekte Wirkungen wie die Verdrängung bisheriger Landnutzung auf andere Flächen betrifft.

**3.** Bestimmung des Potenzials, der Treibhausgasbilanzen und der wirtschaftlichen Nutzungspfade für die Verwertung von Reststoffen. Reststoffe u. a. aus Land- und Forstwirtschaft stellen ein noch kaum genutztes Potenzial zur Energieerzeugung dar, dessen künftige Nutzungsmöglichkeiten erforscht werden sollten.

**4.** Analyse der Rolle der Bioenergie in einem Energiesystem der Zukunft (national, regional, weltweit): Die strategische Bedeutung und Einbindung von Bioenergie in die jeweiligen Energiesysteme (z. B. als Regelenergie) sollte näher untersucht werden. Dies ist mit entscheidend für die Wahl der bevorzugten Nutzungspfade, z. B. über den Einsatz von Biomethan.

**5.** Klärung der Zusammenhänge zwischen Ernährungssicherung und Bioenergie: Die komplexen lokalen, nationalen und globalen Wirkungsketten zwischen Bioenergienutzung und Ernährungssicherung sollten einerseits aus sozioökonomischer Perspektive dringend erforscht werden. Andererseits sollten geopolitische Aspekte berücksichtigt werden: Könnte das „Primat der Sicherung der Energieversorgung“ der westlichen Welt und anderer mächtiger politischer Akteure in einem Weltenergiesystem, in dem Bioenergie eine wesentliche Komponente darstellt, dazu führen, Ernährungsprobleme in armen und politisch wenig einflussreichen Ländern zu verschärfen? Wie ließen sich solche Szenarien durch internationale Kooperationsvereinbarungen verhindern?

**6.** Analyse von internationalen Landnutzungskonkurrenzen und Entwicklung von Elementen eines globalen Landnutzungsmanagementsystems: Land wird in den kommenden Dekaden aufgrund unterschiedlicher Faktoren (Bevölkerungswachstum, Veränderung von Ernährungsmustern, Nutzung von Biomasse zur Energieerzeugung, Wirkungen des Klimawandels) weltweit zu einem knappen Gut. Daher werden Nutzungskonkurrenz, Nachhaltigkeit, Risiken, juristische Fragen, etc. bzgl. der Landnutzung eine wichtige Rolle spielen. Damit wird Landnutzung zu einem Gegenstand von Global Governance. Die Forschung sollte Interessenstrukturen im Bereich der weltweiten Landnutzung untersuchen und Beiträge zum Aufbau eines wirksamen globalen Regelwerkes zum Management von Landressourcen und zur Vermeidung von Landnutzungskonflikten leisten.



## 8 Risiken und Nebenwirkungen der eingesetzten Maßnahmen im Voraus bedenken



© Gerd Altmann / PIXELIO

Energiepolitik ist global und wirkmächtig über große Räume und 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 der Steuerungsmaßnahmen (etwa

internationale Klimaschutzmaßnahmen) im Voraus abgeschätzt und bewertet werden können. Dabei gilt zu beachten, dass Risiken die allgemein bekannt sind und für die Vorkehrungen getroffen wurden, sich weniger dramatisch auswirken können als Risiken, die nur von wenigen antizipiert oder gar öffentlich verdrängt wurden (Kassandra-Symptom). Institutionenökonomische Modelle könnten hier Hinweise zur Überwindung oder Relativierung derartiger Probleme leisten.

### 8.1 Forschungsstand

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

Der Risiko-Diskurs ist durch zwei konkurrierende Paradigmen geprägt. Das erste Paradigma kann als das (versicherungs-) mathematische Paradigma bezeichnet werden und das zweite als kulturbestimmtes Paradigma. Das versicherungsmathematische Paradigma geht von einer Objektivierbarkeit der Risiken aus, sowohl hinsichtlich statistisch ermittelter relativer Häufigkeiten oder Eintrittswahrscheinlichkeiten wie auch hinsichtlich der zu erwartenden Schadensausmaße. Risikominimierung bedeutet im Regelfall, das Produkt aus Wahrscheinlichkeit und Schadensmaß möglichst klein zu halten. Das kulturbestimmte Paradigma besteht in der sozialen und kulturellen Erfahrbarkeit von Gefährdungslagen, in denen Risiken erst durch mentale Zuschreibungsprozesse als solche wahrgenommen werden. Demnach existiert kein objektives Risiko und die Frage der Akzeptanz entscheidet sich in kulturellen Diskursen. Beide Paradigmen weisen gravierende Defizite auf. So fallen in den Aggregaten der versicherungsmathematischen Risikobeurteilung die deontologischen Bewertungsaspekte unter den Tisch. Die politische Philosophie der Gegenwart ist überwiegend deontologisch geprägt, weshalb von daher das Forschungsdesiderat besteht, die deontologischen Aspekte in die Risikobewertung zu integrieren. Damit könnten Einwände aus dem Umkreis des kulturbestimmten Paradigmas Rechnung getragen werden und die

Unversöhnlichkeit der beiden Hauptparadigmen überwunden werden. Gleichzeitig sind kulturbestimmte Risiken von Traditionen, Assoziationen und symbolischen Zuschreibungen beeinflusst die einer naturwissenschaftlich-technischen Nachprüfung häufig nicht standhalten und damit den Grad der Gefährdung nur ungenau wiedergeben.

## **8.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten**

Es gilt, 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 der Chancen und Risiken der diskutierten Handlungsoptionen unterstützt werden. Dazu sollten auch die Methoden der Energiesystemmodellierung weiter entwickelt werden, so dass sie die für die Integration neuer Energietechniken strukturellen Systemanpassungen ebenso erfassen wie Unsicherheiten. Ziel ist es, Chancen, Risiken und Nebenwirkungen quantitativ zu beziffern und damit einer Bewertung zugänglich zu machen zu.

Weiterhin sind für die Bewertung von Maßnahmen und Technologien die Implikationen des Energierechtes 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. Die Erforschung von bestehenden Risk Governance Strukturen und die Ausbildung international wirksamer und kollektiv verbindlicher Risk Governance Standards sind ebenfalls wichtige Forschungsthemen in diesem Zusammenhang.

## **8.3 Forschungsfragen**

Welche Auswirkungen haben energiepolitische Entscheidungen auf andere Politikfelder? Wie wirken sie sich im internationalen Umfeld aus? Mit welchen Risiken und mit welchen Chancen für welche sozialen Gruppen sind unterschiedliche Energieoptionen verbunden? Wie lassen sich vorhersehbare Risiken im Voraus durch Modifikation der Technologien oder durch Änderung der energiepolitischen Maßnahmen verringern? Wie lassen sich Technologien und energiepolitische Maßnahmen so ausgestalten, dass unvorhersehbare Risiken aufgefangen und sich plötzlich ergebende Chancen genutzt werden? Wie können die Kompetenzen und Kapazitäten für eine umfassende und vorausschauende Politikberatung in diesem Feld verstärkt werden?

### **Instrumente zur Förderung und Risikoabsicherung von Klimaschutzoptionen**

Die Unsicherheit über die Kosten und langfristigen Folgen eines großskaligen Einsatzes neuer Technologien stellt ein Risiko dar, das bislang gegenüber der Verringerung der regulatorischen Unsicherheit zu wenig von der Wissenschaft beachtet wurde. Dieses Risiko ist zudem nicht durch politische Minderungsziele beeinflussbar. Deshalb sollte untersucht werden, ob und in welchem Ausmaß das ökonomische Risiko von neuen Energietechnologien durch private Institutionen auf dem Kapitalmarkt (wie z. B. Rating-Agenturen oder Versicherungen) abgedeckt werden kann oder ob zusätzliche öffentliche Mittel wie z. B. zinsgünstige Kredite oder Subventionen notwendig sind, um einem möglichen Kapitalmarktversagen entgegenzuwirken.

Zum Beispiel wäre im Hinblick auf einen großskaligen Einsatz von CCS ab dem Jahre 2020 vorab wissenschaftlich zu prüfen, ob Instrumente des Kapitalmarktes zu einer kosteneffektiven und zugleich risikominimalen Lagerung von Kohlendioxid beitragen können. Dieser Forschungsschwerpunkt richtet sich daher explizit an Projekte an der Schnittstelle zwischen volks- und betriebswirtschaftlichen Überlegungen in Kombination mit naturwissenschaftlichen Erkenntnissen über Risiken und Folgeproblemen (etwa der Nachweis von Dichtigkeit bzw. Leckagen).

## **Sozialverträglichkeit von Energiequellen**

Risiken und Chancen der verschiedenen Energiequellen werden von den Bürgern unterschiedlich beurteilt, wie die Diskussionen um Kernkraftwerke, Abfall-zu-Energie-Anlagen, CCS Versuchsspeicher und neuerdings auch Wasserkraftspeicher und Windräder gezeigt haben. Nicht nur die Kosten gehen als Kriterium in die Beurteilung der betroffenen Bürgerinnen und Bürger ein, sondern auch die wahrgenommene Kontrollierbarkeit, das Katastrophenpotenzial, die Versorgungssicherheit, die Abhängigkeit von anderen Ländern, die Umwelt- und speziell die Klimafreundlichkeit sowie die zu erwartenden Folgen für künftige Generationen. Die öffentliche Meinungsbildung in demokratisch verfassten Gesellschaften hat immer auch Rückwirkungen auf politische Entscheidungen über die Energieversorgung. Somit liegt in divergierenden Beurteilungen von Risiken und Chancen ein erhebliches soziales Konfliktpotenzial. Zwar sind Konflikte in einer offenen Gesellschaft notwendige Bestandteile einer lebendigen politischen Kultur, aber es müssen ebenso legitime Verfahren existieren, um mit diesen Konflikten konstruktiv umgehen zu können.

Die sozialwissenschaftliche Forschung hat in dieser Frage zwei wesentliche Aufgaben: Zum einen gilt es genau zu diagnostizieren, welche Einstellungen, Vorstellungen, Bewertungen und Präferenzen in der Bevölkerung vorliegen und wie diese zustande kommen. Zum anderen können Sozialwissenschaftler Verfahren entwickeln und testen, mit deren Hilfe Konflikte konstruktiv ausgetragen werden können und auch bei pluralen Ausgangspunkten ein kollektiv legitimierter und von allen getragener Entscheidungsfindungsprozess gestaltet werden kann.

Für die Diagnose der Beurteilung sind folgende Forschungsfragen bedeutsam: Welche Faktoren besitzen welches Gewicht bei der Beurteilung der verschiedenen Energiequellen? Welche Veränderungen in der Beurteilung lassen sich beobachten? In welcher Weise unterscheiden sich die Wertvorstellungen in Deutschland von denjenigen in den europäischen Nachbarstaaten? Speziell für die Ausgestaltung von Konfliktaustragungen sind folgende Fragen von Belang: Wie lassen sich politisch tragfähige Lösungen durch diskursive Verfahren entwickeln? Welche Strategien der Kommunikation sind geeignet, um soziale Konflikte zu entschärfen? Welche Methoden sind besonders geeignet, um Konfliktlinien aufzuzeigen und offen zu bearbeiten?

## 9 Das Zusammenspiel von Staat, Markt und Zivilgesellschaft verstehen



© Carlo Schrott / PIXELIO

Energiemärkte, ihre Dynamik und ihr Zusammenspiel mit anderen Märkten sowie mit staatlichen und zivilgesellschaftlichen Kräften, sind bislang noch wenig verstanden. Der Energiemarkt steht mit vielen anderen Märkten in direkter Beziehung und die verschiedenen Energiesysteme wirken auf die öffentlichen Güter Klima und Umwelt in unterschiedlicher Weise ein. Daher müssen sowohl die Wechselwirkungen zwischen privaten und staatlichen Akteuren innerhalb der Energiemärkte, als auch die Zusammenhänge zwischen den Energie- und anderen Märkten in die Überlegungen mit einbezogen werden. Des Weiteren gilt es, die Re-Kommunalisierung bzw. die Re-Verstaatlichung oder Re-Nationalisierung im Energiebereich als Teil eines globalen Trends, der jenseits der ideologischen Planwirtschaft-Marktwirtschaft-Debatte stattfindet, zu analysieren. Zu fragen ist, wie auf dieser Basis tragfähige institutionelle, strukturelle und prozessuale Lösungen entwickelt werden können, welche die Ziele Versorgungssicherheit, Umwelt- und Klimaverträglichkeit sowie Sozialverträglichkeit bestmöglich vereinbaren.

### 9.1 Forschungsstand

Bislang liegen die Forschungsschwerpunkte auf:

- Wirtschaftlichkeitsszenarien: Diese wurden bisher vor allem auf die einzelnen Energieformen bezogen. Ein ergebnisoffener Vergleich von Energieszenarien ist dagegen selten und auch eine Untersuchung des Zusammenwirkens verschiedener Szenarien steht noch aus;
- dem Umgang mit den Gemeingütern Klima und Umwelt, sowie den Kernelementen des Weltklimaschutzsystems: Diese wurden bereits eingehend untersucht. Wenig beleuchtet bleibt dabei aber die Frage nach der Wirksamkeit von internationalen und integrativen Governance Modellen. Es fehlen verbindliche völkerrechtliche Regelungen, bzw. diese sind nicht eindeutig oder sie wurden bisher nicht umgesetzt. Die Modelle der Governance-Forschung müssten stärker mit den rechtswissenschaftlichen Ansätzen verknüpft werden;
- einem kulturellen Verständnis von Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung, zusammen mit der ethischen Bewertung im Hinblick auf nachhaltige Entwicklung: Umwelt- und entwicklungsethische Analysen sind bislang noch zu wenig mit dem Thema Energie in Verbindung gebracht worden;
- den Implikationen des Energierechts, das in Deutschland als eigenständiges Forschungsgebiet etabliert ist: Notwendig ist hier ein internationaler Rechtsvergleich.

### 9.2 Empfehlungen für zukünftige Prioritäten

Vordringlich müssen die Wechselwirkungen zwischen Markt, Staat und Zivilgesellschaft erforscht werden. Dabei geht es um einen interdisziplinären Ansatz, bei dem Fragen der Effizienz von Institutionen mit Aspekten der politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen sowie mit

Wirkungsanalysen der Interaktionen der zentralen Akteure auf Markt und Regulation vernetzt werden müssen. Dieses Zusammenspiel von institutionellen Regelungen und politisch wirksamen Handlungen muss einerseits besser verstanden, andererseits aber auch auf weitere Optimierungsmöglichkeiten hin untersucht werden. Es gilt, institutionelle Arrangements und Regulierungen so auszugestalten, dass die sich zum Teil widersprechenden Ziele der Versorgungssicherheit, der Umwelt- und Klimaverträglichkeit und der Sozialverträglichkeit im Sinne einer nachhaltigen Entwicklung bestmöglich erreicht werden können. Analyse wie Optimierung sind auf Ergebnisse aus der ökonomischen, rechtlichen und sozialwissenschaftlichen Forschung angewiesen. Bei den Optimierungsfragen ist es zudem dringend geboten, ethische Aspekte stärker mit zu berücksichtigen. Sinnvoll wäre es z. B., ethische Kriterien speziell auf das Feld Energie anzuwenden und entsprechend handlungswirksam zu verfeinern.

### **9.3 Forschungsfragen**

Wie können die Wechselbeziehungen zwischen Markt, Staat und Zivilgesellschaft in der Energieversorgung national und international besser verstanden und modelliert werden und welche dynamischen Entwicklungen sind in diesem Zusammenspiel für die Zukunft zu erwarten? Wie lassen sich aus dieser Erkenntnis heraus kollektiv verbindliche Regeln und staatliche Rahmenbedingungen verändern oder neu gestalten, damit sie das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung effizient und sozial ausgewogen ermöglichen?

#### **Internationalisierung des Energierechts**

Bei der Erschließung und Gewinnung von Energierohstoffen und der Errichtung bzw. dem Betrieb von Fernleitungen kooperieren transnationale Unternehmen unter deutscher Leitung mit ausländischen Partnern in Form von staatlichen Institutionen sowie privaten Unternehmen. Eine derartige grenzüberschreitende Kooperation wirft eine Reihe völkerrechtlicher und international-privatrechtlicher Fragen und Probleme auf, die einer systematischen rechtswissenschaftlichen Forschung bedürfen: Die Rechtsnatur der Kooperationsbeziehungen, das auf sie anwendbare Recht und der Umfang der Wahlfreiheit der Rechtsformen sind oft nicht eindeutig vorgegeben und müssen durch die Akteure jeweils neu bestimmt werden.

Wie können nun die vertraglichen und gesellschaftsrechtlichen Regime dazu beitragen, die Sicherheit der Versorgung zu gewährleisten und für eine angemessene Nutzen- und Risikoverteilung zwischen den Akteuren sorgen? Existieren Grenzen für Interventionen der Gast- und Durchleitungsstaaten im Spannungsverhältnis zwischen Privatautonomie von Unternehmen und staatlicher Souveränität? Was bewirken steuerliche Interventionen und wieweit reicht der Investitions- und Transaktionsschutz? Wie ist der für die Erreichung der Klimaziele notwendige Instrumentenmix verwaltungs- und europarechtlich auszugestalten? Wie erfolgt eine sinnvolle Einbindung der Akteure in die transnationalen Regelungen?

## 10 Ausblick

Eine anwendungsorientierte, interdisziplinäre und integrierte Energieforschung leistet unverzichtbare Beiträge für die Ausgestaltung einer wirksamen, effizienten sowie umwelt- und sozialverträglichen Energiepolitik. Die größten Herausforderungen liegen dabei in der Ziel-, Steuerungs- und Instrumentenforschung unter regulatorischer Unsicherheit und Risiko, in der Entwicklung und Diffusion von technischen und sozialen Innovationen für den Übergang in ein nachfossiles Zeitalter sowie der rechtlichen, politischen und sozialen Umsetzung von nachhaltigen Energiestrategien in einer pluralen, von Interessengegensätzen geprägten Weltgemeinschaft.

Die bisherige Energieforschung hatte die Frage des Energieangebots wesentlich stärker im Visier als die Variablen, welche die Bereitstellung, die Verteilung und die Nutzung von Energie bestimmen. Diese Schieflage sollte möglichst bald korrigiert werden. Dabei geht es weniger um zusätzliche Themen die bearbeitet werden müssen, als vielmehr um die notwendige Integration von Angebots- und Nachfrageforschung im Kontext von Politik, Wirtschaft und Kultur. Zu dieser Integration könne die vielfältigen Ansätze in der Nutzungs-, Konsum- und Kontextforschung einen wesentlichen Beitrag leisten. Die Kulturwissenschaften sind in der Energieforschung kein schmückendes Beiwerk, zuständig für die After-Dinner-Speech, sondern ein integraler Bestandteil einer systemisch integrierten Forschungslandschaft, die für Politik und Gesellschaft die notwendigen Wissensgrundlagen bereitstellt, um im Sinne der Nachhaltigkeit wirtschaftlich vertretbare, ökologisch verträgliche und sozial angepasste Energiestrategien zu entwickeln.

Die Suche nach Wegen für die sichere Energieversorgung von morgen ist eine existenzielle Frage der Gesellschaft, die nach den Ereignissen in Japan noch dringender geworden ist. Ihre erfolgreiche Bearbeitung bedingt vor allem ausreichende Ressourcen für Energieforschung, eine wesentlich intensivere Kooperation der Ingenieur-, Natur-, Geistes- und Sozialwissenschaften sowie eine effektivere und konsistentere Steuerung durch die privaten und öffentlichen Entscheidungsträger. Denn eines ist klar: Die großen Herausforderungen im Bereich der Energieforschung und Energiepolitik lassen sich nur in einer gemeinsamen Anstrengung aller wichtigen Kräfte in Forschung, Wirtschaft, Politik und Zivilgesellschaft bewältigen.





## 11 Stichwortverzeichnis

Abhängigkeit von Energieimporten, 24  
Akzeptanz, 6, 17, 18  
Allmende Dilemma, 6  
Änderungen der individuellen und organisatorischen Verhaltensweisen, 5  
Anreizsystem, 24  
Arrangements der Wissensgenerierung, 14  
Bewertungsmaßstäbe, 9  
bio-char, 29  
cap and trade, 6, 22, 25  
Car Sharing, 23  
CCS, 11, 12, 14, 29, 33, 34  
Deliberative Verfahren, 15  
Diffusion, 7, 13, 14  
disziplinübergreifende Verbundforschung, 23  
edukatorische Strategien, 19  
edukatorischen Steuerungsansätzen, 18  
Elektromobilität, 22, 23  
Emissionsreduktion, 29  
Energiearmut, 6  
energiebewusstes Verhalten, 19  
Energiedienstleistungen, 11, 17, 18  
energieeffiziente Stadt, 23  
Energieforschung, 5, 6, 7, 11  
Energieoptionen, 15, 27, 32  
Energiepolitik, 6, 7, 9, 10, 11, 18, 21, 27, 31  
energiepolitische Instrumente und Steuerungsprozesse, 5  
Energiepolitische Ziele, 5  
Energierrecht, 10

Energiesystemdynamik, 28  
Energiesystemforschung, 27, 29  
Energiesystemmodellierung, 28, 32  
Energieszenarien, 10, 27, 28, 35  
Energiezukünfte, 6, 9, 11, 28  
Entscheidungsfindungsverfahren, 32  
Entwicklungs- und Schwellenländer, 24  
Entwicklungsbrüchen, 27  
Erdkruste, 12  
Erschöpfung fossiler Energieträger, 11  
Ethik, 9  
ethische Aspekte, 36  
ethischen Bewertung, 35  
first best, 27  
Foresight, 5  
geeignete Steuerungsformen, 6  
Geothermie, 11, 12  
gesellschaftliche Wünschbarkeit, 27  
Governance-Forschung, 21, 35  
Handlungs- und Gestaltungsverantwortlichkeiten, 22  
Impact-Analysis, 29  
Implikationen des Energierechts, 35  
individuelle Präferenzen, 6  
Innovationen, 7, 13, 23  
Innovations- und Lernbereitschaft, 13  
Innovationsbereitschaft, 14  
Innovationsforschung, 13  
Innovationsökonomik, 13  
Innovationsprozess, 13  
Innovationsverantwortung, 13, 14  
institutionelle Strukturen und Prozesse, 5

institutionelle und soziale  
 Rahmenbedingungen, 6  
 institutionellen Rahmenbedingungen, 17,  
 21, 22, 23, 27  
 Instrumentenforschung, 7, 21, 23  
 integrative Forschungsperspektive, 5  
 integrative Mobilitätskonzepte, 23  
 integratives Forschungsprogramm, 9  
 integrierten Systemanalysen, 5  
 interdisziplinären Ansatz, 35  
 interdisziplinäres Forschungsdesign, 10  
 internationale Ausrichtung, 6  
 Internationalisierung des Energierechts,  
 36  
 irreversible Investitionen, 25  
 Klimaabkommen, 24  
 Klimaschutzoptionen, 25, 33  
 Klimaverträglichkeit, 5, 35, 36  
 Koalitionen, 24  
 Kommunale Handlungsoptionen, 21  
 Konfliktlinien, 34  
 Konflikt-schlichtungs- und  
 Planungsverfahren, 6  
 Konkurrenzfähigkeit erneuerbarer  
 Energieträger, 11  
 Konsummustern, 11  
 Konsumverhalten, 17, 19  
 Kontextbedingungen, 5  
 Kontextfaktoren, 18, 19  
 Kontextvariablen, 19  
 kulturell ausgerichtete Energieforschung,  
 9  
 kulturelle Vorprägungen, 9  
 kulturelle Vorstellungen, 6  
 Langzeitverantwortung, 9, 12  
 Lebensstile, 15, 19

Lebensstilen, 11, 17, 19  
 Leitbilder, 9  
 Leitszenarien, 10  
 market pull, 13  
 Mehrebenensystemen, 6, 23  
 Mengen- oder Preisinstrumente, 25  
 Metastudien, 28  
 methodische Herausforderungen, 27  
 MOA-Modellen des Konsumverhaltens,  
 17  
 Motivationen der Nutzer, 17  
 Nachhaltigkeitsforschung, 9  
 naturwissenschaftliche Erkenntnisse, 9  
 Nebenwirkungen, 6, 21, 22, 23, 27, 29,  
 31, 32  
 negative Nettoemissionen, 29  
 Netzwerkansätze, 13  
 normativen Grundlagen, 14  
 normativen Zukunftserwartungen, 28  
 öffentliche Agenda, 9  
 Partizipative Verfahren, 15  
 Politikoptionen, 6  
 Preis- und Mengeninstrumenten, 25  
 Problemlösungskapazität, 14  
 Problemverständnis, 7, 9, 10  
 Problemverständniss, 9  
 quantitativ orientierten Konzepte, 10  
 Querbezüge, 10, 17  
 Raumanordnung nachhaltiger Städte, 22  
 Rebound-Effekt, 17  
 rechtliche Vorgaben, 9  
 Rechtsentwicklung, 9, 10  
 Rechtsform, 36  
 Rechtspraxis, 10

rechtswissenschaftliche Forschung, 13, 21  
 regulatorische Unsicherheit, 25  
 Regulierung und Selbstregulierung, 23  
 Regulierungsverbünden, 23  
 Risiken, 10, 12, 25, 31, 32, 33, 34  
 Risiko, 7, 10, 15, 29, 31, 33  
 Risikoanalyse, 5  
 Rückmeldung, 19  
 second best, 27, 28  
 Sicherheit und Transportabhängigkeit, 5  
 Siedlungsstrukturen, 22  
 Sozial- und geisteswissenschaftliche Forschung, 6  
 sozialen Nutzen, 25  
 Sozialverträglichkeit, 5, 32, 34, 35, 36  
 sozio-kulturellen Einflussfaktoren, 6  
 spezifische Technologien, 11  
 Sprunghafte und krisenhafte Entwicklungen, 28  
 städtebauliche Verträge, 22  
 Steuerungsimpulse und -anreize, 14  
 Steuerungsinstrumente, 5, 21  
 Szenarien, 11, 15, 27, 28, 29, 35  
 Szenarienbildung, 5, 11  
 Technikfolgenabschätzung, 5, 15  
 Technikgeschichte, 9

Technikleitbilder, 14  
 technische Entwicklungen, 9  
 technische Innovationen, 5  
 technische Machbarkeit, 27  
 Technologieentwicklung, 5, 9, 11, 23  
 technologische Vermeidungskosten, 25  
 technology push, 13  
 Transportsektor, 23, 29  
 Treibhausgaskonzentration, 29  
 Trittbrettfahrern, 24  
 Unsicherheit, 15, 25, 33  
 urbane Infrastruktur, 17, 22  
 Urbanisierung, 22  
 Versorgungssicherheit, 6, 24, 34, 35, 36  
 Verteilung von Chancen und Risiken, 6  
 Verteilungsgerechtigkeit, 11, 12  
 Wandlungsprozesse, 18  
 Werte, 9, 15, 18  
 Wirksamkeitsanalyse von Maßnahmen, 21  
 Wirtschaftlichkeitsszenarien, 35  
 Wohlstand, 5  
 Zielkonflikte, 5, 10, 21  
 Zielvorstellungen, 9  
 zukünftige Energieversorgung, 9  
 Zusammenspiel, 23, 35, 36



## 12 Anhang: Autoren und Mitwirkende

### Koordination

Prof. Dr. Ortwin Renn	Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie, Universität Stuttgart
-----------------------	---

### Mitarbeiter der Koordination

Jörg Hilpert, M.A.	DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH
--------------------	--

Dr. Justus Lentsch	Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften (inzwischen Heinrich-Böll Stiftung e.V.)
--------------------	--

Dr. Gisela Wachinger	DIALOGIK gemeinnützige Gesellschaft für Kommunikations- und Kooperationsforschung mbH
----------------------	--

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

Prof. Dr. Marc Oliver Bettzüge	Energiewirtschaftliches Institut, Universität Köln
--------------------------------	--

Prof. Dr. Frank Biermann	Institut for Environmental Studies, Vrije Universiteit
--------------------------	--

Prof. Dr. Monika Böhm	Institut für öffentliches Recht, Universität Marburg
-----------------------	--

Prof. Dr. Ottmar Edenhofer	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
----------------------------	---

Prof. Dr. Georg Erdmann	Institut für Energietechnik, Technische Universität Berlin
-------------------------	---

Prof. Dr. Armin Grunwald	Institut für Technikfolgenabschätzung und Systemanalyse (ITAS), Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
--------------------------	---

Prof. Dr. Carlo Jäger	Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung
-----------------------	---

Prof. Dr. Helmut Jungermann	Institut für Psychologie und Arbeitswissenschaft, Technische Universität Berlin
-----------------------------	--

Prof. Dr. Gernot Klepper	Umwelt und natürliche Ressourcen Institut für Weltwirtschaft
--------------------------	---

Prof. Dr. Claus Leggewie	Kulturwissenschaftliches Institut Essen (KWI)
--------------------------	---

Prof. Dr. Dirk Messner	Deutsches Institut für Entwicklungspolitik
------------------------	--

Prof. Dr. Julian Nida-Rümelin	Geschwister-Scholl-Institut für Politische Wissenschaft, LMU München
-------------------------------	---

Prof. Dr. Joachim Radkau	Universität Bielefeld
Prof. Dr. Eckard Reh binder	Professur für Wirtschaftsrecht, Umweltrecht und Rechtsvergleichung, Universität Frankfurt
Prof. Dr. Lucia Reisch	Department of Intercultural Communication and Management, Copenhagen Business School
Prof. Dr. Ortwin Renn	Abteilung für Technik- und Umweltsoziologie, Universität Stuttgart
Prof. Dr. Eberhard Schmidt-Aßmann	Institut für deutsches und europäisches Verwaltungsrecht, Universität Heidelberg
Prof. Dr. Jens-Peter Schneider	Institut für Medien- und Informationsrecht, Albert- Ludwigs-Universität Freiburg
Prof. Dr. Miranda Schreurs	Forschungsstelle Umweltpolitik, Freie Universität Berlin
Prof. Dr. Carl Christian von Weizsäcker	Max-Planck-Institut zur Erforschung von Gemeinschaftsgütern
Prof. Dr.-Ing. Alfred Voß	Institut für Energiewirtschaft und rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart
Prof. Dr. Lutz Wicke	Institut für Umweltmanagement, Europäische Wirtschaftshochschule
Prof. Dr. Michael Zürn	Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung GmbH